

INGENIERÍA COLABORATIVA DESDE LA INTERACCIÓN HUMANO COMPUTADOR

APLICACIONES Y USOS



UNIVERSIDAD DE
SAN BUENAVENTURA
CALI

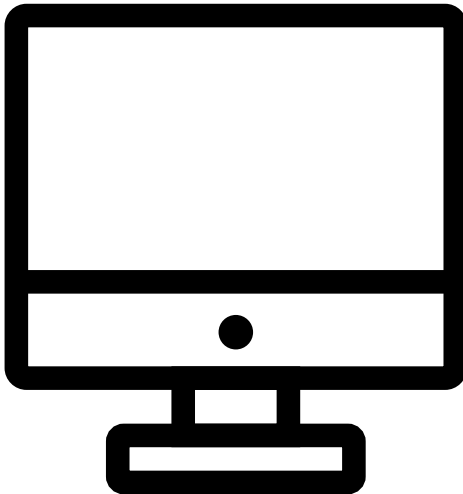


José Luis Jurado
César Alberto Collazos
Luis Fredy Muñoz

Ingeniería colaborativa desde la interacción humano-computador.
Aplicaciones y usos

INGENIERÍA COLABORATIVA DESDE LA INTERACCIÓN HUMANO COMPUTADOR

APLICACIONES Y USOS



**UNIVERSIDAD DE
SAN BUENAVENTURA
CALI**

**José Luis Jurado
César Alberto Collazos
Luis Fredy Muñoz**

2020

Jurado Muñoz, Jose Luis

Ingeniería colaborativa desde la Interacción Humano-computador. Aplicaciones y usos / Jose Luis Jurado Muñoz; César Alberto Collazos Ordóñez; Luis Fredy Muñoz Sanabria.--Cali : Editorial Bonaventuriana, 2019

442 páginas

ISBN: 978-958-5415-55-3

1. Interacción hombre - Computador 2. Sistemas interactivos de computador 3. Diseño con ayuda de computador 4. Interfaces con el usuario (sistemas para computador) 5. Aplicaciones informáticas 6. Dispositivos de interface 7. Desarrollo de software 8. Educación en ingeniería 9. Ciudades inteligentes 10. Gamificación 11. Biosensores I. Jurado Muñoz, Jose Luis II. Collazos Ordóñez, César Alberto III. Muñoz Sanabria, Luis Fredy IV. Tít.

004.019 (D 23)

J95



Editorial Bonaventuriana, 2019

© Universidad de San Buenaventura

***Ingeniería colaborativa desde la interacción humano-computador.
Aplicaciones y usos***

© Autores: José Luis Jurado, César Alberto Collazos
Luis Fredy Muñoz

Universidad de San Buenaventura Cali
Colombia

© Editorial Bonaventuriana, 2020
Universidad de San Buenaventura
Dirección Editorial Cali
PBX: 57 (1) 520 02 99 - 57 (2) 318 22 00 - 488 22 22
e-mail: editorial.bonaventuriana@usb.edu.co
www.editorialbonaventuriana.usb.edu.co
Colombia, Suramérica

El autor es responsables del contenido de la presente obra.
Prohibida la reproducción total o parcial de este libro por cualquier medio,
sin permiso escrito de los editores.

ISBN: 978-958-5415-55-3

Cumplido el depósito legal (Ley 44 de 1993, Decreto 460 de 1995 y Decreto 358 de 2000).
2019

Agradecimientos

La producción de este libro tiene como propósito la divulgación de los avances en el campo de la interacción humano computador. Desde diferentes perspectivas como la gamificación, la ingeniería de la colaboración, la educación en ingeniería, entre otras. Para ello diferentes grupos de investigación se han unido en torno a un escenario de intercambio de experiencias y conocimiento como lo es las jornadas iberoamericanas de interacción humano-computador. La red HCI- Collab a la cual pertenecen diversas universidades de países como Colombia, México, Argentina, España, Chile, entre otras, quienes han logrado conformar un grupo de profesionales que buscan divulgar sus proyectos e investigaciones en este campo.

Contenido

Modelo colaborativo para diseño y desarrollo de software centrado en el ciudadano en ciudades inteligentes	19
<i>Mario Julián Mora Cardona</i>	
Hacia el diseño de un sistema de reconocimiento de estados afectivos usando biosensores para medir la experiencia de usuario.....	25
<i>Leandro García Pardo, Sandra Cano</i>	
Experiencia de interacción en el laboratorio de innovaciones tecnológicas para ambientes de experiencia (ITAE)	37
<i>Ivette Kafure, Jorge Pereira</i>	
Automação em prol da acessibilidade: desenvolvimento de um protótipo de cadeira de roda elétrica autônoma.....	49
<i>Vanessa de Deus de Mendonça, Irán Carlos Ribeiro de Souza, Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos</i>	
Understanding world happiness: An information visualization application case of the World Happiness Report.....	55
<i>Nychol Bazurto-Gomez, Carlos F. Torres, John Guerra-Gomez, Raúl Gutiérrez, Tiberio Hernández, Mario Chamorro, Claire Bulger</i>	
Avances en visión artificial para la identificación de posturas y acciones humanas.....	69
<i>Gabriel Rojas Albarracín, María Teresa López Bonal, Antonio Fernández-Caballero</i>	
Sistema hardware-software para el reconocimiento de emociones a partir de señales fisiológicas.....	81
<i>L. A. Solarte, M. Sánchez, G. E. Chanchí</i>	
Modelo para la gestión tecnológica en nube aplicable a instituciones de educación superior en Colombia	101
<i>Juan Pablo Giraldo Rendón, José Julián Carvajal Vargas</i>	
Explorando mecanismos de sentido de posición en aplicaciones educativas móviles.....	107
<i>Cecilia Challiol, Alejandra B. Lliteras, Silvia E. Gordillo</i>	

Implementación de un sistema no-invasivo y multiusuario para la identificación del nivel de atención en personas	123
<i>Alfredo García Suárez, Juan Manuel González C., Amparo Dora Palomino Merino</i>	
Ñawinchay: low cost system for facilitating the Braille literacy for blind people	141
<i>Roel Gamarra, Saúl Ortiz, Manuel J. Ibarra, Ángel E. Navarro, Leonidas Asto</i>	
Ventajas y desventajas del uso de dispositivos móviles por jóvenes con discapacidad intelectual	157
<i>Alfredo Mendoza-González, Cristian Rusu, José G. Arceo-Olague, Huizilopoztli Luna-García, Jorge I. Galván-Tejada, José M. Celaya-Padilla, Hamurabi Gamboa-Rosales, Roberto Solís-Robles, Ricardo Mendoza-González</i>	
Librerías de alto nivel para el reconocimiento de emociones en la música.....	173
<i>Yesid Ospitia Medina, Sandra Baldassarri, José Ramón Beltrán</i>	
Sistema recomendador para la personalización de la interacción auditiva y háptica en sitios web para usuarios con discapacidad visual.....	187
<i>María Isabel Cruz, Alejandra Garrido</i>	
Avaliação de usabilidade de objetos de aprendizagem com Realidade Aumentada uma releitura das heurísticas de Nielse.....	195
<i>Beatriz de Almeida Pacheco, Marcelo de Paiva Guimarães, Ana Grasielle Dionísio Corrêa, Valéria Farinazzo Martins</i>	
Aplicación del diseño centrado en el usuario para el desarrollo de una herramienta web de prototipado.....	213
<i>Alieski Véliz Vega, Omar Correa Madrigal, Raynel Batista Téllez</i>	
Herramienta para la evaluación de la satisfacción en pruebas de usabilidad bajo el enfoque de pensamiento en voz alta	219
<i>Richard Stiven Marín Baos, Yeison Isaac Llanten Lucio, Gabriel Elías Chanchí Golondrino, Katherine Márceles Villalba</i>	
Avances tecnológicos (móviles y de escritorio) para personas en situación de discapacidad auditiva. Revisión de la literatura científica latinoamericana, 2010-2017	225
<i>Sandra Milena Gómez Muñoz</i>	
Computación afectiva: prospectiva de aplicación en entornos de realidad virtual para rehabilitación emocional de trastorno por estrés pos-traumático (TEPT)	235
<i>Roberto Encarnación Mosquera, César Alberto Collazos</i>	
Propuesta de un sistema tutor inteligente para la enseñanza de la lectura como apoyo al docente de educación especial.....	247
<i>Dafne Ifigenia Pinedo Rivera, Jaime Muñoz Arteaga, Sandra Cano</i>	
Maker movement in education: maker mindset and makerspaces.....	259
<i>Carina S. González-González, Luis Gonzalo Aller Arias</i>	

Desarrollo de pensamiento algorítmico con procesos colaborativos e inmersivos	271
<i>Javier Alejandro Jiménez Toledo, César Collazos, Manuel Ortega Cantero, Miguel Angel Redondo Duque</i>	
Pensamiento computacional como base de la formación contable	287
<i>Javier Alejandro Jiménez Toledo, Deixy Ximena Ramos Rivadeneira</i>	
Diseño de un sistema interactivo colaborativo para el aprendizaje de la lectoescritura para niños con discapacidad cognitiva moderada	297
<i>Catalina Ruiz, Sandra Cano</i>	
Promoting computational thinking skills to improve learning geometry for primary school students	313
<i>Leovy Echeverría, Fernando Samir Moreno, Víctor Manuel Negrete, Mario Morales</i>	
Lenguaje de patrones de interacción para el diseño de productos de software centrados en la experiencia de usuario	325
<i>Yuliana Puerta Cruz, Edward Alejandro Macías Gil, César A. Collazos, Toni Granollers Salvietori</i>	
Modelo U-CLX	331
<i>Gabriel M. Ramírez V., César A. Collazos</i>	
Propuesta de una herramienta para el análisis de la satisfacción en pruebas de usuario, a partir de la expresión facial	337
<i>Darly Mildred Delgado Agudelo, Gabriel Elías Chanchí Golondrino, Diego Fernando Girón Timaná, Katherine Márceles Villalba</i>	
Hacia el diseño de un sistema interactivo como herramienta pedagógica para el desarrollo del pensamiento computacional en niños de 9 a 10 años en el aula regular	347
<i>Diana Fernanda Sandoval, María Juliana Lara, Sandra Cano</i>	
Framework for increasing collaboration and achieving group cognition	361
<i>Vanessa Agredo-Delgado, César A. Collazos</i>	
Applying the communicability evaluation method to evaluate the user interface design. A case study in an ATM System	367
<i>Arturo Moquillaza, Freddy Paz, Fiorella Falconi, Raysa López</i>	
Propuesta metodológica para el diseño de juegos serios para la rehabilitación psicomotriz de niños con discapacidad auditiva	379
<i>Víctor Manuel Peñeñory, Álvaro Felipe Bacca, Sandra Patricia Cano, César A. Collazos</i>	
Modelo para la identificación de emociones en un tutorial inteligente	391
<i>Yesenia N. González Meneses, Josefina Guerrero García, Juan Manuel González Calleros, Iván Olmos Pineda</i>	
Hacia la creación de una guía para la evaluación de la usabilidad en entornos virtuales de aprendizaje	403
<i>Juan David Pinto, Vanessa Agredo-Delgado, César A. Collazos</i>	
Towards an Intelligent framework for B-learning processes	413
<i>Marta Giraldo, Armando Ordóñez, Freddy Muñoz, Hugo Ordóñez</i>	

Un enfoque colaborativo para la recuperación de la arquitectura de referencia en líneas de productos software	423
<i>Alejandro Bolaños Ussa, Julio Ariel Hurtado Alegría, Marta Cecilia Camacho Ojeda</i>	
Implementación de una estrategia didáctica para el manejo de residuos en el proceso de formación de básica primaria	431
<i>Clara Lucía Burbano González, Katherine Márceles Villalba, María Isabel Vidal, Marguí Fernanda Sáenz Tobar, Gabriel Chanchí Golondrino, María Lilia Idrobo</i>	
Conclusiones	441

Presentación

El área interacción humano-computador (HCI) tiene como uno de sus problemas centrales la inserción del elemento tecnológico (computador, dispositivos de mano, etc.) dentro del contexto social, donde se han impulsado considerablemente avances en el área, y cuyos fundamentos se derivan de una gran variedad de campos: ciencias de la computación, psicología cognitiva, psicología social, psicología perceptiva, lingüística, inteligencia artificial y antropología entre otros. Como toda área de investigación, HCI ha evolucionado, marcando paradigmas que rigen el proceso de construcción del elemento tecnológico. Estos paradigmas han permitido el desarrollo de diferentes enfoques de diseños, los cuales son conocidos como el diseño centrado en la tecnología, en el usuario y en el aprendiz. Esta área de conocimiento nos permite conocer la relevancia que tiene cada uno de los 3 elementos de la ecuación: el ser humano (usuario), la computadora/dispositivo móvil (sistema) y la interacción (transmisión de información en dos vías).

En este libro se hace una recopilación de trabajos de investigación en temas relacionados con HCI a nivel iberoamericano (Colombia, Argentina, Perú, México, Cuba, Costa Rica, España) en temáticas especializadas como: interfaces emocionales, hci y videojuegos, pensamiento computacional, sistemas colaborativos, ingeniería de software y TIC en educación. Se presentan trabajos que describen modelos, patrones de diseño, implementaciones, evaluaciones de aplicaciones existentes, revisiones sistémicas; todos ellos aspectos muy importantes dentro de HCI. De esta forma este libro puede convertirse en un referente teórico para los investigadores iberoamericanos, difundiendo el conocimiento y demostrando la calidad de la investigación que se viene desarrollando en el tema a nivel Iberoamericano. Este es un trabajo que es resultado de la Red HCI-Collab (red colaborativa para soportar los procesos de enseñanza-aprendizaje en el área de interacción humano - computador a nivel iberoamericano), la cual tiene como objetivo principal el poder estructurar una propuesta curricular en el área de

HCI que sirva de modelo para diversas instituciones a nivel iberoamericano que impartan estas temáticas. De esta forma los trabajos presentados en este libro son la base para comenzar a realizar un estudio de diversos programas académicos a nivel iberoamericano en temas de HCI en lo referente a contenidos, objetivos, metodologías, recursos y mecanismos de evaluación

Introducción

En el campo de la ingeniería de software y la computación la interacción humana computador (HCI, por las siglas en inglés) es un área de estudio que permite la investigación y aplicación de métodos, herramientas y metodologías que contribuyan al mejoramiento no solo de las interacciones entre el hombre y la maquina, sino de la profundización y aspectos relacionados con el adecuado uso de las tecnologías y sus efectos en las afectaciones del usuario final. Así mismo involucra diferentes campos de acción como la gestión de conocimiento, la ingeniería de la colaboración y la usabilidad, así como el desarrollo de tecnologías de punta.

Este trabajo de investigación que recoge diversos proyectos en el campo de la ingeniería colaborativa y sus diversas aplicaciones brindan oportunidades de ampliar el conocimiento en el HCI y la colaboración entre redes de investigadores para continuar con las propuestas y proyectos en curso. Además de desafíos para continuar con investigaciones y mejorar los resultados existentes, entre los temas a tratar en este capítulo está la propuesta de el diseño de software centrado en el ciudadano en ciudades inteligentes; el desarrollo de sistemas de reconocimiento de estados afectivos; la presentación de experiencias de interacción en los laboratorios de Innovaciones Tecnológicas, así como el uso de visión artificial para la identificación de posturas y acciones humanas. Además de presentar desafíos tecnológicos usando mecanismos de sensado de posición en aplicaciones educativas y el desarrollo de librerías de alto nivel para el reconocimiento de emociones.

La adecuada interacción de usuarios con los sistemas de información garantiza la efectiva apropiación del conocimiento y un correcto uso de los servicios que estos prestan. Por lo tanto, encontrar un balance entre la funcionalidad del sistema y la usabilidad que esta ofrece, garantiza que los escenarios de aplicación sean impactados positivamente. En este sentido buscar alternativas y nuevos campos

de acción de la ingeniería de la usabilidad y la colaboración es un reto que los investigadores deben proveer a la comunidad tanto académica como empresarial y social, de este modo se logra identificar nuevos desafíos y proyectos a ser considerados en aplicaciones que antes no se tenían en cuenta.

Finalmente, este trabajo ofrece un conjunto de proyectos e iniciativas que intentan argumentar con casos de estudio y escenarios de aplicación real el uso y la interacción de los procesos colaborativos con otras área del

conocimiento, obteniendo resultados satisfactorios en proyectos orientados al estudio de procesos colaborativos e inmersivos, el desarrollo de pensamiento computacional y la implementación de sistemas Interactivos colaborativos para el aprendizaje de la lectoescritura para niños, así como el uso y aplicación de patrones de Interacción para el diseño de productos software y el análisis de la satisfacción en pruebas de usuario, estos y muchos otros proyectos son presentados como nuevos escenarios y aplicaciones de la ingeniería de la usabilidad y su sinergia con los procesos colaborativos.

Capítulo 1
**Escenarios de aplicación
en el campo del HCI**

Modelo colaborativo para diseño y desarrollo de software centrado en el ciudadano en ciudades inteligentes

Mario Julián Mora Cardona¹

Abstract

Este artículo presenta de manera condensada el trabajo que se está desarrollando hacia la propuesta doctoral del mismo nombre. Se hace en el marco de las IV Jornadas Iberoamericanas de HCI, específicamente en el simposio para estudiantes de maestría y doctorado, con el objetivo de compartir avances, propuestas y obtener retroalimentación de expertos e investigadores en temas relacionados, y así nutrir el trabajo y avanzar hacia una propuesta más concreta y robusta. Dos conceptos fundamentales alrededor del título: Modelo colaborativo y diseño de software centrado en el ciudadano *Citizen-Centered Software Design*.

Introducción y presentación

Desde 2007 se divulga de manera concreta que las mayores concentraciones de población se encuentran en las ciudades [1], es decir que la migración del campo a la ciudad es inminente en todo el mundo, fenómeno que no ha dejado de crecer. El aumento, por lo tanto, de la población en la ciudad, trae consigo problemas de cobertura de los servicios para todos los ciudadanos.

1. Universidad de San Buenaventura, Cali. Correo electrónico: mariojulianmora@gmail.com

El papel de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en el desarrollo de estas ciudades en aumento creciente de población, es clave para el mejoramiento de los servicios y de la información que se provee a los ciudadanos. En tal sentido se dio origen a las Ciudades Digitales, concepto antecesor al de Ciudades Inteligentes [2]. Con el paso del tiempo, se evidenció la insuficiencia del concepto para cubrir otras dimensiones importantes en el desarrollo de las ciudades, tales como: lo social, lo ambiental, los negocios, la calidad de vida, el transporte, entre otros, dando así la connotación de multidimensionalidad en la definición de ciudad. La tarea de tratar de definir un concepto más amplio de ciudad conlleva a la realización de consensos entre diferentes interesados del gobierno, la academia, la ciudadanía común, la industria, las empresas de servicios, las de servicios públicos, hacia objetivos, características y aproximaciones donde se comparten muchos elementos tecnológicos [3]. Estas ciudades conscientes de las interacciones entre sus servicios, sus ciudadanos y el medio ambiente se conocen como Smart Cities. En este sentido es pertinente una definición que reúna todos los elementos que se pueden evidenciar de cada una de las dimensiones o interesados que conforman la ciudad, llevando entonces a decir que una Smart City es un sistema que mejora el capital social y humano de manera inteligente, mediante el uso y la interacción de recursos económicos y naturales a través de soluciones de base tecnológica e innovación, para tratar asuntos públicos, y alcanzar efectivamente el desarrollo sostenible y un alto nivel de calidad de vida sobre la base de una alianza entre múltiples actores de la ciudad [4].

Las ciudades, ahora Smart Cities, son las que están demandando software para facilitar la interacción con sus ciudadanos y mediar transacciones entre y a través de sus seis (6) dimensiones [4]. En este contexto, el desarrollo de software debería entonces pensarse como un proceso centrado en el ciudadano que entre otras cosas ya no es un ciudadano tradicional, sino un ciudadano inteligente (Smart Citizen) [5], donde su participación le permitiría ser parte de la implementación de cada una de las etapas del ciclo de desarrollo de software, como por ejemplo: en el análisis, en el diseño, en la construcción, en las pruebas y en la puesta en marcha; y además ser parte del sistema mismo en operación, es decir que el ciudadano desempeña roles en desarrollo y en operación, ya sea como usuario mismo, proveedor de información, consumidor de información, entre otros. Lograr esta participación de manera exitosa, presenta un reto muy grande en la orquestación de la misma, entendiendo el volumen gigante de posibles participantes (todos los habitantes de una ciudad, por ejemplo), reto que por supuesto debe enfrentarse mediante metodologías robustas. La Ingeniería de Software, a pesar de su gran desarrollo, no concibe la participación masiva y

concurrente de “usuarios-desarrolladores”, razón por la cual la incorporación de la Ingeniería de la Colaboración, el trabajo colaborativo asistido por computador (CSCW) y la Ciencia Ciudadana, podrían completar perfectamente las áreas de conocimiento necesarias para abordar este trabajo.

Objetivos

Objetivo General

Definir un modelo de participación ciudadana integral en el ciclo de vida del software en ciudades inteligentes, donde el ciudadano es parte del sistema, y proponer métodos y artefactos de colaboración que permitan la implementación efectiva de dicho modelo.

Objetivos específicos

1. Conceptualizar Citizen Centered Software Engineering (CCSE), como un modelo de participación integral del ciudadano en el ciclo de vida de software para ciudades inteligentes.
2. Evidenciar que los métodos y artefactos existentes en la ingeniería de software no se adecuan a CCSE.
3. Proponer métodos y artefactos de colaboración que permitan la implementación efectiva de CCSE.
4. Demostrar que CCSE implementado por medio de métodos y artefactos de colaboración propuestos, es efectivo como modelo de participación integral del ciudadano en el ciclo de vida de software.

Conclusiones preliminares

Este trabajo, a la fecha, se ha abordado desde dos hipótesis que han permitido avanzar mediante una serie de actividades, a saber:

Hipótesis 1

Los métodos de la Ingeniería de Software no son adecuados cuando se desarrolla software para ciudades inteligentes donde el ciudadano es parte del diseño, el desarrollo y del sistema mismo en operación.

1. Acciones para hipótesis 1: Se hizo una revisión sistémica de literatura, cuyos resultados se plasman en un artículo de revisión, titulado: “Citizen

Participation in Software Development Life Cycle For Smart City Software: A Systematic Review”. Para esta revisión se explora literatura existente de casos de estudio que evidencien la participación del ciudadano. Se recuperan en primera iteración 441 artículos, de los cuales 43 son relevantes y 14 son precisos.

La revisión permite evidenciar el vacío existente en el desarrollo de software para ciudades, donde intervenga el ciudadano. Además de la escasa evidencia de dicha participación, no se sugiere ninguna metodología que permita, con rigor, obtener los resultados esperados.

Hipótesis 2

Los métodos de Diseño Centrado en el Usuario no pueden ser los mismos que se aplican en el Diseño Centrado en el Ciudadano.

1. Acciones para hipótesis 2: En el camino hacia esta hipótesis se revisan los conceptos y métodos del Diseño Centrado en el Usuario como punto de partida, en el entendido que semánticamente puede haber similitud en la participación del usuario versus la participación del ciudadano.

El resultado muestra que, de manera sustantiva, los conceptos de Usuario y Ciudadano difieren entre sí. Ciudadano, representa un nivel mucho más alto de abstracción y sugiere un trato muy diferente cuando se prevee una posible participación del mismo en el diseño y desarrollo de software, dado que este concepto reduce, de manera abstracta, la cantidad de personas, que pueden ser miles, y que son las que verdaderamente participan. Esto indiscutiblemente conlleva a explorar áreas de conocimiento como la Ingeniería Colaborativa de donde se pueden utilizar, sin ser estos los únicos, métodos, artefactos, inclusive provee vías para la creación de nuevos artefactos, que permitan interactuar con el concepto abstracto de Ciudadano.

Referencias

- [1] P. Mechant, I. Stevens, T. Evens, and P. Verdegem, “E-deliberation 2.0 for smart cities: a critical assessment of two ‘idea generation’ cases,” *International Journal of Electronic Governance*, vol. 5, no. 1, p. 82, 2012.
- [2] A. Cocchia, *Smart and Digital City: A Systematic Literature Review*. Springer, 2014.
- [3] V. Fernandez-Anez, *Stakeholders Approach to Smart Cities: A Survey on Smart City Definitions*, pp. 157–167. Cham: Springer International Publishing, 2016.

- [4] R. Bull and M. Azenoud, "Smart citizens for smart cities: Participating in the future," *Proceedings of Institution of Civil Engineers: Energy*, vol. 169, no. 3, pp. 93–101, 2016. cited By 1.
- [5] F. De Filippi, C. Coscia, G. Boella, A. Antonini, A. Calafiore, A. Cantini, R. Guido, C. Salaroglio, L. Sanasi, and C. Schifanella, "MiraMap: A We-Government Tool for Smart Peripheries in Smart Cities," *IEEE Access*, vol. 4, pp. 3824–3843, 2016.

Hacia el diseño de un sistema de reconocimiento de estados afectivos usando biosensores para medir la experiencia de usuario

Leandro García Pardo
Sandra Cano²

Resumen

El reconocimiento de emociones es de interés en la línea de Interacción Humano Computador para evaluar el estado emocional del usuario al interactuar con un producto determinado. Esta propuesta está encaminada hacia el diseño de un sistema para el reconocimiento de emociones a través de respuestas fisiológicas que expresa una persona, utilizando sensores biométricos para la captura de las diferentes señales que puedan representarse en una emoción ya sea negativa o positiva. Por otro lado, la experiencia de usuario permite conocer aspectos en el aprendizaje o satisfacción de un producto interactivo, mientras el usuario interactúa con él. La evaluación es apoyada de datos fisiológicos obtenidos de los sensores, desde los cuales se establece el reconocimiento de la emoción de un estudiante. Este sistema tiene cuatro fases: la captura de los datos por medio de los sensores, el pre-procesamiento, la clasificación y la retroalimentación. Se presenta la estructura del sistema a implementar, el cual servirá de apoyo para evaluar la interacción de un videojuego desde un enfoque emocional.

2. Universidad de San Buenaventura, Cali. Grupo de investigación LIDIS. Correos electrónicos: leandro9311@hotmail.com, sandra.cano@gmail.com

Palabras clave: experiencia de usuario, biosensores, reconocimiento de emociones, procesamiento digital de señal.

Introducción

Las personas enfrentan diferentes situaciones que pueden llegar a cambiar su estado emocional de forma positiva o negativa. Las emociones desempeñan un papel importante en la comunicación y en la expresión de sentimientos. Sobre todo, cuando se precisa comprender las reacciones emocionales en un sujeto. Por lo tanto, las emociones se convierten en caso de estudio de las cuales derivan diversas técnicas de reconocimiento de emociones de manera automática [1] y que pueden usarse para medir la experiencia de un usuario (en inglés User Experience, UX) al interactuar con un producto interactivo.

Las emociones pueden ser vistas como un lenguaje universal, propicio para la expresión de sentimientos y una comunicación más efectiva entre seres humanos. Hoy en día, se capturan las emociones de una persona para medir la experiencia de uso de un producto, como una alternativa efectiva en el momento del análisis de la eficiencia de un producto [2]. Además, las emociones ofrecen la posibilidad de llevar más allá la Interacción Humano-Computadora (en inglés Human Computer Interaction), permitiendo identificar las reacciones emocionales en un usuario frente a un sistema de interacción tecnológico y digital.

Una emoción puede ser manifestada en una persona de tres maneras diferentes: fisiológica (respuestas físicas del cuerpo), cognitivas y expresiones (faciales o habla). Las emociones pueden ser positivas o negativas. Las emociones positivas, son aquellas que reflejan una valencia emocional relacionada con el placer, la satisfacción y el bienestar, siendo de carácter temporal, son necesarias para el desarrollo personal como para el bienestar emocional. Las emociones positivas difieren de cada persona, ya que éstas son subjetivas y están relacionadas con las experiencias personales. Estos estímulos emocionalmente positivos favorecen al desarrollo mental, físico y social, debido a que, la existencia de emociones positivas genera una mejor forma de adaptabilidad frente a situaciones difíciles o amenazantes y amplía los recursos intelectuales que generan estímulos positivos frente a este tipo de circunstancias. Las emociones positivas contribuyen además al desarrollo integral de las personas, mejorando su capacidad de razonamiento, concentración, desarrollo de aprendizaje, salud y bienestar subjetivo, donde emociones como la alegría, el entusiasmo o la satisfacción pueden contribuir a la ampliación de pensamientos positivos [3].

Las emociones negativas tienden a ser reconocidas más fácilmente debido a las expresiones corporales y la gesticulación de ciertos músculos faciales cuyos movimientos o posturas están relacionadas con los sentimientos de tristeza, ira, entre otras. Por lo que, la valoración de una emoción depende de factores internos y externos en un individuo, los cuales logren generar una respuesta fisiológica o expresiones corporales que conviertan la emoción en un fenómeno observable [4]. Las variables psico-fisiológicas evidencian la presencia de una emoción a partir de ciertos cambios fisiológicos presentes en determinados sucesos, siendo estos relacionados por la activación del sistema nervioso simpático o parasimpático, lo que lleva a crear similitudes y diferencias entre las señales fisiológicas que se refieren a dos grupos de emociones positivas y negativas. Estas señales pueden relacionarse como: aceleración del ritmo cardíaco, dilatación de la pupila, aumento de la temperatura corporal o una marcada gesticulación corporal entre otras [5].

Por lo tanto, con este trabajo de investigación se quiere desarrollar un sistema que permita capturar las diferentes señales fisiológicas de una persona para representar una emoción.

El artículo está estructurado de la siguiente manera. En la sección 2 se describen trabajos relacionados a la investigación propuesta. En la sección 3, se realiza una descripción del problema. En la sección 4 se describe una relación entre las emociones y la experiencia de usuario. En la sección 5, se describe la propuesta. Por último, conclusiones y trabajo futuro.

Trabajos relacionados

Hoy en día, se están realizando diversas investigaciones relacionadas con el reconocimiento de las emociones de una persona usando tecnologías no convencionales capturando respuestas cognitivas o fisiológicas en una persona.

Un trabajo realizado por Healy and Picard [6], el cual hablan acerca de los algoritmos de procesamiento de señales afectivas para reconocer estados afectivos de una persona cuando expresa un estado. En este trabajo describen un método usado para la recolección y entrenamiento de los datos, algoritmos usados para la extracción de características y resultados del reconocimiento de patrones usando un discriminante Lineal Fisher. Las señales fisiológicas que capturaron información son: conductividad de la piel, presión, respiración y electromiograma. A partir de estas señales capturadas determinaron 11 características para determinar el estado afectivo de una persona.

Mientras, Hamdi [7] desarrolla su tesis doctoral proponiendo una plataforma multimodal para el reconocimiento de las emociones por medio de señales fisiológicas. Por lo que, se estudian las señales fisiológicas para evaluar estados emociones de un usuario, y qué tipo de sensores pueden producir mejores señales de los estados emocionales.

Otro presentado por Torres et al. [8], donde han implementado un modelo con sensores biométricos para detectar la emoción de un estudiante. Por lo que, el objetivo era reconocer el estado emocional de una persona con el interés de adaptar el contexto del juego de acuerdo a su estado emocional. Por lo que han trabajado con un Kinect para los datos de gestos corporales y el sensor de ritmo cardíaco. Han aplicado la curva ROC, con el objetivo de seleccionar modelos óptimos, en una representación de la sensibilidad y especificidad para la clasificación.

También un trabajo de investigación propuesto por Gutiérrez et al. [9], el cual propone una herramienta llamada, "EMOTION EXPERIENCE, para medir la experiencia de usuario en niños a través de las emociones. Este proyecto involucra la técnica del reconocimiento facial por medios computacionales para el reconocimiento de emociones en niños. Evalúa dos técnicas Eingerfaces y Fisherfaces para reconocer tres estados de emocionales, tristeza, alegría y neutro.

Por otro lado, en el 2017 Callejas et al. [10], presenta una revisión sistemática desde el 2010 hasta 2016 de artículos donde que hayan reportado trabajos relacionados con sistemas de reconocimiento emocional a partir de señales fisiológicas. En está revisión encontraron el uso de los videojuegos como herramientas de estimulación emocional.

Los trabajos mencionados previamente muestran que han usado las señales fisiológicas para la captura de las emociones, el cual lo han usado en diferentes propósitos entre ellos el conocer el estado emocional del usuario para que el videojuego o los personajes se adapten a su estado emocional. Mientras otros los han usado para medir la experiencia del usuario por medio de su estado emocional.

Descripción del problema

Las emociones pueden definirse como un conjunto de experiencias subjetivas, respuestas psicológicas y expresiones corporales, generadas a partir de un estímulo que produce un cambio biológico [11]. Las emociones son desde los tiempos primitivos, sistemas de comunicación que en el contexto fisio-psicológico permiten la interpretación de los estados de ánimo de un sujeto y su estado

mental, siendo las emociones culturalmente independientes y universales, y que, en el transcurso del tiempo, ha evolucionado la forma de interpretación y expresión de emociones por parte del cerebro humano, ya que esta cualidad de reconocer emociones tiene un factor filogenético [12]. Los diferentes procesos computacionales para el reconocimiento de emociones varían desde el análisis de lecturas biométricas hasta el procesamiento de frecuencias de la voz emitida por una persona, no obstante, estos procesos tienen ventajas y desventajas presentadas a continuación en los siguientes ejemplos. Una metodología común para reconocer el estado emocional de una persona es mediante expresiones léxico-fonéticas (diálogo, discurso, entrevista, entre otros), pero esta metodología no garantiza que el comportamiento fisiológico del sujeto evaluado corresponda a su estado emocional, ya que la persona puede aparentar sus emociones [13]. Por otro lado, la captura de los datos por medio de grabaciones de audio, el ruido ambiental o externos como tos, risas o proveniente de objetos puede llegar a afectar la información capturada [14]. El reconocimiento facial para la detección de emociones puede tener ciertas complicaciones dependiendo del software, las características y rasgos de un rostro pueden crear similitudes entre diferentes estados emocionales y la variabilidad de características de un estado emocional expresado por el rostro de un niño puede ser confundido con otro estado emocional expresado por el rostro de un adulto [15]. De igual manera, los análisis de vídeo o imágenes, siendo éstos otra forma de detectar emociones en el rostro, limitan la capacidad de transmisión de emociones debido al uso de imágenes estáticas. Otros factores que pueden hacer más compleja esta tarea son los cambios en las expresiones faciales como contracciones constantes de ciertas áreas musculares del rostro, lo que genera el impedimento de analizar la consecución dinámica del rostro al expresar un estímulo [16]. Además, este tipo de análisis es más cualitativo que cuantitativo, es una apreciación más subjetiva por parte del evaluador.

Por lo tanto, la utilización de las señales fisiológicas es una alternativa para realizar inferencias emocionales y conocer su valencia emocional (positiva y negativa) de forma más acertada en personas en estado de interacción con interfaces de computador. En base a estos antecedentes, se plantea la siguiente pregunta, ¿Cómo se puede reconocer las emociones de una persona usando biosensores que puedan ayudar a medir la experiencia al interactuar con un producto interactivo, como un videojuego.

Emociones en la experiencia de usuario

La experiencia de usuario puede ser descrita como un término utilizado en gran mayoría en el campo del marketing, como el conjunto de resultados relacionados

por la interacción de un usuario con un producto, lo cual reflejaría mediante esta experiencia la cantidad de satisfacción que genera en el usuario durante su utilización y definiría la productividad, usabilidad y viabilidad del mismo [17].

El uso de biosensores es una alternativa para medir los estados emocionales de una persona, ya que permiten detectar la actividad fisiológica de una persona en tiempo real y son robustos frente a los sonidos o ruido. Sin embargo, cada persona puede manifestar respuestas fisiológicas de manera diferente. Por lo que se debe analizar en detalle la señal y los patrones que cada uno de estos sensores logra capturar de la persona.

Las ventajas de realizar detección multimodal de emociones por medio de biosensores se basan en el hecho de tener un criterio más amplio para la clasificación de emociones en base a las respuestas fisiológicas del cuerpo, permitiendo así corroborar los comportamientos presentes en un sujeto con su estado emocional, el cual se quiere caracterizar y se estimula en la práctica, además, se prevé relacionar características de ciertas señales fisiológicas específicas las cuales conlleven a la deducción de diferentes estados emocionales estando presentes en un modo combinatorio en las lecturas de los biosensores, con el fin de catalogar valores correspondientes a cada sensor, que en conjunto definan una emoción específica.

Para la captura de las emociones a través de señales fisiológicas se hace uso de sensores que capturan señales fisiológicas, y se describen a continuación:

Electrocardiograma (ECG): El electrocardiograma es el registro de la actividad eléctrica del corazón en el momento que realiza una contracción. Para la observación del corazón, se realizan derivaciones cardiacas, las cuales son las distintas vistas del corazón a través de electrodos posicionados estratégicamente en la parte torácica y precordial del paciente [17]. El sensor de pulso.

Temperatura Corporal: Es referenciado como el equilibrio que realiza biológicamente el cuerpo entre la generación de calor y su pérdida. Controlado por el hipotálamo, este activa mecanismos de autorregulación como la vasodilatación, la sudoración y la hiperventilación en el caso de que la temperatura aumente más de lo normal. La temperatura corporal de una persona varía dependiendo de su edad, sexo, la actividad realizada recientemente, la cantidad de líquidos ingeridos, la hora del día y en el caso de las mujeres, la fase del ciclo menstrual en la cual se encuentren.

Electromiograma (EMG): La electromiografía es el registro de los impulsos eléctricos de los músculos del esqueleto, los cuales proporcionan información sobre el estado fisiológico y los nervios activos [18]. Un electromiograma es utilizado

para el estudio del funcionamiento del sistema muscular registrados a partir de potenciales bioeléctricos los cuales pueden ser electrodos de superficie o aguja situados en un músculo o un nervio. Un estudio neuro-fisiológico, empleando electromiografía puede variar su duración oscilando entre 30 minutos y 2 horas, y pueden dar indicaciones sobre problemas musculares tales como; parálisis o estimulación muscular tardía [18].

El sensor sirve para registrar la actividad eléctrica de un musculo al contraerse, por lo que la respuesta que se obtiene es la frecuencia de tensión y relajación de un musculo determinado. Para identificar las emociones positivas y negativas, se trabaja con los músculos de la cara, se trabajan con dos músculos del rostro, cigomático mayor y corrugador superciliar. El músculo corrugador superciliar (corrugator supercili), es un músculo de la cara que se encuentra en la parte interna del arco superciliar, debajo del orbicular de los párpados con cuyas fibras se entrecruza. Mientras, el músculo cigomático mayor es un músculo de la cara, situado en la mejilla. El musculo corrugados superciliar esta asociado con las emociones negativas, mientras que el músculo cigomático está relacionado con emociones positivas.

Gálvanico (GRS): El sensor de respuesta galvánico mide la respuesta galvánica de la piel, la cual es una de las muchas respuestas electro dérmicas del cuerpo humano, la respuesta galvánica de la piel se puede entender como la generación de un impulso eléctrico que se propaga a través de la piel la relacionado con un suceso que previamente conlleva a una respuesta fisio-psicológica en una persona. Estos impulsos eléctricos pueden ser medidos dando a conocer la conductividad de la piel o la resistencia de la piel, se pueden caracterizar dos tipos de conductividad de la piel, las cuales son la tónica y la fásica, cada persona tiene un nivel de conductividad de la piel diferente regularmente con rangos de niveles tónicos entre 10-50 μS (micro Segundos).

Experimento

El sistema de reconocimiento de emociones a través de sensores, como: GSR, ECG, EMG y temperatura . El sistema está diseñado para ser incorporado a una prenda de vestir como un guante, ubicando los sensores de manera estratégica para que éstos puedan adaptarse a las proporciones de la mano de una persona promedio.

Participantes

El entorno de esta investigación es la población universitaria juvenil entre 16 y 22 años de la Universidad de San Buenaventura Cali (Santiago de Cali - Colombia),

los cuales son los sujetos de estudio para este trabajo de investigación. Los participantes vinculados a las pruebas de campo de manera voluntaria se dividen en dos grupos, masculino (10 participantes) y femenino (10 participantes), siendo un total de 20 sujetos evaluados para la captura de datos. Cada participante ha realizado un cuestionario en línea, el cual brinda información necesaria para el diseño de la prueba. Algunas de las preguntas que se formulan son: ¿Qué tipo de situaciones suelen generarle risa o agrado?, ¿Qué tipo de situaciones suelen ocasionarle terror o miedo?, entre otras. Por lo que, algunos respondieron que las bromas, las personas expresivas o recordar momentos divertidos. Mientras que, para producir emociones negativas para los estudiantes, es cuando pierden un examen, o cuando su seguridad puede estar en riesgo o se encuentran en peligro.

Estas preguntas fueron realizadas, con el fin de encontrar material multimedia que pueda inducir a ese tipo de emociones en los evaluadores, y de esta manera poder capturar los diferentes tipos de señales por medio de los sensores biométricos. Por lo que, para la captura de las emociones se propone usar el método de inducción de emociones, el cual consiste en mostrar contenido multimedia (video, imágenes o sonidos) para producir emociones.

El diseño de la prueba consta de tres fases. Una primera fase, donde al participante se le presenta una serie de videoclips clasificados en las categorías que corresponden a las emociones que se quiere analizar en el sujeto (miedo-ira/rabia-alegría). En la segunda fase, se realiza una captura de cada uno de los sensores biométricos, como ECG, GRS, Temperatura y EMG. Por último, una tercera fase, donde se realiza un cuestionario físico, en el cual el participante describe su experiencia, esto con el fin de llegar a una comparativa de las emociones descritas por el participante. El registro de la prueba y el sistema en desarrollo de reconocimiento de emociones a través de los biosensores.

Captura de datos

Para el diseño del sistema, el cual involucrará los sensores ECG, EMG, GSR y Temperatura, el cual se ajustarán en diferentes partes del cuerpo del evaluador, como se observa en la Fig. 1. Para la captura de las señales se hace uso de un Arduino Uno, donde se ubican los sensores en cada una de las entradas análogas del Arduino.

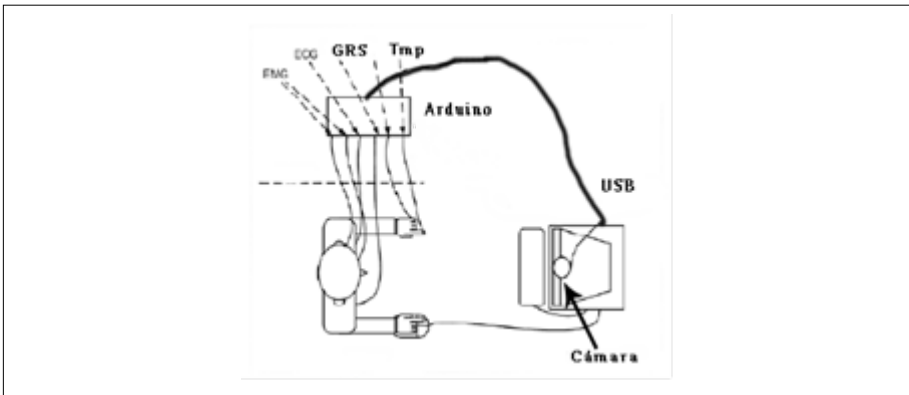
Pre-procesamiento

Para cada una de las señales se determinan un conjunto de características. En la señal ECG se mide BPM (Beat per minute), HRV, la media y el promedio. La señal GSR entrega la resistencia humana en unidades de Ohmios. El EMG

entrega el potencial eléctrico de una zona muscular específica y el sensor de Temperatura, la temperatura corporal registrada en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$).

El sistema de visualización de cada una de las señales obtenidas de los sensores se realiza con Processing- Java, donde los datos son recibidos de manera serial y visualizados, como se observa en la Fig. 2.

Figura 1.
Sistema para la captura de las señales con los sensores



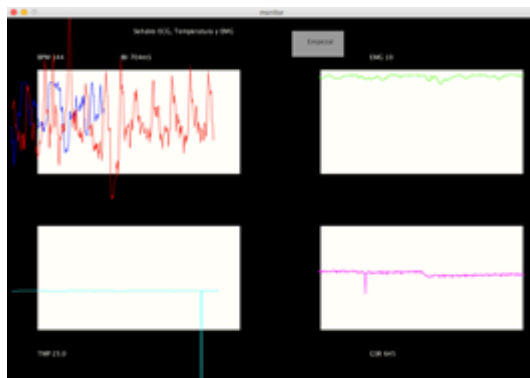
En Processing- Java, se muestra una interface gráfica con las diferentes representaciones de la señal que se captura de cada uno de los sensores. La información capturada es guardada en dos formatos de archivo, CSV y TXT para ser procesada y analizada. También hay una cámara, el cual permite grabar cada una de las expresiones faciales del usuario, con el objetivo de comparar cada una de las señales de los sensores y encontrar un conjunto de patrones que permitan clasificar la emoción como negativa, positiva o neutral.

De esta manera, reconociendo el tipo de retroalimentación que recibe el usuario al estar en una situación de interacción humano computador, se concibe desde el análisis de los resultados del experimento propuesto, una alternativa para complementar los métodos de aplicación de usabilidad a productos tecnológicos, siendo así, un respaldo en base a la identificación de emociones a partir de señales fisiológicas. De esta manera, tener directamente información interpretadas como respuestas de las reacciones naturales del cuerpo humano, útiles para la validación de la usabilidad de dispositivos tecnológicos o relacionados.

La fase de clasificación y retroalimentación aún están en desarrollo, por lo que se están analizando y evaluando qué técnica podría usarse.

Figura 2.

Desarrollo de la aplicación con Processing(Java) para la captura de señales biométricas (GSR,EMG, ECG, Temperatura Corporal)



Conclusiones y trabajo futuro

El reconocimiento de emociones puede ser visto como la vía entre la generación de tecnologías inteligentes, inteligencia artificial (IA) o máquinas de aprendizaje que puedan retroalimentarse de los estados emocionales de un usuario, para esto es necesario la correcta interpretación de las expresiones emocionales en los humanos, adjudicando a estos programas la propiedad de reconocer, diferenciar y reaccionar frente a una determinada emoción. A partir de este punto, las alternativas de enseñanza y aprendizaje a través de la Interacción Humano-Computador pueden expandirse para satisfacer nuevas necesidades en el futuro.

La implementación de biosensores es una técnica que requiere de una larga trayectoria para garantizar su correcta clasificación, sin embargo, presenta gran acogida desde diferentes enfoques de investigación, lo cual garantiza una cualidad favorable para su continua profundización como se presenta en este artículo.

Las emociones siguen siendo un objeto de estudio del cual derivan numerosas hipótesis e investigaciones acerca de su interpretación y reconocimiento, no obstante, demuestran ser una característica imprescindible en el ser humano para una comunicación más efectiva y expresión de sentimientos, por lo cual se tiene en consideración en el desarrollo de nuevas tecnologías.

Como trabajo futuro, es la captura de las diferentes señales de los sensores con un grupo de estudiantes, y procesar la información obtenida para implementar una técnica de clasificación que permita clasificar la señal al estado emocional

del usuario. También se quiere diseñar una prenda inteligente, que permita tener cada uno de estos sensores adheridos.

Referencias

- [1] I. Martín de Diego, Á. Serrano, C. Conde, and E. Cabello, "Técnicas De Reconocimiento Automático De Emociones," *Rev. Electrónica Teoría la Educ.*, vol. 7, pp. 107–127, 2006.
- [2] E. De Lera and M. Garreta, "10 Heurísticos Emocionales," *Rev. Faz*, vol. 6, pp. 68–81, 2013.
- [3] A. R. Barragán and C. I. Morales, "Psicología de las emociones positivas: generalidades y beneficios," *Enseñanza e Investig. en Psicol.*, vol. 19, no. 1, pp. 103–118, 2014.
- [4] M. Chóliz., "Psicología de la emoción: el proceso emocional," *Psicol. la emoción*, pp. 1–34, 2005.
- [5] Torres-Carrión P.V., González-González C.S., Barba-Guamán L.R., Torres-Torres A. Experiencia Afectiva de Usuario (UAX): Modelo desde sensores biométricos en aula de clase con plataforma gamificada en Interacción Gestual. V Congreso Internacional de Videojuegos y Educación (CIVE'17), 2017.
- [6] G. Beltrán, D. Hoyos, L. Andrés, and C. Mazuera, "EMOTION EXPERIENCE : Herramienta de Reconocimiento Facial para medir la experiencia de usuario (UX) en niños a través de las Emociones."
- [7] A. M. Fernández, M. Dufey, and C. Mourgues, "Expresión y reconocimiento de emociones: un punto de encuentro entre evolución, psicofisiología y neurociencias," *Rev. Chil. Neuropsicol.*, vol. 2, no. February 2016, pp. 8–20, 2007.
- [8] J. Healey, R. Picard. Digital processing of affective signals. Acoustic, Speech and Signal Processing. Proceedings of the 1998 IEEE International Conference, Vol 6 pp 3749-3752, 1998.
- [9] Callejas-Cuervo M. Matínez - Tejada L.A., Alarcón-Aldana A.C. Emotion Recognition Techniques using physiological signals and video-games Systematic review. *Revista Facultad de Ingeniería V26, N 46*, pp- 19-28, 2017.
- [10] Y. H. Montero, "Experiencia de Usuario : Principios y Métodos," 2015.
- [11] Hamza Hamdi. Plate-forme multimodale pour la reconnaissance d'émotions via 'analyse de signaux physiologiques: application à la simulation d'entretiens d'embauche. Modélisation et simulation. Université d'angers, 2012.
- [13] L. Cabrera, "Lectura , Comprensión e Interpretación del Electrocardiograma," *Dep. Salud Puerto Rico*, 2015.

- [14] A. P. L. T. Angela Aguayo, "Guia clinica de control de signos vitales," Univ. Pedro Vald., p. 17, 2009.
- [15] R. Navarro, "Electromiografia.," Dep. electrónica Univ. alcalá, vol. 1, no. Electromiografía, pp. 1–19, 2013.
- [16] T. Talamillo García, "Manual de procedimientos en electromiografía y electro-neurografía," Enfermería Docente, vol. 93, pp. 11–16, 2011.
- [17] P. Wagner and T. Wagner, "iWorx Physiology Lab Experiment Galvanic Skin Response (GSR) and Investigation into 'Cheating' Experiment HP-8: The Galvanic Skin Response (GSR) and Investigation into 'Cheating,'" vol. 3820, pp. 603–742, 2013.
- [18] R. C. Murphy Joel, "The OpenBCI GUI | OpenBCI Documentation." [Online]. Available: [http://docs.openbci.com/OpenBCI Software/01-OpenBCI_GUI](http://docs.openbci.com/OpenBCI%20Software/01-OpenBCI_GUI). [Accessed: 28-Jul-2017].

Experiencia de interacción en el laboratorio de innovaciones tecnológicas para ambientes de experiencia (ITAE)

Ivette Kafure³
Jorge Pereira⁴

Resumen

Se trata de una experiencia realizada en el Laboratorio de Innovaciones Tecnológicas para Ambientes de Experiencia (ITAE) del Centro de apoyo al Desarrollo Tecnológico (CDT) de la Universidad de Brasilia (UnB), con estudiantes de asignaturas del pregrado y postgrado del grupo de investigación Factores Humanos en la Interacción y Comunicación de la Información. El objetivo principal de este estudio es identificar la percepción de los aspectos emocionales y cognitivos del usuario en la interacción con la información. Tiene un abordaje cualitativo en el cual es realizada una experiencia que consiste en la interacción de los participantes con un juego llamado JuegoItae. La metodología consiste en un estudio comparativo entre alumnos que pasan por la experiencia del juego sin explicaciones o informaciones de soporte. Mientras en otros, los estudiantes aunque sometidos a la misma experiencia, reciben todas

3. Facultad de Ciencia de la Información (FCI), Universidad de Brasilia (UnB). Brasilia, Brasil. Correo electrónico: ivettek@unb.br

4. Laboratorio de Innovaciones Tecnológicas para Ambientes de Experiencia (ITAE), Universidad de Brasilia (UnB). Brasilia, Brasil. Correo electrónico: jorge.pereira@cdt.unb.br

las explicaciones necesarias, siendo contextualizados antes de comenzar. Los resultados indican que los estudiantes que no recibieron explicaciones previas, se sintieron incómodos, similar a los usuarios a los que les es impuesto un sistema de información sin espacio para el diálogo. Los estudiantes que recibieron todas las explicaciones necesarias, relataron en su mayoría sólo aspectos agradables en relación a la experiencia. La conclusión es que los estudiantes adquirieron una mayor percepción y sensibilización en relación a la importancia de disminuir la distancia entre la representación cognitiva, el factor emocional y la representación computacional en la comunicación y mediación entre el usuario y la información.

Palabras clave: usuario; experiencia; interacción; factor emocional; cognición; información.

Introducción

La finalidad de este estudio es sensibilizar a los participantes en relación a los aspectos emocionales y cognitivos del usuario en la interacción, comunicación y mediación de la información en un contexto determinado. Para esto es realizada una experiencia de interacción en el Laboratorio de Innovaciones Tecnológicas para Ambientes de Experiencia (ITAE), con el JuegoItae. El JuegoItae es una versión electrónica del juego Batalla Naval (www.cdt.unb.br/itaweb).

El concepto de interfaz es el resultado de un proceso gradual y evolutivo. Las buenas interfaces necesitan de ajustes para ser adaptadas, constantemente, a sus usuarios. Considerar al usuario como una “caja negra”, sin estudiar las funcionalidades internas y emocionales de su mente, examinar solo las manifestaciones externas y visibles de su entidad mental, sería negar la responsabilidad social de la Interacción Humano-Computador.

Es necesario lanzar un puente sobre el foso que separa la ciencia (el universo de la objetividad) de la experiencia humana (el dominio de la subjetividad). Para que exista: compatibilidad entre el soporte de la información y el modelo mental que los usuarios poseen de la tarea. El modelo mental comprende tanto las necesidades de búsqueda, acceso y uso de la información; como las expectativas de uso, localización de la información, aprendizaje rápido y fácil de la interfaz en la mediación de la información. Coincidencia entre la información que se pretende transferir, por medio del soporte material, y la capacidad de absorción de los usuarios que van a decodificar el mensaje, procurando una óptima comunicación en la interacción entre el usuario y la información [1].

Figueiredo [2] resalta los diversos canales de comunicación que se abren entre los sistemas de información y la comunidad a la que ellos sirven. La información es conceptualizada como conocimiento registrado en forma escrita, impresa, digital, oral u audiovisual, en un soporte [3]. Los juegos electrónicos (game o juego digital), son artefactos mediáticos potenciadores de informaciones lúdicas [4]. El término lúdico es oriundo de ludus palabra de origen latín que significa juego, diversión. “El acto lúdico representa un primer nivel de construcción del conocimiento, el nivel del pensamiento intuitivo” [5]. De acuerdo con [6] (2005), la actividad lúdica es una acción que genera el mínimo de diversión [7]. Este estudio ilustra la relación existente entre el individuo y su contexto en la interacción con información, en un ambiente de experiencia, en que el conocimiento puede ser agregado de manera divertida, cuando existe satisfacción de las necesidades del usuario.

Necesidades y expectativas del usuario

La Ciencia de la Información está relacionada con la representación de la información en sistemas naturales y artificiales, en el uso de códigos para transmisión eficiente de mensajes y en el estudio de dispositivos y técnicas para el procesamiento de la información, tales como los computadores y los sistemas de información [8]. La interfaz se transforma en “información” y toda la información puede ser manipulada.

La usabilidad y el factor emocional se perfilan como áreas de investigación específicas en el estudio de modelos de interfaces y comunicación esperados por los usuarios. Es relevante considerar al usuario, desde las primeras etapas de la concepción de la interfaz, para una interacción y mediación de la información, más coincidente con las necesidades y expectativas del usuario.

Este estudio pretende indagar, aprender, divulgar, verificar si existe una discrepancia entre el modelo mental de los usuarios y la actividad (Cuadro I), para contribuir, con la inclusión de la objetividad de la tarea, la subjetividad y el factor emocional de los usuarios, en la generación y aplicación de recomendaciones para que la interface sea un soporte para:

- La búsqueda, acceso y uso de la información.
- La comprensión de los elementos visuales y verbales.
- La facilidad y satisfacción de uso, por medio de elementos visuales y verbales dentro de cada pantalla del ambiente de interacción.

Cuadro 1.
Modelo Mental

Modelo Mentala	
Necesidades	búsqueda de la información acceso a la información uso de la información
Expectativas	uso fácil de la interfaz localizar rápidamente la información requerida aprendizaje fácil de la interfaz satisfacción en la interacción, comunicación y mediación de la información

Fuente: Adaptado de [2], p. 4.

Se debe tener en cuenta tanto la objetividad, como la subjetividad de los usuarios, que había sido relegada por los modelos teóricos de representación de la ciencia cognitiva. Carl Gustav apud [9] afirma que en su práctica, se sorprende al constatar, muchas veces, que los seres humanos son casi incapaces de comprender un punto de vista que no sea el propio y admitir su validez.

Muchas veces, un sistema de información es conocido por el usuario cuando ya está en funcionamiento, sin un estudio previo centrado en el ser humano y en su modo de ver, interpretar y convivir con el entorno. Esto puede generar una discrepancia entre las necesidades y expectativas del usuario y las dificultades encontradas para acceder a la información [10].

En medio de la explosión de tipos de medios de comunicación en el siglo XX y las actividades realizadas en múltiples niveles de complejidad, existen diferentes tipos de usuarios, necesidades y ritmos diferentes. Por ejemplo, usuarios que fueron adaptándose a la tecnología acompañando los cambios culturales. Y, los que nacieron concomitantemente con la aparición del computador personal, muchos de ellos, inmersos en un mundo digital de interacción con la máquina y adaptándose a sus evoluciones. Los estudios de los usuarios resaltan los diversos canales de comunicación que surgen en medio de los sistemas de información y la comunidad a la cual ellos sirven [11].

La incorporación de las nuevas tecnologías en el desarrollo de interfaces para mediación de la información propone la inter-relación entre diversas áreas, para el estudio de los usuarios, la tarea y la actividad, considerando las necesidades y expectativas de los seres humanos, pues cada área propone métodos, técnicas y aspectos específicos, en el aumento de la usabilidad y factor emocional.

Factor emocional, cognición y experiencia de interacción

Para tener éxito en la toma de decisiones, se afirmaba tradicionalmente, que era necesario evitar la intervención de las emociones. Era frecuente disociar la emoción de la razón en términos mentales y neurológicos. Hoy en día, estudios científicos ilustran como la emoción y la cognición están absolutamente entrelazados. Y, también, aclaran que la emoción auxilia a escoger entre las opciones y posibilidades diversas, en complemento con el conocimiento y la razón [12-13]. De acuerdo con [14], está demostrado que la percepción sobre un objeto cambia dependiendo se este es fácil de usar o no. De acuerdo con este autor, nunca desarrollamos vínculos emocionales positivos con algo cuyo uso sea trabajoso. De esta manera, puede encontrarse una relación entre emoción, experiencia del usuario (UX), usabilidad y los tres aspectos del diseño sugeridos por Norman.

El ITAE es un ambiente de capacitación por medio de simulaciones de la realidad fundamentado en los principios de la economía de la experiencia. Esta dotado de un sistema hipermedia, que permite el intercambio de información por diversos medios, tales como textos, vídeos, sonidos y animaciones, para promover la interacción y el aprendizaje. El ITAE está localizado en el CDT/UnB (Figura I).

Figura 1.
Laboratorio de innovaciones tecnológicas
para ambientes de experiencia (ITAE)



Fuente: [22].

La economía de la experiencia. Que es una teoría desarrollada en 1999 por B. Joseph Pine y James H. Gilmore. De acuerdo con estos investigadores, el individuo no convive más en la economía agraria, ni industrial ni de servicios.

Sino en la economía de la experiencia, que proporciona una experiencia para el cliente. Aplicado a la educación y a este estudio el ITAE ofrece un ambiente de inmersión en la que 199 alumnos vivenciaron la experiencia de participar como usuarios del juego itae sin un conocimiento previo del mismo, ni de su contexto. Richard [15] explica que a la acción (o actividad) puede ser vista en dos aspectos: 1) la ejecución de la acción, es decir, su modo de realización; y 2) el resultado de la acción, en otras palabras, el estado al que se llega. Las experiencias pueden ser diversas [16].

La experiencia de este estudio ha reunido grupos con diferente número de estudiantes, profesionales y rangos de edad, de áreas, tales como, ciencia de la información, administración, educación, archivología, biblioteconomía, informática, comunicación, computación, ciencia política, diseño, psicología, marketing, filosofía, ciencias contables e ingeniería.

El ITAE es un laboratorio con un ambiente moderno utilizado para capacitación por medio de juegos de inmersión. Como Ambiente de Experiencia, esta fundamentado en cuatro pilares: educación, inmersión, entretenimiento y estética. Conforme a los principios de la Economía de la Experiencia el aprendizaje es más efectivo si involucramos al máximo los sentidos, en un ambiente agradable y divertido.

Las experiencias crean valor agregado al envolver y establecer una relación con el usuario de una manera personal (comprendiendo este emocionalmente). Involucrando la atención e interés personalizados para el usuario [17]. A subjetividad “no ambiciona encuadrar al sujeto en una categoría teórica explicativa, sino aprender de su singularidad” [18].

Este estudio de la experiencia de la interacción del usuario. Es un estudio exploratorio, descriptivo con abordaje cualitativa y en algunos casos cuantitativa. Se utilizan dependiendo del contexto, diferentes métodos, como el levantamiento y el estudio de caso; técnicas de colecta, como la observación semi-participante; entrevistas, cuestionarios y el grupo de foco; instrumentos de colecta, como las guías de entrevista, los cuestionarios electrónicos y en papel y diario de campo; técnicas de análisis, como estadística descriptiva, análisis de contenido, categorización e interpretación de datos.

Pudo ser verificada la discrepancia entre el modelo mental de los usuarios y la actividad (Cuadro I) en el aspecto cognitivo, en una asignatura del pregrado con 20 alumnos; 18 tuvieron dificultad cuando jugaron sin explicaciones previas sobre el funcionamiento del juego antes de la interacción con el mismo; y, a 14 les habría gustado recibir explicaciones previas antes de jugar. Discrepancias

que fueron disminuídas con explicaciones previas, e indicadas en la colecta de datos, tanto en el pregrado como en el postgrado, respondiendo un 100% de los alumnos con un “sí” a la pregunta: “Fue fácil de entender el contenido, comparado con la experiencia anterior sin explicaciones en el ITAE”.

En relación al factor emocional antes y después del juego, 100% de las respuestas indicaron que el aspecto emocional cambio después del juego, algunos expresaron que el desanimo y el cansancio desaparecieron después del juego: “Estaba cansada cuando llegue, pero ahora estoy más dispuesta”; “Mi estado de animo cambio: antes estaba desanimada, ahora me siento bien, llena de energía, alegre”; “Supero mis expectativas en relación a lo que esperaba”; “Estaba desmotivada, cansada. Estoy más dispuesta e más alerta”; “Me gustó mucho la sala oscura con luces y la música agitada, me sentí motivada y feliz”; “Me siento motivado y alegre”.

Durante el juego, algunos de los usuarios expresaron: “Me sentí super feliz al ver los conceptos de la asignatura siendo manipulados en el juego”; Tensión, nerviosismo!!! Fue muy divertido”; “No esperaba que el juego fuera tan emocionante”; “Si, me sentí competitivo y con el deseo de acertar todas las repuestas para no decepcionar al grupo”; “Pienso que aprendí algunas respuestas, aunque era un juego con el tiempo limitado para leer el texto y comprenderlo”; “Todo inesperado, no tenia la expectativa de utilizar juegos electrónicos para provocar emociones”.

Consideraciones finales

Para la colecta y el análisis de los datos fueron considerados tres momentos: antes, durante y después de la realización de tarea [19]. En este estudio, los alumnos son invitados a colocarse en el lugar del usuario, a sentir en sí mismos, las dificultades por las cuales podrían pasar los usuarios.

Identificar los aspectos emocionales y cognitivos, en la interacción y mediación de la información. Es un concepto relacionado con la empatía. De acuerdo como el diccionario Houaiss la empatía es el “proceso de identificación en que el individuo se coloca en el lugar del otro y, con base en sus propias suposiciones o impresiones, intenta comprender el comportamiento del otro” [20].

Entre otras contribuciones, los alumnos fueron observados posicionándose en lugar del usuario; sus reacciones; el comportamiento en la interacción con la información o desinformación; de que manera estarían llegando o no al objetivo pretendido; si eran criadas estrategias o intentaban adivinar las respuestas; si

eran utilizadas o no las informaciones de ayuda disponibles en el juego; y, si la presión de tiempo los hacía responder de manera equivocada o no.

Los estudiantes expresaron que la experiencia fue muy interesante; y, cuando dispuestos a vivenciar lo que era propuesto, fue todavía mejor; se sorprendieron positivamente al conocer el ITAE; les gustó mucho el ambiente del laboratorio. Se observaron cambios en el estado de ánimo, para un estado más alegre comparando antes de la experiencia. Por otro lado, compararon sus dificultades de interacción, a las sentidas en otras ocasiones cuando utilizaron un sistema de información por primera vez y/o en la inexistencia de soporte.

Interactuaron de manera espontánea, descontracturada y divertida, cuando despreocupados con los resultados; o, tensos y ansiosos, cuando la necesidad de producir soluciones rápidas. El comportamiento de los alumnos ha sido variado. En algunas ocasiones, cuando no les era ofrecido soporte o contextualización, no sabían que tenían que competir contra otros estudiantes. Sin saber, que en ocasiones la idea era jugar de manera colaborativa. En otras oportunidades, existieron líderes que direccionaban las acciones del juego; en general, prevaleció el trabajo colaborativo.

Quienes iban conociendo el juego, consiguieron observar otras cosas que pasaron desapercibidas al comienzo. También apreciaron la posibilidad de asociar el diseño con la tecnología; enfatizaron la importancia del estudio y entendimiento del usuario. Y, porque los usuarios no recibieron contextualización tuvieron más dificultades en comprender o acceder a la información o al diseño de los instrumentos tecnológicos disponibles para ellos. Manifestaron también, que el número de jugadores hacía diferencia para ellos.

Los resultados de la experiencia ilustraron que la experiencia reforzó el contenido y objetivo de las asignaturas. Es decir, los alumnos adquirieron una mayor percepción en relación a la relevancia de los aspectos emocionales y cognitivos del usuario en la comunicación y mediación de la información.

Después de la experiencia los participantes se sientan en círculo para conversar sobre lo acontecido, escuchan y son escuchados. También buscan en sus propios esquemas internos el sentido que puedan haber tenido su participación. Por otro lado, quien trabaja en el ITAE ha expresado que la experiencia realizada en estas asignaturas los ha auxiliado en la elaboración de un juego más intuitivo. Los resultados confirmaron que a pesar del progreso, cuidados, esfuerzo, esmero e intencionalidad para una buena interacción con el juego. Es fundamental percibir que tiene que ser mejorado. Si el software está siendo o no explicativo para el usuario.

Aunque todavía es necesario disminuir la distancia entre la representación cognitiva que los usuarios tienen de la tarea y la representación computacional [21]. Los miembros del ITAE manifestaron que la participación de los estudiante en el ITAE ha ayudado a centrar el desarrollo en el usuario. Siendo analizadas las reacciones de las personas para tornar los juegos más ergonómicos.

Escuchar los comentarios de los participantes al final de la experiencia ha auxiliado en la percepción de los aspectos emocionales y cognitivos del usuario. En un mejor entendimiento de los usuarios y a abrir la mente para diferentes e inusitados puntos de vista. “Escuchar los usuarios y reflexionar sobre ello agrega un conocimiento muy difícil de adquirir en los libros [22].

El JuegoItae produce informes que registran diversas informaciones. Cuantos estudiantes jugaron, en que día, hora y los puntos que obtuvieron. Para los miembros del ITAE los informes son muy útiles para resolver algunas dudas. muchas informaciones son útiles para saber lo que sucedió en el juego y verificar posibles fallas. Siempre que hay un problema en el juego, es posible analizar el informe para saber si hubo una falla del programa e intentar corregir. Se no fuera por los informes no podrían ser procurados los errores que existen y los que no. Muchas informaciones de los informes fueron utilizadas para ajustar el juego, para disminuir el factor suerte y aumentar la chance de quién tiene un comportamiento emprendedor.

El juego también existe en la Web. Y, fue creada una aplicación para celular. Con este último fue realizada una otra experiencia del usuario en mayo de 2015 que podrá ser analizada de manera comparativa en un próximo artículo.

Referencias

- [1] D. A. Norman, J. Miller, A. Henderson: What You See, Some of What's in the Future, And How We Go About Doing It: HI at Apple Computer. Proceedings of CHI 1995, Denver, Colorado, USA.
- [2] I. Kafure, Usabilidade da imagem na recuperação da informação no catálogo público de acesso em linha, Tesis (Doctorado), Universidade de Brasília, Brasília, 2004.
- [3] N. M. de Figueiredo, Avaliação de coleções e estudo de usuários. Brasília: ABDE, 1999. 96 p.
- [4] Y. Le Coadic, A ciência da informação. Brasília: Briquet de Lemos/Livros, 2004.
- [5] A. Souza, Comunicação e Mediação da Informação no Desenvolvimento do Jogo Eletrônico. 2014. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação) - Universidade de Brasília.

- [6] V. R. Rodrigues, I. Kafure, A interação entre a criança da primeira infância e a informação digital. *Biblionline* (João Pessoa), v. 9, p. 75-95, 2013.
- [7] H. O. Bazílio, M. H. F. B. Soares, Elaboração de jogos e atividades lúdicas para ensinar o conceito de lei de Laivosier. In: Congresso de Pesquisa, ensino e extensão da UFG – CONPEEX, 2., 2005, Goiânia. *Anais eletrônicos do II Seminário PROLICEN [CD- ROM]*, Goiânia: UFG, 2005.
- [8] A. K. Lameira, I Kafure, Informação lúdica como ferramenta de aprendizado para nativos digitais. 2013 (Apresentação de Trabalho/Iniciação Científica) - Universidade de Brasília.
- [9] H. Borko, Information science: what is it? *American Documentation* 19(1):3-5. 1968.
- [10] R. Arnheim, *Intuição e intelecto na arte*. São Paulo: Martins Fontes, 1989.
- [11] R. Moura, Usabilidade infantil: um olhar atento aos nativos digitais. 2010. 44 f. Monografia (Bacharelado em Biblioteconomia). Universidade de Brasília, Brasília, 2010.
- [12] I. Kafure, S. Suzana, V. Rodrigues, A. Souza, K. Bastos, P. Raposo, T. Malheiros, S. Boeres, A. Feitosa. A terminologia no estudo do usuário da informação. *Biblios*, n. 51, 2013.
- [13] V. R. Rodrigues, I. Kafure, Comunicação e mediação entre a criança da primeira infância e a informação digital na educação Infantil. *Pesquisa Brasileira em Ciência da Informação e Biblioteconomia*, v. 10, p. 69-80, 2015.
- [14] B. Löbach, *Design industrial: bases para a configuração dos produtos industriais*. São Paulo: Edgar Blücher, 2001.
- [15] D. A. Norman, *Emotional Design: Why we love (or hate) everyday things*, Basic Books, New York, 2004.
- [16] A. R. Damásio, “Somos esclavos de las emociones y del entorno”. In: *Periódico El País*, España, 21 de octubre de 2005.
- [17] A. R. Damásio, *Descartes’ error: Emotion, reason, and the human brain*. New York: Grosset/Putnam, 1994.
- [18] J. Cañada, Entrevista sobre los paradigmas del diseño, in *Diseño emocional: definición, metodología y aplicaciones*, Santiago de Chile, 2005.
- [19] G. A. Janczura, *Acessibilidade conceitual em tarefas de categorização e memória*, Universidade de Brasília: CNPq, Brasília, 1999.
- [20] J. F. Richard, *Les activités mentales: comprendre, raisonner, trouver des solutions*. Paris: Armand Colin, 1990.

- [21] J. PineI, J. GILMORE, J. The Experience Economy, Harvard Business School Press, Boston, 1999.
- [22] ITAE/CDT/UnB., ITAE – Inovações Tecnológicas para Ambientes de Experiência. Jogo ITAE. Disponível em: <http://www.cdt.unb.br/>, 2011. Acesso em: sep. 2012.

Automação em prol da acessibilidade: desenvolvimento de um protótipo de cadeira de roda elétrica autônoma

Vanessa de Deus de Mendonça, Irán Carlos Ribeiro de Souza⁵
Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos⁶

Resumo

Este trabalho descreve a experiência de um grupo de professoras e estudantes durante a execução da oficina “Automação em prol da acessibilidade: desenvolvimento de um protótipo de cadeira de roda elétrica autônoma”, realizada em setembro de 2017, em Brasília, Brasil. A oficina teve como objetivo oferecer aos participantes recursos teóricos e práticos para a construção de suas próprias implementações, de acordo com suas demandas, de forma personalizada e com vistas para a acessibilidade de pessoas com deficiência visual, auditiva ou mobilidade reduzida. Foi utilizado o microcontrolador Arduino e sensores detectores de obstáculos para a montagem de um protótipo de uma cadeira de rodas adaptada. Ao final da oficina, os participantes puderam experimentar, na prática, os benefícios de uma tecnologia assistiva.

5. Câmpus Taguatinga, Instituto Federal de Brasília. Brasília, Brasil. Correo electrónico: vanessa.mendonca@ifb.edu.br

6. Câmpus Gama. Instituto Federal de Brasília. Brasília, Brasil. Correo electrónico: sylkarla@gmail.com

Palavras-chave: automação; Arduino; tecnologia assistiva; pessoa com deficiência.

Introdução

A automação passou por grandes transformações desde o surgimento dos microcontroladores comerciais até a chegada do Arduino como plataforma de interação simplificada e com baixo custo. Trata-se de um hardware mundialmente conhecido por sua facilidade de aplicação e entendimento, tornando-o cada vez mais utilizado em sala de aula [1][2].

Com a disseminação do Arduino e sua utilização nas mais variadas aplicações, a popularização deste hardware tornou possível sua presença com fins para demonstração de conceitos lógicos e construção de protótipos para ilustrar conhecimentos na área de automação [3][4][5].

Este artigo pretende descrever a realização de uma oficina que aconteceu durante o ConectaIF 2017, evento promovido pelo Instituto Federal de Brasília (IFB) com abrangência nacional, onde foram apresentadas diversas atividades de ensino, pesquisa e extensão voltadas às áreas de atuação da Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica, bem como à formação cidadã e profissional [6].

Metodologia

Planejamento da proposta

O planejamento da proposta foi voltado para o desenvolvimento de um protótipo de uma cadeira de rodas utilizando tecnologias atuais, como hardware, software e sensores, além de promover e divulgar o uso e estudos de tecnologias assistivas. A oficina teve como finalidade motivar a comunidade interessada a desenvolver seus próprios protótipos, conforme demanda, necessidade e preferências.

As atividades foram desenvolvidas durante três horas, realizadas no turno da manhã e abordou os seguintes temas: pessoas com deficiência e tecnologias assistivas; história e funcionamento do microcontrolador Arduino; principais projetos relacionados e prática com sensores e atuadores.

Organização

A equipe organizadora foi composta por duas professoras do IFB, com formação nas áreas de telecomunicações, eletrônica e informática. Participaram como vo-

luntários quatro alunos, sendo três do curso Técnico em Manutenção e Suporte de Informática e um aluno do curso de Tecnologia em Automação Industrial.

Recursos

O projeto foi contemplado como uma ação de extensão pelo edital de chamada pública nº 03/2017 e contou com um auxílio financeiro de R\$ 550,00 (quinhentos e cinquenta reais) destinados à compra de material de consumo.

Participação

Foram disponibilizadas 20 vagas para inscrição na oficina e participaram 12 pessoas, entre estudantes do IFB e de outras instituições, incluindo duas pessoas com mobilidade reduzida (Figura 1).

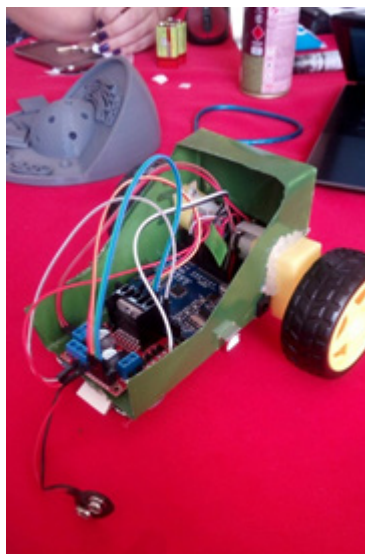
Figura 1.
Participantes da oficina



Dinâmica da oficina

Inicialmente, os participantes fizeram uma breve apresentação pessoal, informando sua área de estudo e seu interesse na oficina. Em seguida, foi feita uma breve exposição sobre as principais tecnologias assistivas e os benefícios destas para as pessoas com deficiência. Uma roda de conversa foi formada com a participação do público presente, de modo que todos pudessem fazer apontamentos sobre as possíveis dificuldades com a manipulação dos componentes a qual contou com relatos das pessoas com mobilidade. Para a construção do protótipo foram utilizados, além do Arduino, fios, um sensor de presença, resistores, motor de corrente contínua, bateria, entre outros componentes. A montagem destes componentes foi feita sobre uma embalagem de tetrapak, na qual foi feito o isolamento elétrico da base com tinta spray.

Figura 2
Protótipo da cadeira de rodas



Resultados

A participação de estudantes para a mediação do conhecimento durante a oficina promoveu a contribuição para a formação cidadã e crítica dos mesmos, ao lidarem com o público interessado e Colocarem em prática os conhecimentos adquiridos durante os cursos técnico e tecnológico. Além disso, o público teve oportunidade de adquirir capacidades indispensáveis para conhecer a teoria de funcionamento do microcontrolador Arduino e despertar o interesse para o exercício das práticas experimentadas durante a oficina.

Uma vez que a equipe mediadora possui habilidades técnicas na área de educação, informática e computação, acredita-se que a troca de saberes entre estudantes e servidoras também foi promovida. Portanto, a oficina cumpriu o papel de qualificar o público a atuar por conta própria, seja para o conforto do seu lar ou como trabalhadores de forma autônoma, a fim de promover seu ingresso e/ou reingresso no mundo do trabalho.

Agradecimentos

À Pró-reitoria de Extensão e Cultura do Instituto Federal de Brasília pelo apoio financeiro que tornou possível a realização da oficina durante o ConectaIF 2017.

Aos estudantes dos cursos técnico e tecnológico que se dedicaram para a construção do protótipo e participaram voluntariamente da oficina.

References

- [1] H. Timmis, “Practical Arduino Engineering”. TIA.
- [2] E. Bridi et. al. “Oficina de Arduino como ferramenta interdisciplinar no curso de engenharia elétrica da UFMT: A experiência do PET-Elétrica”, COBENGE, 2013.
- [3] A. Jordan, E. Schwartz, and D. McGhie-Richmond, “Preparing teachers for inclusive classrooms,” *Teach. Teach. Educ.*, vol. 25, no. 4, pp. 535–542, 2009.
- [4] M. Mühlhäuser and I. Gurevych, “Introduction to Ubiquitous Computing,” in *Ubiquitous Computing Technology for Real Time Enterprises*, vol. I, IGI Global, 2009, pp. 1–19.
- [5] A. G. Pérez, “Characterization of Inclusive Practices in Schools with Education Technology,” *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 132, pp. 357–363, 2014.
- [6] ConectaIF. Encontro de Educação Profissional, Científica e Tecnológica. Disponível em: https://conectaif.ifb.edu.br/attachments/article/308/ConectaIF_2017.pdf. Acesso em: 25 nov.2017.

Understanding world happiness: An information visualization application case of the World Happiness Report

Nychol Bazurto-Gómez, Carlos F. Torres, John Guerra-Gómez,
Raúl Gutiérrez, Tiberio Hernández⁷
Mario Chamorro⁸
Claire Bulger⁹

Abstract

Happiness is one of the most important components in life, however, qualifying happiness is not such a happy task. The world happiness report is a survey made with this purpose: measuring happiness around the globe. It uses six different metrics (e.g healthy life expectancy or social support), which combined in an index rank countries by their happiness levels. This index has been published by means of a static report that attempts to explain it, however, given the com-

-
7. Imagine research group. Universidad de los Andes. Bogota, Colombia. Correos electrónicos: n.bazurto@uniandes.edu.co, cf.torres@uniandes.edu.co, ja.guerrag @uniandes.edu.co, jhernand @uniandes.edu.co.
 8. Make it happy. San Francisco, United States. Correo electrónico: marioachamorro@gmail.com.
 9. World Happiness Report. San Francisco, United States. Correo electrónico: clairebulger@gmail.com

plexity of the index, the creators have felt that the index hasn't been explained properly to the community.

This paper presents an interactive information visualization approach for representing the world happiness index in a more intuitive way, which allows people to explore the metrics that compose the index. Thanks to our information visualization, we were able to discover insights such as the many changes in the happiness levels of South Africa in 2013, a year with statistics like highest crime rate, electricity price and country with most public protests in the world, highest unemployment in Africa and curiously Nelson Mandela died. In the same fashion, our application illustrates how Thailand ranked down in the index in the following years of the 2006 and 2014 coups)

Keywords: World happiness, Coordinated and Multiple Views, Information visualization application case.

Introduction

The world happiness report is a survey which measures the happiness in almost all the countries of the world, this score happiness is sustained by several indexes, such as corruption, or life expectancy. This information, for sure, can be interesting for anyone, however, these reports are large, a little complex and their approaches to show its results had a lack of interactive visualization using a large bar chart to the ranking (which extends by several pages) and in a previous release, an image of a map with a color scale was used to highlight distribution of happiness.

For example, if one wants to determine how happy is a country, one can use a choropleth map and select a country to know the indexes and score associated with a text, but others might want to know how was that country in respect others, extremes for example, and which countries are the nearest to his selection in the ranking, or what is the country with higher life expectancy. Also, it exists more than one version of the report, user maybe wants to compare how his country was over the last years, so we can't use a classic and simple visualization.

So, how it is going to be exposed, a juxtapose and linked visualization can be used for these tasks, where the choropleth map is refreshed to express score, but also distribution of one index in all the world, allowing the user to explore not just about happiness, but indexes who are related, like corruption.

We evaluated this proposal using a usability test with people of different areas (engineering, math, and school environment), to corroborate advantages with respect last approach and possible future work.

In this paper, we start with related work which inspired us and then a description of characterization of data and tasks. Next, we expose design of this proposal with the idioms used to encode. Finally, we summarize our results and experiments, our conclusions and future work.

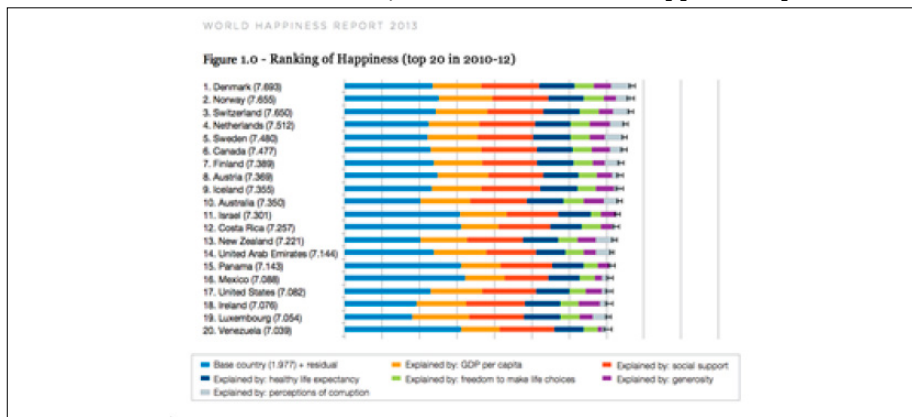
Related work

It's important to take into account that the visualization has different perceptions and preferences depending on the user watching it [1]. For example, a bar chart is not always good for all the users: are not good enough for the scientific community users and the infographics [2] but for new media and government visualization is well received. So, we explore different idioms and tools that could satisfy a wide range of users.

Previous reports

In the last reports [3], [4] we could see how there was an effort to represent the results in a way that there was as much data as possible but did not take into account that users could be interested in other information related. In Fig \label{mainVis} it is clear that it is not interactive, and the comparison between indexes is impossible, it is simply possible to compare the total, which makes an ordered list as well. Also, in the 2015 report [5] they used a map to show the distribution (and is the most common solution for this), but maps are often best when paired with another chart that details what the map displays, such as a bar chart sorted from greatest to least, a line chart showing the trends, or even just a crosstab to show the actual data [8].

Figure 1.
Main visualization already made for the world happiness report



OECD Better Life Index

This index is developed by Organisation for Economic Co-operation and Development and tries to express how life is based in 11 topics which were identified as essential in quality of the same. Among topics are: Housing, Income, Jobs, Education, Health and Safety. Currently, OECD has a nice visualization for this data [5], letting user select index that is more interesting for him and see another data, like region (a very particular region, for instance Alberta, Canada) and summarize the topics values in this area. It uses right channels and marks for its data and there is sorting options which simplifies determine extremes per topic; however, it's difficult compare entire world, appreciate distribution of one index and rankings are bounded.

Dashboard and geographic data

In the Whitepaper visual analysis guidebook [6] they suggest a configuration called Dashboards. Basically, the dashboard is the main screen where all the detailed visualizations are placed. It gave us the first view of the problem. Dashboards increase the analytical power of the visualization by showing multiple perspectives in the same location. They can also be used to combine multiple types of data in a single location (and this is our case).

On the other hand, to address the problem of displaying geographic data, the Linköping University created an interesting solution [7] using coordinated views or dashboard, as we mentioned earlier, where they showed the geographic data of the world using a choropleth map together with idioms such as bar charts and scatter plots, and showed regional and countries data such as the ratio of the population or the average age, among many others.

Ranking

For countries ranking, based on one or a set of criteria we found: a bar chart is great for comparison and ranking because it encodes quantitative values as the length of the same baseline, making it extremely easy to compare values [7]. A sorted list of country names is a different kind of view and it fulfills the main task that consists of getting the max and min of the countries, the choice between ranking as a list or as a bar chart is given by the accuracy of the comparison. According to Robert K. most of the embellishments have an adverse effect on the accuracy of reading values when comparing bars [8].

Visual analytics tool abstraction

We did the abstraction based on Tamara Munzner's [8] framework which is composed for What, Why and How. This part just describes What (data abstraction) and Why (task abstraction).

What

World Happiness Report data has 6 main indexes to define its happiness score ranking by country, these are:

- Healthy life expectancy: Calculated based on data from the World Health Organization (WHO), the World Development Indicators (WDI), and statistics published in journal articles.
- Social support: It's defined by an average of answers to this dichotomous question "If you were in trouble, do you have relatives or friends you can count on to help you whenever you need them, or not?".
- Freedom to make life choices: National average related to the answer to "Are you satisfied or dissatisfied with your freedom to choose what you do with your life?".
- Perceptions of corruption: Average of answers to this two question: "Is corruption widespread throughout the government or not" and "Is corruption widespread within businesses or not?"
- GDP per capita: It's the purchasing power parity (PPP) value of all final goods and services produced within a country in a given year, divided by the average (or mid-year) population for the same year.

For the report was adjusted to constant 2011 international dollars.

- Generosity: It's the residual of regressing national average of response to the GWP question "Have you donated money to a charity in the past month?" on GDP per capita.

All these, with the happiness score, are ordered quantitative sequential attributes.

As categorical attribute has "countries" which can be considered a geometric dataset too because have an implicit geometry and the quantitative attributes are associated with each one (table about each country).

Why

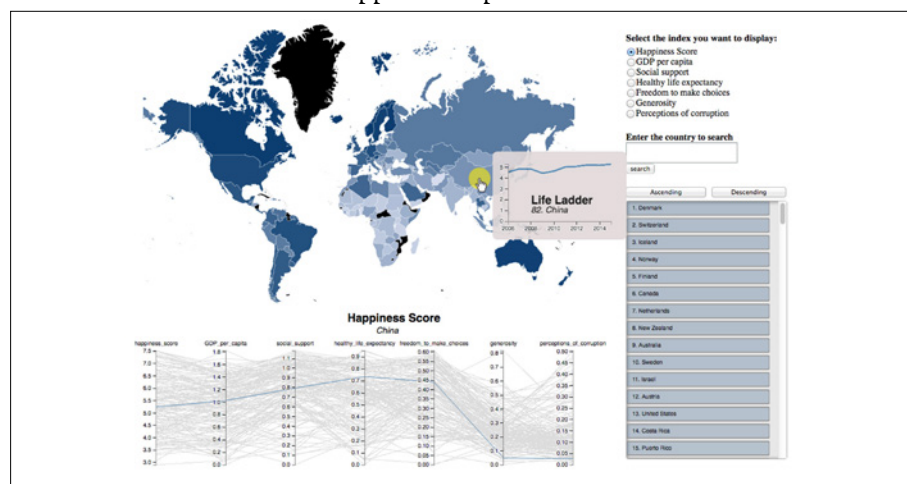
The main target of World Happiness Report is shows the ranking, that everyone can understand it. But we thought anyone must to be able to understand and interact with the indexes which are associated, in order to answer different user questions. With this and the data in mind five basic main task were identified to achieve:

1. Present the ranking, countries and their respective score (feature).
2. Discover happiness distribution in the world. The user can interact with each country to obtain details on demand.
3. Identify the happiness score and indexes by country (features).
4. Locate knowing the country that I want to find (e.g. my country) a country and query how happy is it and how indexes are in this (features).
5. Identify which countries are happier and which ones less happy (extremes).

Design and description of the visualization

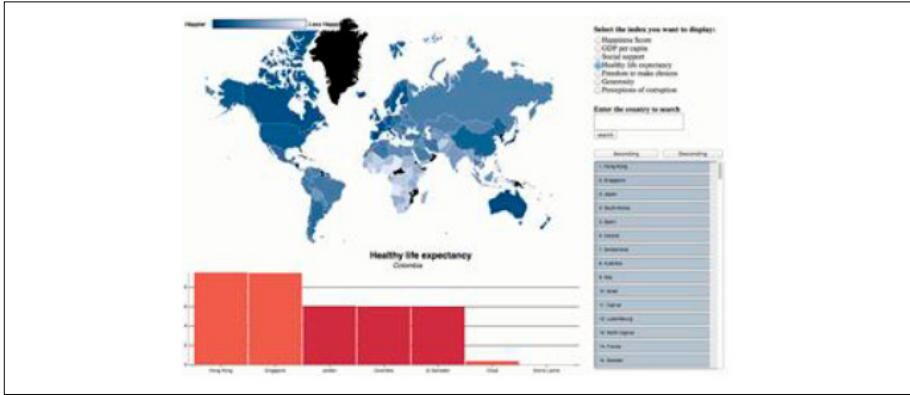
Continue with the Tamara's framework once what and why were established it's possible think in the visual encoding of these task, it's mean find the best options (channels and marks) for our tasks and data. So, considering the most important tasks and the state of art, we decided to use coordinate views (juxtaposed), which support the data and let the user discover interesting relationship between the different indexes.

Figure 2.
World Happiness Report visualization



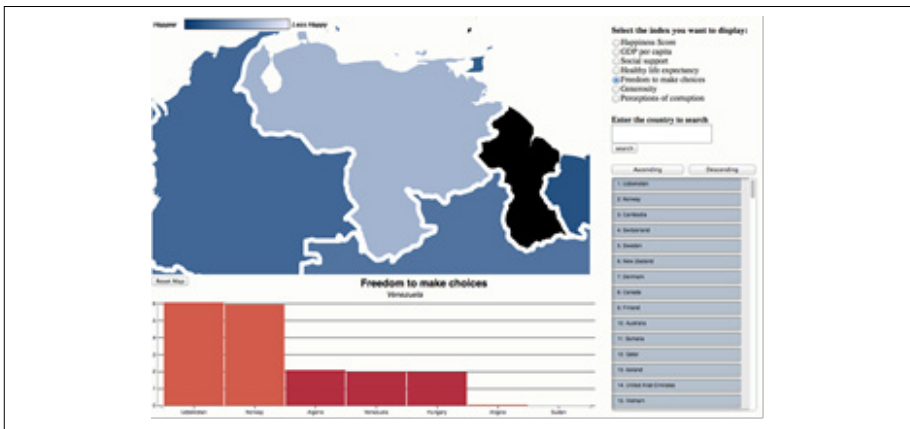
India is selected with happiness score as filter, and its historical scores are shown by a pop up over the country. This let us appreciate that India is descending across the years.

Figure 3.
Healthy life expectancy: Colombia



Healthy life expectancy: Colombia.
Freedom to make choices: Venezuela.

Figure 4.
Freedom to make choices: Venezuela



Idioms: encoding

This proposal is composed for 4 main idioms; Fig 2 shows a view using the initial setup (score happiness as filter).

- A choropleth map: This idiom supports the second and fourth tasks, preserves something familiar to the user and reuses their common knowledge of the world, in order to achieve everyone can understand easily the main idea. For this idiom it's necessary choose the right channel, so, saturation it's perfect to express the happiness score or an index (something quanti-

tative and sequential). User can manipulate the choropleth, in this case, map allows select and navigate by all the map. The idea of this design was let the user picks up on the map any country and apply a geometric zoom of that country. Moreover, it's presents a reduce action, when the proposed tooltip associated to this idiom provides to the user a embedded chart, with information about the ranking in the last years in a particular country (with mouse over action).

On the other hand, to express the indexes data, we decided use two different idioms, which are affected by independent filters: parallel coordinates to show all indexes at the same time and bar chart per index.

- Parallel coordinates: Considering indexes have a different scale between them, it was necessary find a suitable idiom to show all together and avoid breaks expressiveness, selecting parallel coordinates. This idiom encodes expressing in different axis, and if there are interactions like selecting and highlight, linked with the map, makes possible establish relation between the general score in a country and its indexes. To avoid occlusion between different countries, saturation could be use. User can select and highlight one line which corresponds to a particular country and also filter items to get not only the information of a country but a set of countries with similar values in certain indexes. This idiom supports the third task in conjunction with the map.
- Bar chart: This idiom let show and compare one index, visualizing the highest, lowest countries and the selected country by the user (there is a link between choropleth map and bars). Respect to selection on the map, highlights and selects a country.
- Ranking list: We thought just the map isn't enough to express all the data, e.g , ranking needs to be express it with a better encoding, more directly: ordering, so a list with the values it's a simple alternative (spatially distributed text). This idiom let us support the first and fifth tasks. User can manipulate changing order, from lowest to highest position or vice versa and by a filter associated reduces shown items to the user.

Interactions

All the views are linked with shared data with purpose to give the user a richer experience with the data, letting him analyze and relation indexes between different countries and other characteristics.

User can select in radio buttons which information he wants to see distributed on the map: about score happiness or a single index. If user selects score happiness

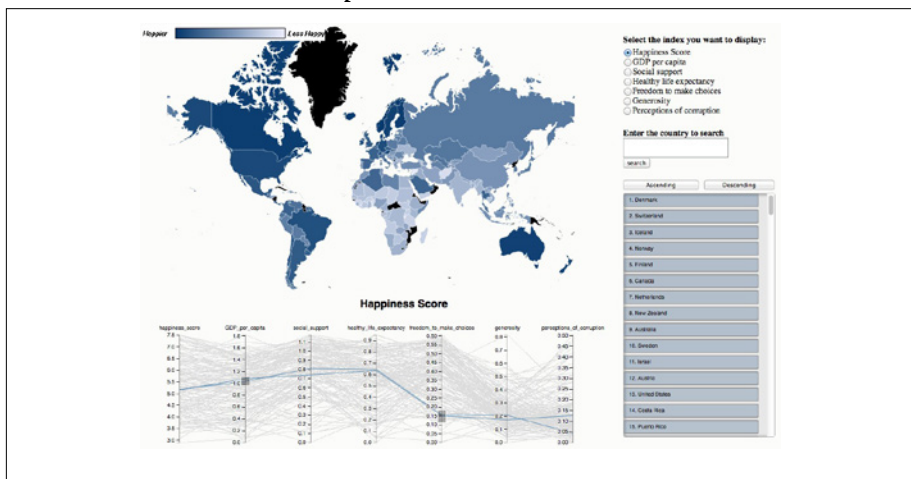
as filter, he's going to see the parallel coordinates chart, which relations indexes of all countries. If user decide see information about an index, like generosity, a bar chart ,instead parallel coordinates, is going to appear, as is possible see in Fig 3, when sub figure A shows healthy life expectancy with Colombia bar in center (it is the selected country by user) and let compares with his neighbors in values and extremes. Sub figure B shows how Venezuela has a freedom to make choices 4 units behind the highest, and Angola is one of the worst in this aspect (country with several problems with human rights).

The country selected could be updated when user picks up on the map other countries. Moreover, as soon as the user moves the mouse to through a country, embedded chart appears which is a chart line about the country positions in the ranking over the last years, even if user has an index selected, this chart appears to give the user a summarize about happiness.

On the other hand, there are several filters to help the users to find information quickly: there is a filter by country name which makes automatic selection and the country is zoomed in. Also, there is filters incorporated to parallel coordinates, in order to allow the users to combine indexes and ranges of his interest, in Fig 5 appreciates an example, when countries with freedom to choices is between 0,10 and 0,15 and also have GDP per capita between 0,8 to 1,0 are highlighted.

Finally, in order to make easier to find extremes, an ordering mechanism was integrated, listing in ascending and descending way, this works too when an index is selected affecting the bar chart.

Figure 5.
Filter on parallel coordinates. Authors



Previous proposal was implemented using a server in Amazon, this solution is web and the main technologies used were: D3, jQuery, Js, Topojson and HTML.

Usability test and results

We ran a usability test with people from different areas and age: Music, math and Chemical students, systems engineers and math professionals, covering demographic diversity. In the first step, the subject had to explore current report, understanding about what it is. This step was repeated with our visualization. Usually, the first interaction that they had it was with the map and then with radio buttons, trying to figure out relationships among different components.

In general, all subjects agree with some aspects when interact with the report: It was a little hard to find a particular country, if they were lucky country searched was near to page opened. Also, know the values about indexes was complicated and they estimated.

On the other hand, with our visualization they agreed on one thing: It easiest and didactic understand and learn about world happiness. Some suggestions were made about other interactions as select over the list and update all views, and a user told us about a different color for countries without data, because can be confusing, as darker color could be interpreted as “happiest color”.

After exploring both scenarios in a free mode, users had to solve some tasks:

1. Can you identify what country is the least happy in the world?
2. Could you tell us how your country is and its indexes?
3. Can you tell us what country has highest life expectancy /generosity index?
4. How is your country respect of country with highest and lowest generosity index?

In the report, all of them had problems looking for its country and they highlighted it isn't friendly have to slide down by many pages to find the least happy country. The third and fourth tasks couldn't be determined with precision because is so complicated compares indexes between countries.

On the other hand, with visualization most of them could do all the tasks and understand some interactions like bar chart was more complicated than other like a filter.

In final feedback, they highlight the next things that they could do and they couldn't with report and was so interesting for them:

- It's possible find and interesting geographic correlation. You can see some clusters, countries who their culture and economics are related, for example

places in occidental Europe presents a similar behavior and could be justified by his acquisitive power with GDP index, as Fig 6 shows. This is lost with the report because barely you can compare indexes between countries.

- Historic positions in the ranking give you a panorama of growth of the country or let establish a relationship with possible conflicts in some areas, so this perspective brings an extra information about report who exposes separately these results.
- It's possible see value for each index, so user doesn't need to estimate this.
- Allows evaluation from a single index over all countries, so it's interesting analyze how is perception of corruption is in the whole world.

And we reaffirm the possibility to do this:

- Make easier to find a country and know its location.
- Find faster the extremes in indexes and compares with a particular selected country.
- The user doesn't need to see all ranking, he can use descending order if is looking for the worst 10 countries in kind aspect (score happiness and index).
- Get countries which have a similar behavior or are close in some indexes intervals.

General feedback was positive, visualization was seen as an easier way to handle the report results.

- a. Happiness score in Occidental Europe. Authors.

Figure 6.
Happiness score in Occidental Europe



- b. GDP index in Occidental Europe. Authors.

Figure 7.
GDP index in Occidental Europe



Conclusion and future work

The usability test demonstrates visualization enables the regular users to take a more active role in the discovery process of exploring world, regional and country indicators. Its main purpose was accomplished, improvement the way to the user solves main tasks and expressing the data in the correct way. Moreover, we have shown how a user can deduce and relate external information, looking for effects of politician regimens, conflicts, economic crisis and even events like realization of soccer world cup, this was a titanic labor with the report, because there isn't a perspective can give enough information without incurs in saturate users' mind.

Nevertheless, we identify two possible enhances. First, show information by regions like Latin America, North America, Asia and other interesting divisions, this as future work, when the work of Hans Rosling "Gapminder" can serve as inspiration to incorporate a similar solution in the work already done, as it allows users to easily disaggregate information and see details on demand very intuitively.

Secondly, develop a version with texts more informative for the user, if the user doesn't know what is each index and its explanation, it could be a little confusing, maybe incorporate a menu with help or an animation about world happiness report.

World Happiness visualization was designed to work 100% from the browser, developed in D3 (javaScript) with a backend that hosts the data. It's an open

source project available at <http://nycholbazar.to.me/worldHappinessReport/viz/%20page/>, all our process is explained there and the Demo tab has the visualization. Ultimately, we hope that it enables a new way for interested people in understanding the report.

References

- [1] M. A. Borkin, A. A. Vo, Z. Bylinskii, P. Isola, S. Sunkavalli, A. Oliva, and H. Pfister. What makes a visualization memorable? IEEE, 2013.
- [2] M. Durand. The oecd better life initiative: How's life? and the measurement of well-being. *Review of Income and Wealth*, 61(1):4–17, 2015.
- [3] J. Helliwell, R. Layard, and J. Sachs. World happiness report 2015. Technical report, World happiness report, 2015.
- [4] J. Helliwell, R. Layard, and J. Sachs. World happiness report 2016, update. Technical report, World happiness report, 2016.
- [5] M. Jern, M. Brezzi, and L. Thygesen. A web-enabled geovisual analytics tool applied to oecd regional data. NCVA National Center for Visual Analytics, ITN, Linköping University, Sweden, OECD, Paris, France, 2015.
- [6] T. Munzner. *Visualization Analysis and Design*. AK Peters Visualization Series. CRC Press, 2014.
- [7] D. Skau, L. Harrison, and R. Kosara. An evaluation of the impact of visual embellishments in bar charts. *Computer Graphics Forum (Proceedings EuroVis)*, 34, 2015.
- [8] Tableau and T. Software. *Visual Analysis Best Practices, Simple Techniques for Making Every Data Visualization Useful and Beautiful*. Tableau and Tableau Software. 2016.

Avances en visión artificial para la identificación de posturas y acciones humanas

Gabriel Rojas Albarracín, María Teresa López Bonal,
Antonio Fernández-Caballero¹⁰

Resumen

La identificación de la postura de una persona o los movimientos que realiza, aplicando soluciones de visión artificial, tiene gran relevancia en el mundo actual; pues su aplicabilidad abarca áreas tan dispares como la vídeo vigilancia, la interacción humano-computador y la salud, esto ha hecho que se desarrollen gran cantidad de investigaciones que buscan automatizar el proceso de identificación de posturas y acciones. El presente documento muestra un recorrido por las investigaciones y avances hechos en visión artificial para lograr el objetivo de automatizar la identificación de posturas y movimientos, agrupando las investigaciones en 3 categorías: localización de personas, estimación de posturas e identificación de acciones humanas.

Palabras clave: Reconocimiento de actividad humana (RAH), Estimación de posturas, localización de personas.

10. Instituto de Investigación en Informática de Albacete. Universidad de Castilla-La Mancha Albacete, España. Correos electrónicos: lgabrielrojas@alu.uclm.es, maria.lbonal@uclm.es, Antonio.Fdez@uclm.es

Introducción

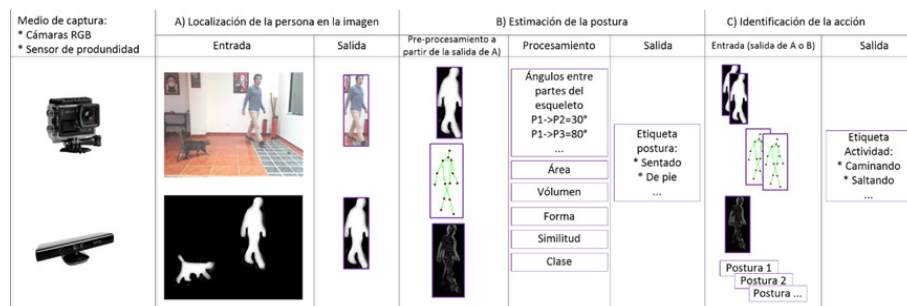
La preocupación por los factores como edad avanzada, aumento de personas que viven solas y la posible degradación de la calidad de vida que esto puede traer consigo [1] [2], ha propiciado a que entidades de gobierno desarrollen iniciativas para construir mecanismos que promuevan investigaciones dirigidas a mantener la calidad de vida de sus ciudadanos, tal es el caso del programa para el desarrollo de la investigación de la unión europea “Horizonte2020”, que dentro de sus objetivos cuenta con uno específico para la “Salud, cambio demográfico y bienestar” [3].

Dentro de los objetivos esperados por las investigaciones se encuentra el desarrollo de sistemas automatizados para la identificación de eventos o posturas perjudiciales para el bienestar de la persona, pues una persona puede ir desarrollando enfermedades bien sea por causas de movimientos, posturas o desplazamiento inadecuados o por pérdidas de capacidades motoras relacionadas con la edad [4] [5], sin que ella misma lo note. Se espera también, que los mecanismos desarrollados sean mayormente no invasivos, es decir, el sistema no tendrá interacción directa con las acciones de la persona, por el contrario, se espera que el sistema pueda supervisar a la persona sin que ella misma lo note o le tenga que dar instrucciones específicas, sobre todo cuando se trata de personas que viven solas y son de edad avanzada. En este sentido el desarrollo de la visión artificial juega un papel fundamental para alcanzar este objetivo [6] [7].

Aunque en la literatura científica, aún no cuenta con una propuesta que cubra completamente el objetivo, existen números avances, con diferentes enfoques, y que en conjunto pueden brindar una gran aproximación a lo deseado. Desde la localización misma de la persona en una imagen o vídeo, hasta la identificación de su postura o el seguimiento de la misma en un entorno.

Figura 1.

Etapas para la identificación de la acción de una persona en vídeo



El presente artículo muestra un vistazo sobre los avances recientes para automatizar la identificación de posturas y movimientos de personas, usando mecanismos de visión artificial. Siguiendo la líneas propuestas en [8] [9], se presentan los hitos que las diferentes propuestas deben alcanzar (ver Ilustración 1), y que pueden servir como guía para la construcción de un sistema que identifique eventos anómalos o perjudiciales; dentro de las actividades habituales de una persona en su hogar, basados en las posturas y movimientos.

Mecanismos para la localización de personas en imágenes, la estimación de posturas y la identificación de acciones

La estimación de la postura humana es un proceso por el cual, se pretende identificar la configuración de las partes del cuerpo [10] no limitando el termino postura a etiquetas establecidas, como “sentado”, “de pie” u otras, pero sin desestimar el uso de estas etiquetas cuando es posible. Esto conlleva un gran reto debido a la cantidad de variables que se deben manejar por la amplia posibilidad de posiciones que puede ejercer un ser humano.

En cuanto a los aspectos de salud y calidad de vida, la estimación de la postura, como un primer hito de un sistema automatizado para identificar afectaciones a la salud de personas, adquiere especial relevancia pues algunas investigaciones expresan que los desórdenes musculoso - esqueléticos de una persona están, en muchos casos, relacionados con las acciones que realiza (movimientos, repeticiones, esfuerzo y postura) [11].

Desde otro punto de vista, es posible determinar algunas afecciones debido a su exteriorización en posturas o movimientos. Esto ha motivado la investigación para determinar la postura y relacionarla con problemas de salud usando mecanismos informáticos [12], [13], lo cual podría ayudar a diagnosticar dolencias de forma precoz o incluso prevenirlas.

La estimación de la postura se compone de 2 etapas, en primera instancia la localización de la persona en una imagen (independiente del ángulo de observación, la vestimenta de la persona por citar algunos factores que dificultan la tarea). La segunda etapa consiste en la identificación de la postura propiamente dicha. A continuación, se presentan los logros alcanzados en cada una de ellas.

Localización de personas en una imagen

La localización de una persona en una imagen consiste en separar la persona de todos los demás elementos de una imagen, sin importar la postura, la forma,

el color o incluso la vestimenta que use. A nivel técnico se han presentado diversos enfoques e incluso el uso de diferentes tipos de sensores, pero todos se enfrentan a los mismos problemas: eliminar el fondo, eliminar objetos o animales, oclusiones parciales o la misma postura variable de una persona.

Uno de los trabajos más notables en cuanto a la detección de personas en imágenes, de la década pasada, fue presentado por Dalal y Triggs [14] quienes usaron en su trabajo el descriptor “Histograms of Oriented Gradients” (HOG), obteniendo resultados superiores a otras técnicas de su momento. HOG es una técnica que permite crear descriptores de los objetos de las imágenes, y por ende generar más información que el simple valor de los píxeles, con esto y mediante un entrenamiento es posible realizar la clasificación de objetos y localizar seres humanos en imágenes.

En este sentido, el doctor Fernández-Caballero y su equipo en [15], proponen una técnica combinada donde, en primera instancia se usó HOG y características de color y luego la técnica de reducción Partial Least Squares (PLS) que permite reducir la cantidad de variables obtenidas (lo que posteriormente también reducirá el tiempo de procesamiento requerido), luego usando un clasificador se puede diferenciar; en imágenes, lo que es un humano de lo que no.

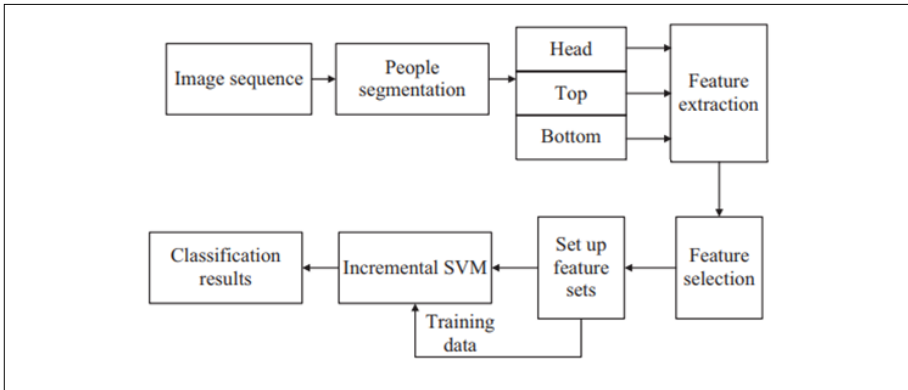
Aunque inicialmente los métodos para la detección de personas se basaron exclusivamente en la toma de imágenes con cámaras de luz visible, es decir, las que capturan imágenes que pueden ver el ojo humano. Con la aparición de dispositivos de bajo costo como la Kinect de Microsoft, algunos autores presentaron propuestas en las cuales hacen uso del sensor de profundidad, para suprimir problemas como la eliminación del fondo o los cambios de luz [16], [17].

Joaquín Salas y Carlo Tomasi presentaron en [18] una propuesta para la localización de personas en espacios interiores basado en el color de las imágenes pero también haciendo uso de sensores de profundidad. El uso de un sensor de profundidad permite mediante el uso de un umbral, determinar los objetos cercanos o que sobresalen del fondo. Combinando el resultado con la imagen de color y aplicando a ésta la técnica HOG, los autores indican resultados significativos para el banco de pruebas usado, reduciendo los falsos positivos de 2594 a 76 y los verdaderos positivos aumentarlos de 245 a 615 para un umbral en HOG de cero.

En [19] se implementa Support Vector Machine (SVM) con aprendizaje incremental (ver Ilustración 2), para la construcción de un clasificador de múltiples categorías, seleccionando las características de color y textura para definir lo

que debería ser la apariencia que va reconocer de una persona. Con este método los autores comunican un éxito en la clasificación del 98.46%.

Figura 2.
Clasificador SVM con aprendizaje incremental [17]



Finalmente, en [20] se propone una técnica diferente a las anteriores, enfocada principalmente en la localización de personas en tiempo real, mediante características de similitud de profundidad relacional, basadas en la información de profundidad obtenida de una cámara de tiempo de vuelo (este tipo de cámara entrega información de profundidad de manera similar a como lo hace el sensor Kinect de Microsoft).

Estimación de posturas

Como se mencionó anteriormente, identificar la postura consiste en determinar la configuración de las partes del cuerpo de la persona, y de ser posible, etiquetar dicha configuración. Esto es útil en diferentes tareas de nivel superior, como la interacción Humano – Computador o en el campo la animación, pero tiene una especial importancia en el campo de la salud, donde la postura puede ser valorada respecto a algunos óptimos médicos, es decir, si la postura de una persona puede afectar su salud a corto, mediano o largo plazo. En este sentido, en [21] se muestra la importancia de la intervención ergonómica en las personas para evitar algunos problemas musculo - esquelético.

En cuanto a la identificación de la postura se han propuesto diferentes enfoques, cada uno con alcances diferentes y resultados variables: inferir la postura 3D con imágenes monoculares [22] o directamente con datos 3D [23] y de profundidad [24], uso de redes de Markov de tres capas para modelar la estructura del cuerpo entero [25]. Aunque en los años recientes los mejores resultados se

ha logrado usando diferentes arquitecturas de redes neuronales, destacando la arquitectura de relojes de arena [26] [27] [28] y redes adversas [29].

Dada la gran cantidad de trabajos enfocados en el problema de la estimación de la postura, los autores de [30] más que proponer un método para la estimación de la postura, entregan a los investigadores es un conjunto de más de 800 actividades con información descriptiva, lo cual sirve como línea base para el entrenamiento y validación de diferentes métodos de estimación de posturas.

Además del banco de imágenes, en [31] también comparte un amplio conjunto de etiquetas que incluyen posiciones de las articulaciones corporales, torso 3D completo y orientación de la cabeza, etiquetas de oclusión para las articulaciones y partes del cuerpo, y etiquetas de actividades. En su propia web está disponible el conjunto de prueba, los autores también han hecho una validación del estado del arte comparando los resultados obtenidos por diferentes propuestas (ver Tabla 1), con su propio set de pruebas.

El trabajo presentado en [31], es hasta la fecha el que ha dado resultados más óptimos, comparado con otros trabajos evaluados, obteniendo una tasa del 98.5% de certeza para la identificación de la cabeza, aunque solo un 86% identificando el tobillo, para una tasa general del 92%.

Tabla 1.

Comparativa de tasa de aciertos para la identificación de partes
del cuerpo y posturas humanas [29] (tabla resumida):

<http://human-pose.mpi-inf.mpg.de/#results>

Método	Cabeza	Hombro	Codo	Muñeca	Cadera	Rodilla	Tobillo	Tasa general
Newell et al., ECCV'16 [23]	98.2	96.3	91.2	87.1	90.1	87.4	83.6	90.9
Ning et al., TMM'17 [24]	98.1	96.3	92.2	87.8	90.6	87.6	82.7	91.2
Luvizon et al., arXiv'17 [25]	98.1	96.6	92.0	87.5	90.6	88.0	82.7	91.2
Chu et al., CVPR'17 [26]	98.5	96.3	91.9	88.1	90.6	88.0	85.0	91.5
Chou et al., arXiv'17 [27]	98.2	96.8	92.2	88.0	91.3	89.1	84.9	91.8
Chen et al., ICCV'17 [28]	98.1	96.5	92.5	88.5	90.2	89.6	86.0	91.9
Yang et al., ICCV'17 [30]	98.5	96.7	92.5	88.7	91.1	88.6	86.0	92.0

Identificación de acciones

Cuando se lleva la estimación de la postura a una secuencia de imágenes, se usa el término de análisis de movimiento, y permite, entre otras cosas, identificar la acción o actividad que realiza una persona, esto va un paso más adelante respecto a la identificación de las posturas, pues permite poner una etiqueta a las posturas en un marco temporal, es decir, agrega una dimensión más al análisis.

Al igual que en la localización de personas y estimación de posturas, sobre identificación de acciones también han existido diversas iniciativas. Por ejemplo, en [32], [33] se identifican acciones mediante los cambios que experimenta la silueta de una persona, en una secuencia de imágenes. Una de las acciones más comunes identificada es el “caminar”, pues permite a otros investigadores [36], presentar un marco de trabajo para la clasificación de peatones basados en sus características del andar, mediante la identificación de otras características como el sexo o la edad.

Pero el análisis de la silueta solo es uno de los enfoques, otro ampliamente utilizado es la utilización de esqueletos, normalmente formados por líneas conectadas en puntos específicos (articulaciones del cuerpo) en 2D [34] y 3D [35]. En ambos casos, 2D y 3D se puede hacer el uso de los ángulos que se forman en las uniones de las líneas, para identificar primero, la postura y luego, agregando la dimensión de tiempo, la acción. Sin embargo, un método más sofisticado es usado en [38], donde se toman esqueletos preformados para compararlos con los generados, a partir de las imágenes capturadas, y mediante modelos ocultos de Markov identificar el patrón que se corresponde con una acción previamente definida. De forma similar en [35] se analiza el movimiento comparándolo con acciones de referencia y haciendo uso de lógica difusa se aplica un etiquetado semántico, o en otro sentido definir a cuál de las acciones de referencia se parece más.

Un enfoque particularmente especial busca identificar la acción de la persona a partir del movimiento o variación entre dos fotogramas, creando zonas de puntos densos que luego es pasado por el clasificador SVM [36] combinando descriptores de movimiento, trayectoria y apariencia.

Además de variar la forma de en qué se analizan los datos de entrada (silueta, esqueleto o puntos), también se encuentran propuestas diferentes para la captura. En [37] y [38] se realiza la captura con sensores de profundidad, aunque difieren en la forma que se analiza el esqueleto, mientras que [38] analiza toda la información del esqueleto, en [39] se analiza secuencialmente en etapas, primero generando un esqueleto, eliminando los pies, las manos y las líneas que

unen el cuerpo con ellas, de esta manera se reduce el espacio a analizar y se elimina la inexactitud, ya que estas partes se pueden mover más rápido que el resto del cuerpo y su movimiento se puede dar de forma arbitraria, lo que hace que los sensores capturen datos erróneos.

Finalmente, y para poder tener un marco estándar de comparación, los autores de [40] presentan un conjunto de 101 tipos de acciones para que los investigadores lo usen como referencia para probar la eficacia y eficiencia de sus métodos.

Conclusiones y retos futuros

En este documento se hizo un breve recorrido por los 3 hitos que deben alcanzarse para lograr identificar acciones y posturas de personas; localización de personas, estimación de posturas e identificación de acciones, lo que puede ser usado en diferentes campos, entre ellos, vídeo juegos, interacción humano computador, pero en especial en el campo médico, ya que esto permitirá identificar situaciones perjudiciales para la salud y en general para la calidad de vida de las personas.

Para cada uno de los hitos expuestos se presentaron algunos avances realizados, con diferentes enfoques en cada uno de ellos, tanto para la selección de la forma en que entrar los datos a analizar, como también para los diferentes mecanismos utilizados para el procesamiento y análisis de los datos. A pesar de los avances, el análisis de las actividades de personas en entornos no controlados (sin restricciones), sigue siendo una tarea muy desafiante, en particular debido a las significativas variaciones de la postura, la iluminación, oclusión y acción. Afortunadamente se ven grandes avances, y la inclusión de nuevos mecanismos, como el uso de descriptores HOG y clasificadores SVM, dan la esperanza de que el objetivo se logre en un tiempo no muy lejano.

Hacia adelante lo que queda entonces, es mejorar la adaptación de los métodos aplicados a las diferentes variaciones que se presentan en ambientes no controlados, o bien la creación de nuevos métodos más robustos.

Otra idea interesante a considerar en el futuro, es la inclusión del “contexto” en el proceso de análisis, ya que acciones o movimientos similares pueden significar cosas diferentes en diferentes ambientes o incluso en el mismo escenario, pero con ventanas de tiempo diferentes. De igual manera, el análisis de los comportamientos en escenas con múltiples personas, para inferir acciones y comportamientos grupales.

Referencias

- [1] A. Fernández-Caballero, J. M. Latorre, J. M. Pastor y A. Fernández-Sotos, «Improvement of the Elderly Quality of Life and Care through Smart Emotion Regulation,» de *Lecture Notes in Computer Science*, 2014, pp. 348-355.
- [2] Sokolova M.V., Serrano-Cuerda J., Castillo J.C. y Fernández-Caballero, A., «A fuzzy model for human fall detection in infrared video,» *J. Intell. Fuzzy Syst.*, vol. 24, pp. 215-228, 2013.
- [3] «Envejecimiento activo, vida autónoma y asistida,» [En línea]. Available: <http://eshorizonte2020.cdti.es/index.asp?MP=87&MS=715&MN=2&TR=C&IDR=1986>. [Último acceso: 27 11 2017].
- [4] B.-T. Karsh, «Theories of work-related musculoskeletal disorders: Implications for ergonomic interventions,» *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, vol. 7, pp. 71-88, 2006.
- [5] A. C. Baeza, V. A. García-Molina y M. D. Fernández, «Involución de la condición física por el envejecimiento,» *Apunts. Medicina de l'Esport*, vol. 44, pp. 98-103, 2009.
- [6] Antonio Fernández-Caballero, Arturo Martínez-Rodrigo, José Manuel Pastor, José Carlos Castillo, Elena Lozano-Monazor, María T. López, Roberto Zangróniz, José Miguel Latorre, Alicia Fernández-Sotos, «Smart environment architecture for emotion detection and regulation,» *J. Biomed. Inform.*, vol. 64, pp. 55-73, 2016.
- [7] J. C. Castillo, . Castro-González, A. Fernández-Caballero, J. M. Latorre, J. M. Pastor, A. Fernández-Sotos y M. A. Salichs, «Software Architecture for Smart Emotion Recognition and Regulation of the Ageing Adult,» *Cognit. Comput.*, vol. 8, pp. 357-367, 2016.
- [8] G. Rojas Albarracín, «Determinación de comportamiento humano basado en posturas,» 2009.
- [9] G. Rojas-Albarracín, C. A. Carbajal, A. Fernández-Caballero y M. T. López, «Skeleton Simplification by Key Points Identification,» de *Lecture Notes in Computer Science*, 2010, pp. 30-39.
- [10] R. Poppe, «Vision-based human motion analysis: An overview,» *Comput. Vis. Image Underst.*, vol. 108, pp. 4-18, 2007.
- [11] Bianchi-Berthouze, N., Cairns, P., Cox, A., Jennett, C., \& Kim, W. W, «On posture as a modality for expressing and recognizing emotions,» In *Emotion and HCI workshop at BCS HCI London*, 2006.
- [12] M. Reyes, A. Clapés, J. Ramírez, J. R. Revilla y S. Escalera, «Automatic digital biometry analysis based on depth maps,» *Comput. Ind.*, vol. 64, pp. 1316-1325, 2013.

- [13] N. Dalal y B. Triggs, «Histograms of Oriented Gradients for Human Detection,» de 2005 {IEEE} Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition ({CVPR'05}).
- [14] W. R. Schwartz, A. Kembhavi, D. Harwood y L. S. Davis, «Human detection using partial least squares analysis,» de 2009 {IEEE} 12th International Conference on Computer Vision, 2009.
- [15] L. Xia, C.-C. Chen y J. K. Aggarwal, «Human detection using depth information by Kinect,» de {CVPR} 2011 {WORKSHOPS}, 2011.
- [16] J. Salas y C. Tomasi, «People Detection Using Color and Depth Images,» de Lecture Notes in Computer Science, 2011, pp. 127-135.
- [17] Y. Lu, K. Boukharouba, J. Boonart, A. Fleury y S. Lecouche, «Application of an incremental SVM algorithm for on-line human recognition from video surveillance using texture and color features,» *Neurocomputing*, vol. 126, pp. 132-140, 2014.
- [18] S. Ikemura y H. Fujiyoshi, «Real-Time Human Detection Using Relational Depth Similarity Features,» de Lecture Notes in Computer Science, 2011, pp. 25-38.
- [19] J. Yu, Y. Guo, D. Tao y J. Wan, «Human pose recovery by supervised spectral embedding,» *Neurocomputing*, vol. 166, pp. 301-308, 2015.
- [20] J. Shan y S. Akella, «3D human action segmentation and recognition using pose kinetic energy,» de 2014 {IEEE} International Workshop on Advanced Robotics and its Social Impacts, 2014.
- [21] W. Shen, K. Deng, X. Bai, T. Leyvand, B. Guo y Z. Tu, «Exemplar-based human action pose correction,» *IEEE Trans Cybern*, vol. 44, pp. 1053-1066, 7 2014.
- [22] Zhao, L., Gao, X., Tao, D., \& Li, X., «A deep structure for human pose estimation,» *Signal Processing*, vol. 108, pp. 36-45, 2015.
- [23] A. Newell, K. Yang y J. Deng, «Stacked Hourglass Networks for Human Pose Estimation,» de Lecture Notes in Computer Science, 2016, pp. 483-499.
- [24] G. Ning, Z. Zhang y Z. He, «Knowledge-Guided Deep Fractal Neural Networks for Human Pose Estimation,» *IEEE Trans. Multimedia*, pp. 1-1, 2017.
- [25] Luvizon, Diogo C and Tabia, Hedi and Picard, David, «Human Pose Regression by Combining Indirect Part Detection and Contextual Information,» *arXiv preprint arXiv:1710.02322*, 2017.
- [26] X. Chu, W. Yang, W. Ouyang, C. Ma, A. L. Yuille y X. Wang, «Multi-context Attention for Human Pose Estimation,» de 2017 {IEEE} Conference on Computer Vision and Pattern Recognition ({CVPR}), 2017.
- [27] Chou, Chia-Jung and Chien, Jui-Ting and Chen, Hwann-Tzong, «Self Adversarial Training for Human Pose Estimation,» *arXiv preprint arXiv:1707.02439*, 2017.

- [28] Y. Chen, C. Shen, X.-S. Wei, L. Liu y J. Yang, «Adversarial PoseNet: A Structure-Aware Convolutional Network for Human Pose Estimation,» de 2017 {IEEE} International Conference on Computer Vision ({ICCV}), 2017.
- [29] M. Andriluka, L. Pishchulin, P. Gehler y B. Schiele, «2D Human Pose Estimation: New Benchmark and State of the Art Analysis,» de 2014 {IEEE} Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2014.
- [30] W. Yang, S. Li, W. Ouyang, H. Li y X. Wang, «Learning Feature Pyramids for Human Pose Estimation,» de 2017 {IEEE} International Conference on Computer Vision ({ICCV}), 2017.
- [31] W. Zeng, C. Wang y F. Yang, «Silhouette-based gait recognition via deterministic learning,» *Pattern Recognit.*, vol. 47, pp. 3568-3584, 2014.
- [32] J. A. F. Balista, M. N. Soriano y C. A. Saloma, «Compact time-independent pattern representation of entire human gait cycle for tracking of gait irregularities,» *Pattern Recognit. Lett.*, vol. 31, pp. 20-27, 2010.
- [33] D. K. Vishwakarma y R. Kapoor, «Hybrid classifier based human activity recognition using the silhouette and cells,» *Expert Syst. Appl.*, vol. 42, pp. 6957-6965, 2015.
- [34] M. H. Zaki y T. Sayed, «Using automated walking gait analysis for the identification of pedestrian attributes,» *Transp. Res. Part C: Emerg. Technol.*, vol. 48, pp. 16-36, 2014.
- [35] T. Matsubara, S.-H. Hyon y J. Morimoto, «Real-time stylistic prediction for whole-body human motions,» *Neural Netw.*, vol. 25, pp. 191-199, 1 2012.
- [36] L. Xia, C.-C. Chen y J. K. Aggarwal, «View invariant human action recognition using histograms of 3D joints,» de 2012 {IEEE} Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, 2012.
- [37] M. Meshry and M. E. Hussein and M. Torki, «Linear-time online action detection from 3D skeletal data using bags of gesturelets,» de 2016 {IEEE} Winter Conference on Applications of Computer Vision ({WACV}), 2016.
- [38] F. Patrona, A. Chatzitofis, D. Zarpalas y P. Daras, «Motion analysis: Action detection, recognition and evaluation based on motion capture data,» *Pattern Recognit.*, vol. 76, pp. 612-622, 2018.
- [39] S. Megrhi, M. Jmal, W. Souidene y A. Beghdadi, «Spatio-temporal action localization and detection for human action recognition in big dataset,» *J. Vis. Commun. Image Represent.*, vol. 41, pp. 375-390, 2016.
- [40] Soomro, Khurram and Zamir, Amir Roshan and Shah, Mubarak, «UCF101: A dataset of 101 human actions classes from videos in the wild,» *arXiv preprint arXiv:1212.0402*, 2012.

Sistema hardware-software para el reconocimiento de emociones a partir de señales fisiológicas

L. A. Solarte, M. Sánchez, G. E. Chanchí¹¹

Abstract

In this article, we present the design of a hardware-software system, it's responsible for the characterization of the user context, through physiological signals such as: heart rate variability (HRV), galvanic skin response (GSR) and electromyographic signals (EMG), which allow us to establish significant levels of mental stress (SI), arousal and valence, metrics important that make possible the inference of emotional states in the person. In addition, we describe the development of computational method for the inference of emotions and the mathematical calculations that involve this process. Thus allowing, generate users profiles that provide a lot more information, in order to serve as a mechanism for recognizing patterns of behavior, as well as their possible use by applications so diffused as recommendation systems.

Keywords: arousal, emotions, physiological signals, valence.

Introducción

De acuerdo a [1], la población global tendrá cerca de 20,8 billones de dispositivos conectados a internet en 2020, mientras que para [2] gracias al rápido

11. Correos electrónicos: alejandrosolarte0223@gmail.com, mausanbar93@gmail.com, gchanchi@unimayor.com.

avance de tecnologías actuales y futuras, este número podría ser aún mayor con unos 50 billones, lo que equivale a cerca de 6,58 dispositivos por persona. Es por ello que surge la necesidad de interconectar y diseñar nuevos sistemas inteligentes con capacidad de monitorizar y controlar diferentes dispositivos inter-conectados, con el fin de aprovechar y procesar los datos obtenidos, para así inferir las preferencias de un usuario.

En cuanto a la problemática anterior, surge un concepto que ha tomado fuerza en los últimos años, el cual ha sido denominado Internet de las cosas [2] [3]. Esta tendencia busca mejorar el modelo de internet, mediante la conexión en la web entre diferentes dispositivos electrónicos, denominados “cosas u objetos”, los cuales pueden pertenecer a contextos como educación, salud, agricultura, entre otros. Así, han aparecido a nivel comercial un conjunto de dispositivos que permiten obtener información fisiológica del espacio corporal de una persona, los cuales reciben el nombre de dispositivos wearables. A través de los datos entregados por estos dispositivos, es posible realizar un seguimiento sobre las actividades de una persona, aprovechando esta información en campos como la salud, el entretenimiento y la interacción. Muchos de estos dispositivos al ser comerciales y no ser abiertos permiten la captura de datos, pero no la fácil integración y personalización de servicios

De este modo, a pesar de los beneficios de Internet de las cosas, existen un conjunto de problemas que dificultan el uso expansivo de esta tecnología, tales como: la dificultad en la personalización de servicios inteligentes que interactúen con el mundo real de forma natural, la gestión masiva de datos y el aprovechamiento de los datos capturados, con el fin de obtener información más precisa y relacionada con los usuarios [4] [5].

Con relación al primer y tercer reto, millones de soluciones surgen cada día creadas por las compañías tecnológicas líderes del mercado, las cuales están limitadas por la poca información y libertad al usuario para utilizar e integrar con otras tecnologías abiertas [6]; este artículo pretende aportar a esta problemática a través de un sistema hardware-software abierto para el reconocimiento de emociones de usuario por medio de uso de wearables [7]. Estos dispositivos juegan un papel importante si se relacionan con el contexto de usuario, puesto que pueden ayudar en el desarrollo de actividades diarias, monitoreo de señales biomédicas y la determinación de emociones, para de esta manera lograr un mejor aprovechamiento de los datos de usuario. En cuanto al segundo reto, hoy en día se están usando técnicas de minería de datos y computación en la nube para el procesamiento adecuado de la información que Internet de las cosas provee en la red [7].

De acuerdo con los anteriores retos, existe la necesidad de aportar soluciones que ayuden en la personalización de servicios inteligentes y la caracterización del perfil de los usuarios, con el fin de lograr un control más adecuado del entorno de este y a su vez presentar estrategias de recomendación adaptada a los gustos de cada persona. Una alternativa a lo anterior es el uso de variables de contexto [8], las cuales son entendidas como información que puede usarse para determinar el estado de una entidad, siendo esta: una persona, lugar u objeto relevante para las interacciones entre el usuario y la aplicación [9].

El contexto de una persona es amplio, por ello es necesario establecer las variables que permitan una adecuada interpretación de los datos de usuarios. Las señales fisiológicas pueden aportar información importante y precisa, ya que permiten evaluar el comportamiento de un individuo, e inferir emociones, a partir de las reacciones que presente su organismo frente a un determinado estímulo. Ejemplos de estas señales son: la tasa de respiración, la circulación sanguínea, la respuesta galvánica de la piel, entre otros [10].

En este artículo se presenta una propuesta de un sistema hardware-software abierto para la captura de variables del contexto de usuario tales como: la variabilidad de frecuencia cardíaca (VFC o HRV, Heart Rate Variability) que consiste en la variación de la frecuencia del latido cardíaco durante un intervalo RR de tiempo definido, la respuesta galvánica de la piel (RGP o GSR, Galvanic Skin Response) que consiste en la variación de la conductancia eléctrica de la piel ante factores externos que pueden alterar su funcionamiento adecuado, y señales electromiográficas (EMG, Electromyographic) que consiste en una técnica de diagnóstico que mide la salud de los músculos y células nerviosas; las cuales fueron usadas para establecer niveles de estrés mental y de positividad emocional asociados a estados de ánimo que pueden ayudar en la caracterización de patrones de comportamiento e inferencia en las preferencias de los usuarios. Así mismo se presenta la adaptación de un método para la inferencia de emociones a partir de las variables mencionadas.

Así, los aportes de este trabajo son: el diseño e implementación de un sistema hardware-software abierto para la captura de señales fisiológicas, permitiendo a través de dispositivos wearables, la continua monitorización de los cambios emocionales que presente; además, la adaptación de un método para la inferencia y reconocimiento de emociones. De esta manera, los posibles servicios en diferentes áreas que se pueden implementar a partir del sistema hardware-software abierto son: sistemas de recomendaciones, sistemas de seguimiento, sistemas de asistencia, sistemas de aprendizaje, entre otros.

El resto del artículo está organizado de la siguiente forma: en la sección 2 se presentan un conjunto de trabajos relacionados con la presente investigación, la sección 3 abarcan algunos conceptos relevantes que permiten una mayor comprensión de la temática del documento, en la sección 4 se muestra la metodología usada en la implementación del sistema hardware-software abierto y el método de inferencia de emociones, en la sección 5 se presenta el desarrollo del sistema propuesto basado en el uso de tecnologías abiertas; de igual manera, en esta sección se lleva a cabo la aplicación de la metodología propuesta. Finalmente, en la sección 7 se plantean las conclusiones y trabajos futuros derivados de la presente investigación.

Trabajos relacionados

El enfoque de este artículo tiene como temática principal, el estudio de los sistemas de análisis de señales fisiológicas. La literatura que se muestra a continuación, con relación a dicho tema, aportan la teoría acerca del cálculo del estrés mental y la inferencia de emociones. Además, en este apartado se muestran algunos trabajos en los que se aplican las emociones, como método para la ejecución de sus tareas en cuanto a la caracterización de patrones de comportamiento del usuario.

En cuanto a la temática principal, en [11] se explica cómo las señales fisiológicas se relacionan con el estado de ánimo del usuario, cuando este realiza una determinada actividad. La propuesta plantea el desarrollo de un sistema portátil para medir parámetros del sistema nervioso autónomo de una persona y mostrarlo en cualquiera de los dispositivos de salida, empleando un algoritmo para el reconocimiento del estrés. En el mismo se realiza medidas experimentales, a partir de señales fisiológicas como: la RGP, VFC, EMG, temperatura, entre otras. En [12] se aprecian las técnicas para la evaluación del estrés mental a partir de la VFC en el dominio del tiempo y la frecuencia, permitiendo observar la importancia que tiene esta medida para la evaluación del estrés mental y su relación con el estado de ánimo. En [13] se describe un método para la detección del estrés mental haciendo uso de sensores wearables y usando técnicas para la medición de activación de las dos ramas autonómicas: la simpática y parasimpática. En este artículo se hacen dos estudios experimentales, uno asociado con tareas mentales y el otro con ejercicios de relajación, donde se puede observar como la frecuencia cardíaca es una variable fisiológica que está relacionada con el estado de ánimo. Por su parte en [14] es propuesto el uso de plataformas de hardware libre como Arduino para la captura de señales fisiológicas, lo que posibilita el uso de sensores de código abierto para la medición de la frecuencia cardíaca.

En lo que respecta a la caracterización de patrones de comportamiento, en [15] se muestran un conjunto de técnicas y aplicaciones avanzadas de reconocimiento de patrones, permitiendo observar como el uso de señales biomédicas pueden ayudar en la caracterización y análisis de conducta humana. Por su parte en [16] se presenta la teoría e instrucciones básicas para comprensión sólida de los conceptos psicológicos del comportamiento humano. Así mismo, en este libro se observa la importancia que tiene las emociones y métodos de adaptación para el cuidado de la salud. En [17] se presentan un conjunto de investigaciones sobre el comportamiento humano, las cuales exponen los últimos aportes y brechas sobre esta temática. Además, en este libro se propone el uso de sensores biomédicos como ayuda en la comprensión de patrones de comportamiento. Así, a partir de la literatura encontrada se plantea como brecha investigativa, el uso de señales fisiológicas como posible método de entrada en la comprensión de patrones de comportamiento humano, aprovechando las ventajas de los dispositivos de internet de las cosas en la caracterización del contexto de usuario.

Marco conceptual

En esta sección se presentan los conceptos considerados en la presente investigación, dentro de los cuales se encuentran: señales fisiológicas, arousal, valence y wearable.

Señales fisiológicas

El objetivo de la fisiología humana es brindar una explicación acerca de las características y mecanismos específicos del cuerpo humano, que hacen que sea un ser vivo. El mantenerse vivo es el resultado de sistemas de control complejos, que regulan actividades como la respiración, la circulación, los sentidos, el metabolismo, la temperatura, entre otros [18]. Dichas actividades se controlan directamente por el sistema nervioso autónomo (SNA), las cuales constituyen las señales fisiológicas que pueden ser medidas y monitorizadas con ayuda de distintos tipos de sensores.

Arousal

Esta característica emocional es definida como una activación general fisiológica y psicológica del organismo, la cual se presenta continuamente en forma de intensidades variables de estados de ánimo, observándose desde el sueño profundo hasta el frenesí, pánico o cólera intensa. En el sistema nervioso central, el arousal/excitación por lo general se refiere al estado de excitación de las neuronas o aumento del flujo sanguíneo en el ser humano [19].

Valence

Esta característica emocional puede ser definida como la percepción del grado de positividad de las emociones en el organismo, la dimensión de la experiencia se refiere a la nota hedónica (es decir, el placer y desagrado) que percibe el ser humano ante diferentes condiciones emocionales [20].

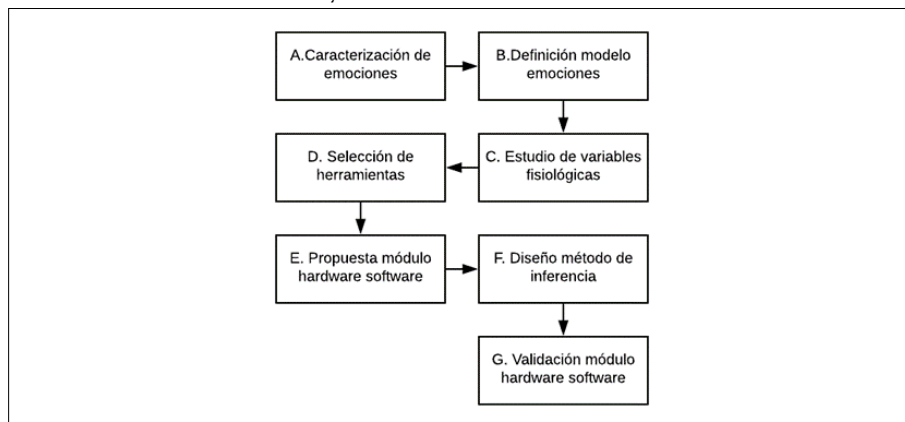
Wearable

Dispositivo electrónico incorporado en el espacio personal, que permite obtener y procesar información asociada al usuario, como la toma de señales biomédicas y su procesamiento en la nube [20].

Metodología

Para el diseño del sistema hardware-software abierto y el método de inferencia de emociones, se proponen seis fases a saber: caracterización de las emociones, definición de un modelo de emociones, estudio de variables fisiológicas, selección de herramientas de desarrollo, propuesta del módulo hardware-software, diseño del método para la inferencia de emociones, ver figura 1.

Figura 1.
Metodología para el diseño del sistema hardware-software
y método de inferencia



Fuente: Propia

En la fase A se realizó la definición de emoción y consideraciones importantes, con el fin de entender cuál es su funcionalidad en el ser humano y su relación con las propiedades afectivas de arousal y valence. En la fase B se propuso un modelo de emociones basado en las propiedades afectivas de arousal y valence,

con el propósito de clasificar de un modo más adecuado y fácil, cinco de las emociones fundamentales presente en las personas, como son: feliz, excitado, enojado, triste y relajado. En la fase C se analizan y explican las variables fisiológicas que permitieron el cálculo de las propiedades afectivas arousal y valence, necesarias para la determinación de los estados emocionales. En la fase D se describen las herramientas libres hardware-software usados para la captura y procesamiento de las variables fisiológicas. En la fase E se propone el diseño del sistema hardware-software abierto que va permitir la captura de variables fisiológicas e inferencia de emociones. En la fase F se expone el método matemático utilizado para la inferencia de emociones, el cual fue modelado a través de un diagrama de flujo que describe los pasos necesarios para la determinación de estados de ánimo en personas. Finalmente, en la fase G se presenta la validación del sistema hardware software, a través del uso del mismo en un sistema de recomendación de contenidos multimedia de video.

Propuesta del sistema hardware-software

A continuación, se presenta el desarrollo de cada una de las seis fases propuestas en la metodología, iniciando por la fase A (caracterización de las emociones) y culminando por la fase F (diseño del método para la inferencia de emociones).

Fase A. Caracterización de las emociones

La emoción es un conjunto complejo de interacciones entre los factores subjetivos y objetivos, mediadas por sistemas neurales-hormonales, que pueden dar lugar a experiencias afectivas, tales como sentimientos de excitación o arousal, placer/displacer y que conducen a un comportamiento que es a menudo, pero no siempre, expresivo, dirigidos hacia una meta, y adaptativos [21].

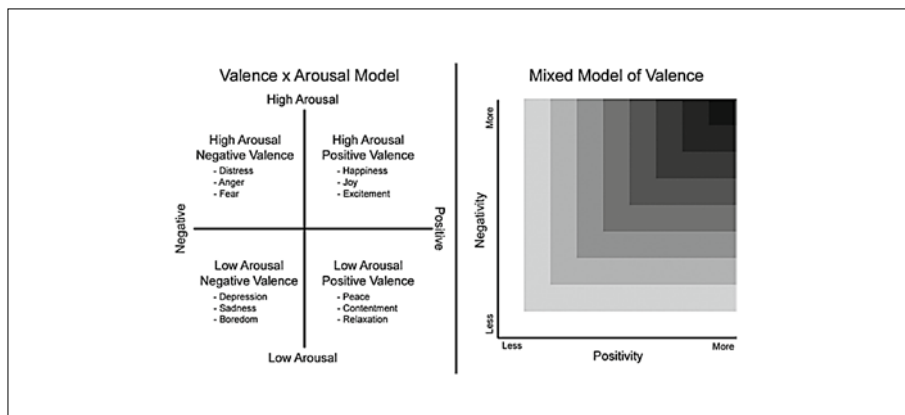
Las emociones pueden ser reducidas a un núcleo afectivo específico placer o displacer. Otros estudios sugieren modelos en dos dimensiones, tales como el modelo de arousal-valence, donde el arousal puede ser alto o bajo y la valence puede ser positiva o negativa pudiendo caracterizar cualquier emoción por sus coordenadas en un espacio de dos dimensiones (ver figura 2). Como ejemplo, la felicidad usualmente tiene valence positiva y arousal moderadamente alto, en cambio la tristeza tiene un arousal moderadamente bajo y valence negativa [22].

Fase B. Definición de un modelo de emociones

Una vez definido el concepto de emoción y los posibles modelos que ayudan en su caracterización, se optó por adecuar un modelo que permitiera simplificar

Figura 2.

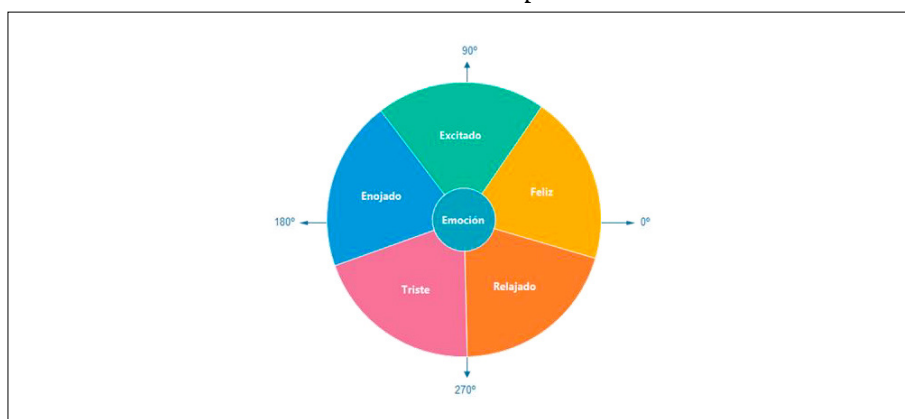
Modelos de emociones basados en arousal y valence, tomado de [22]



aún más la forma de determinar una emoción de acuerdo al arousal y valence. Para ello se consideró trabajar con el modelo arousal-valence, ya que es un buen marco de referencia que facilita su adaptación y aplicación a nuevos diseños, debido a su simplicidad de dos coordenadas para la identificación de la emoción y su uso en entornos de contenidos multimedia. El nuevo modelo que se plantea en esta sección es una adaptación de arousal-valence considerado en otros trabajos e investigaciones sobre el tema [22] [23] [24], y en el cual se estiman las cinco emociones fundamentales siguientes: feliz, excitado, enojado, triste y relajado (ver figura. 3).

Figura 3.

Modelo de arousal-valence adaptado a 5 emociones



Fuente: Propia

Cada una de las emociones descritas en la figura 3 tiene una amplitud de 72° , y el rango en el plano cartesiano para el que está determinado cada estado de ánimo, ver Tabla 1.

Tabla 1.
Estados de emoción según el rango de ángulos

Rango de ángulos	Emoción asociada
$< 54^\circ$ y $\geq 342^\circ$	Feliz
$\geq 54^\circ$ y $< 126^\circ$	Excitado
$\geq 126^\circ$ y $< 198^\circ$	Enojado
$\geq 198^\circ$ y $< 270^\circ$	Triste
$\geq 270^\circ$ y $< 342^\circ$	Relajado

Fuente: Propia

Fase C. Estudio de variables fisiológicas

Después de analizar el modelo de emociones basado en arousal y valence, es necesario establecer cuáles son las posibles señales fisiológicas que pueden ayudar en la obtención de estos parámetros emocionales en un usuario. De acuerdo a la revisión literaria e investigación en los trabajos relacionados, se pudo establecer que la medida de variabilidad de frecuencia cardíaca permite determinar niveles de estrés mental que se pueden asociar a estados de ánimo según el nivel de excitación arousal, además que la respuesta galvánica de la piel sirve para el cálculo del valor de intensidad del parámetro anterior. También se pudo analizar que señales electromiográficas ayudan en la determinación del nivel de positividad en las emociones, o lo que se refiere al parámetro de valence. Así, en el presente trabajo se incorporaron las señales fisiológicas de: frecuencia cardíaca, respuesta galvánica de la piel y la medida electromiográfica, como variables para inferir la emoción de usuario.

Una vez escogidas las medidas fisiológicas que posibilitan la inferencia de emociones, se deben definir los métodos o métricas para el análisis de las medidas y el cálculo de los parámetros emocionales. Para ello se optó por trabajar con medidas en el dominio del tiempo, las cuales facilitan los cálculos y procesamiento de los datos. A continuación, se describen diferentes métodos de análisis de medidas en el dominio del tiempo que fueron considerados para la determinación de niveles de estrés mental y el nivel de positividad de una emoción.

C.1 Métodos para análisis de la variabilidad de frecuencia cardíaca

Existen múltiples métodos estadísticos y matemáticos que sirven para analizar las medidas de variabilidad de frecuencia cardíaca en usuarios. A continuación,

se presentan los métodos que se consideraron más relevantes para la presente investigación (ver Tabla 2).

Tabla 2.

Medidas para análisis de la variabilidad de frecuencia cardíaca

Medida	Ecuación	Descripción
RMSSD	$= \sqrt{\text{media} \left[\left[\frac{RR_{i+1} - RR_i}{2} \right]^2 \right]}$	Es el valor RMS de los intervalos RR capturados. Mide la actividad de la cadena parasimpática en la regulación de la actividad cardíaca vagal [26].
pNN50	$= \frac{\left[\left \frac{RR_{i+1} - RR_i}{2} \right \right] * 100}{N - 1}$	Porcentaje de los intervalos RR consecutivos que discrepan en más de 50 ms entre sí. Es el índice de nivel de prevalencia de regulación del sistema parasimpática sobre el simpático (valor relativo) [26].
mRR	$= \frac{(\sum_{i=1}^N RR_i)}{N}$	Es el promedio los intervalos RR capturados [26].
SDNN	$= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (RR_i - mRR)^2}{N - 1}}$	Es la desviación estándar de los intervalos RR [26].

Se ha encontrado según la literatura relación entre las medidas estadísticas RMSSD y pNN50, con el nivel de estrés mental de una persona. De acuerdo a la Tabla 2, la primera medida corresponde al valor medio de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos RR sucesivos y la última es el porcentaje de los intervalos RR consecutivos que discrepan en más de 50 ms entre sí. Una manera de saber cuándo el usuario comienza aumentar su nivel de estrés mental, es observando cuando las métricas presentan un valor bajo de RMSSD y pNN50, mientras que, si el usuario comienza a relajarse dichas métricas se caracterizan por presentar valores altos (ver Tabla 3).

Tabla 3.

Resultados de medidas con RMSSD y nivel de estrés

Medida estadística		Nivel de estrés
RMSSD		
RMSSD		
pNN50		
pNN50		

Después de analizar cada uno de los métodos matemáticos para el análisis de la variabilidad de frecuencia cardíaca, surge el concepto de nivel de estrés mental, el cual es necesario definir y establecer su cálculo.

C.2 Índice de estrés mental

Al igual que ocurre con la emoción, no hay un común acuerdo para definir el estrés mental, pero una de las definiciones que existe es: “El estrés puede ser interpretado como una amenaza a la integridad psicológica de un individuo que da lugar a respuestas fisiológicas y/o de comportamiento”, [23]. Para el análisis del estrés mental es posible utilizar las medidas estadísticas de RMSDD, pNN50 y la ecuación (1) del índice de estrés (SI) propuesta por Bayevsky [24].

La ecuación de Bayevsky surge del trabajo desarrollado en la unión soviética en cuanto al análisis de la HRV para la medicina espacial. Esta fórmula se basa en métodos geométricos haciendo uso de la curva de distribución cardio-histograma dibujada a partir del estudio de las variaciones del pulso o ritmo cardíaco. Esta identifica características como: Mo (moda), Amo (Amplitud de la moda), M*DMn (rango de variación o varianza [25]).

$$= \frac{AMo}{2Mo * (M * DMn)}$$

Dónde Mo es la moda o el nivel presumible en el que se encuentra trabajando el sistema cardiovascular. Hace referencia al valor de RR que presenta el usuario con mayor regularidad en el conjunto de medidas analizado. Amo es la amplitud de la moda, en términos fisiológicos, es el índice nominal de actividad de la cadena de regulación simpática. Se refiere al porcentaje de los intervalos que corresponden con el valor de la moda en la muestra tomada. M*DMn es el rango de varianza, es la diferencia entre los valores máximos y mínimos de los cardio-intervalos, es mejor conocido como varianza. SI es el índice de estrés, o índice del sistema de regulación de tensión. Es el nivel de tensión de los sistemas de regulación (nivel de prevalencia de la actividad de regulación central por encima de los mecanismos autonómicos). En la Tabla 4, se pueden observar los rangos de índice de estrés que el usuario puede presentar, los cuales están asociados a tres estados de ánimo, tales como: estresado, relajado y normal.

A partir de lo anterior, se puede concluir que el índice de estrés permite asociarse a tres estados emocional como se observa en la Tabla 4. Además, se pueden establecer rangos del nivel de arousal de acuerdo a la relación que existe de esta con el nivel de excitación.

Tabla 4.
Rangos SI asociados a cada estado

Rango de SI	Estado asociado	Nivel de arousal
> 150	estresado	>0,5
≥ 40 y ≤ 150	normal	$\geq 0,14$ y $\leq 0,5$
< 40	relajado	<0,14

Fuente: Propia

C.3 Métodos para cálculo del nivel de positividad de una emoción

Según la literatura y estudios realizados se ha demostrado que es posible inferir el grado de positividad de una emoción según la actividad muscular en partes específicas del cuerpo humano, una de ellas es la cara [26], en la cual se concentran la mayoría de los sentidos nerviosos del ser humano; y los cuales pueden inferir o revelar el estado de ánimo de un usuario. Es por ello la necesidad de obtener mediciones del nivel de actividad muscular, el cual va a servir para determinar el nivel de positividad en las emociones. Las señales electromiográficas pueden ayudar en esta tarea, ya que miden el grado de actividad muscular y células nerviosas en el ser humano, además es necesario estimar la captura de la señal eléctrica de solo 2 de los músculos faciales, que según la literatura se activan cuando sobre el usuario surge una emoción positiva o por el contrario una con valence negativa. Los músculos faciales en los cuales se enfoca la captura de la señal son el corrugator supercilli y el zygomaticus mayor, el primero se activa por lo general cuando el usuario realiza expresiones provocadas por emociones negativas como fruncir el ceño cuando se está enojado. Mientras que el segundo se asocia a emociones positivas como la felicidad, ya que su activación ocurre cuando la persona presenta el reflejo muscular de sonreír [27]. Así, se puede establecer valores del parámetro valence, si se analiza cuál de los dos músculos en la cara presenta mayor actividad muscular y se hace una relación matemática para determinar valores de valence.

Para ello es necesario estimar un método matemático que ayude a determinar el musculo que presenta mayor actividad muscular, una solución es realizar una regresión lineal con los datos capturados de cada músculo y observar el de mayor pendiente y variación en sus datos, ya que se puede evaluar su comportamiento como una línea recta a medida que transcurre el tiempo. En la (2) se presenta la ecuación que modela el comportamiento de datos como una línea recta.

$$Y = a + bX \quad (2)$$

Donde Y es la variable dependiente, en este caso sería cada uno de los valores electromiográficos; X es la variable independiente, cada uno de los valores incrementales en el tiempo; a es la ordenada al origen del modelo (punto de corte con el eje Y); b es la pendiente, que puede interpretarse como el incremento de la variable dependiente por cada incremento en una unidad de la variable independiente.

Una vez presentados los métodos de Bayevsky y regresión lineal, los cuales permiten calcular un nivel de estrés mental que se puede asociar a un valor de arousal, y el método de regresión lineal que permite el cálculo del nivel de positividad de una emoción o lo que se refiere a un valor de valence en un usuario, se procede a mencionar las herramientas de desarrollo que van a permitir la captura de las señales fisiológicas.

Fase D. Selección de herramientas de desarrollo

Las herramientas de desarrollo como (sensores, tarjeta arduino, lenguajes de programación, entre otros) utilizados en la investigación realizada son de hardware libre, debido que permiten el uso de varios sensores, son útiles para la implementación de servicios web y tienen facilidad para generar desarrollos de alto nivel. Como se mencionó anteriormente, uno de los aportes de este trabajo es un sistema hardware-software abierto para la captura de señales fisiológicas, de acuerdo a la literatura e investigación realizada se optó por trabajar con las señales de VFC, GSR y EMG, las cuales posibilitan la obtención del estado de ánimo asociado a un nivel de estrés mental. En la actualidad existen un gran número de dispositivos que permiten la captura de las variables fisiológicas, los cuales se han venido utilizando en su mayor parte por deportistas y grupos científicos en los últimos años. Para el caso del sistema hardware-software propuesto, se determinó trabajar con los sensores: Pulse sensor cardíaco-arduino, Galvanic Skin Response sensor y MyoWare sensor, los cuales son sensores de hardware libre que permiten su libre uso (ver Tabla 5).

Además de lo anterior, se utilizó la tarjeta Arduino Yún encargada de interconectar los sensores con el usuario, debido a que permite la captura y procesamiento de las medidas en línea, puesto que esta tarjeta brinda la capacidad de conectar varios sensores a Internet por medio de su módulo Wifi para la web.

Fase E. Propuesta del sistema hardware-software

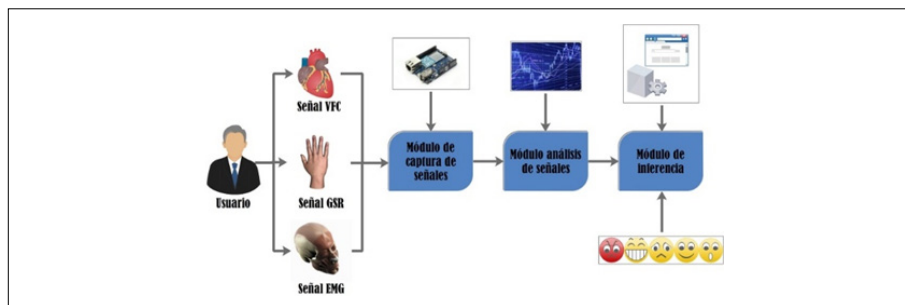
El diseño del sistema hardware-software abierto se compone de tres bloques funcionales: módulo de captura de señales, módulo análisis de señales y módulo de inferencia (ver figura. 4).

Tabla 5.
Sensores utilizados en la toma de señales fisiológicas

Dispositivo Sensor	Descripción
Sensor de pulso cardíaco	El pulso sensor para Arduino es un sensor que permite la medición de la señal de frecuencia cardíaca (FC) y su variabilidad (VFC). Los anteriores datos sirven para el cálculo de un índice de estrés mental. 
Sensor de respuesta galvánica de la piel	El grove sensor (GSR) para Arduino es un sensor que mide la conductancia eléctrica de la piel, la cual varía de acuerdo al nivel de humedad. Esta medida se usa en el cálculo del valor de intensidad emocional arousal con ayuda de la medida de índice de estrés mental. 
Sensor Electromiográfico	El MyoWare sensor (EMG) permite medir la actividad eléctrica de los músculos y células nerviosas. Esta medida se usó en el cálculo del valor de positividad emocional valence. 

Fuente: Propia

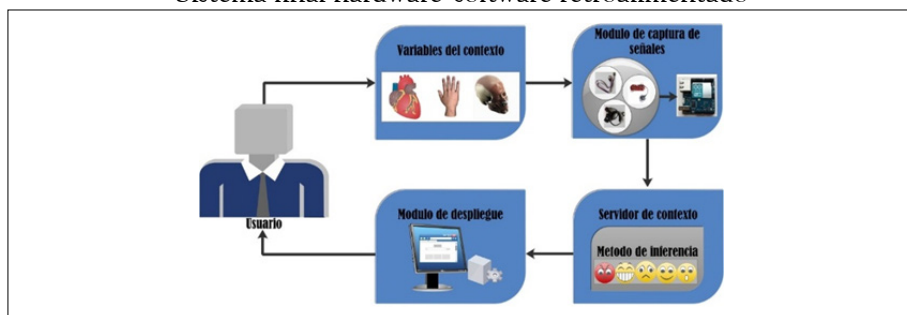
Figura 4.
Sistema hardware-software propuesto



Fuente: Propia

Inicialmente el módulo de captura de señales obtiene cada uno de los datos de las variables: VFC, GSR y EMG a través de los sensores conectados a la tarjeta Arduino Yún, y se las envía al módulo de análisis el cual se encarga de obtener los niveles de estrés mental y el nivel de positividad de la emoción, y asociarlos a un estado de ánimo. Posteriormente el módulo de inferencia se encarga de registrar los valores de estrés mental, arousal, valence y estado de ánimo en una base de datos y proporcionarlos al usuario en tiempo real a través de una aplicación web. En la figura 5 se presenta el sistema hardware-software final, donde se considera el módulo de despliegue que hace referencia a la interfaz web que se va a implementar para validar el sistema y se observa la retroalimentación de las variables fisiológicas de usuario.

Figura 5.
Sistema final hardware-software retroalimentado



Fuente: Propia

Fase F. Diseño del método para la inferencia de emociones

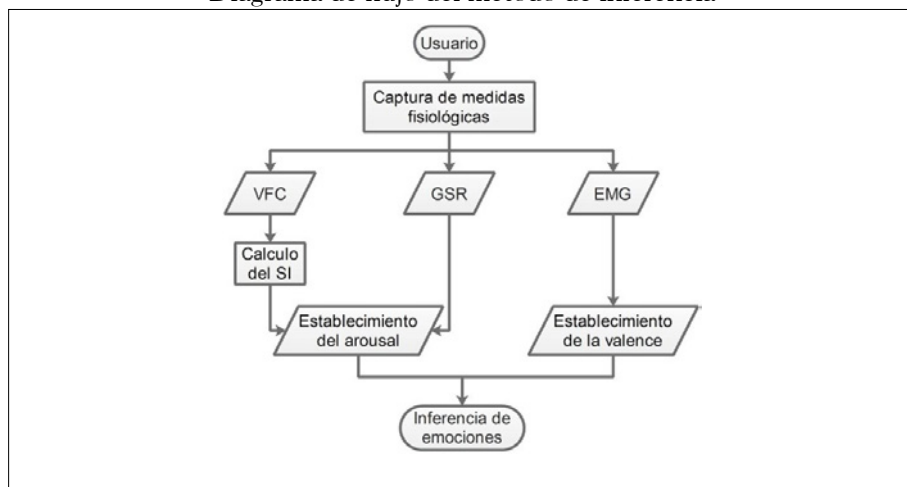
De acuerdo a los anteriores métodos y herramientas expuestas, las cuales proveen la información teórica y matemática para el manejo y análisis de las variables fisiológicas, y que permiten plantar las bases para la construcción del sistema hardware-software, en la figura 6 se presenta un diagrama de flujo que modela el algoritmo para la inferencia de emociones, el cual se desarrolló en el lenguaje de programación Python, debido a sus grandes potencialidades en el procesamiento de datos.

Inicialmente se capturan las medidas fisiológicas del usuario a través de los sensores mencionados en la fase D, luego se lleva a cabo dos procesos con las medidas obtenidas de cada sensor, uno de estos consiste en calcular el índice de estrés mental con los datos de la VFC, posteriormente se establece el valor del arousal de acuerdo al cálculo del nivel de estrés mental, y de excitación obtenido por medio de la señal de GSR; paralelo a ello, se calcula el nivel de positividad

de la emoción que permite establecer la valence, de acuerdo a la estimulación de los músculos faciales (corrugator supercilli y el zygomaticus mayor). Una vez determinado los valores de arousal y valence, se procede a inferir la emoción de usuario, de acuerdo al modelo de emociones propuesto en la fase B.

Figura 6.

Diagrama de flujo del método de inferencia

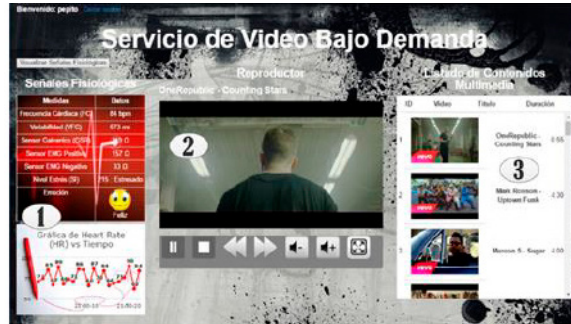


Fuente: Propia

Fase G. Validación sistema hardware-software

A partir del sistema hardware software propuesto en la fase F, se implementó a modo de validación, un sistema de recomendación asociado a un servicio de video bajo demanda (VoD) de contenidos multimedia emocionales (ver figura 7). El objetivo del sistema de recomendación es agilizar el acceso a los contenidos multimedia, teniendo en cuenta el seguimiento continuo a variables fisiológicas tales como: la variabilidad de frecuencia cardíaca (VFC o HRV, Heart Rate Variability), la respuesta galvánica de la piel (RGP o GSR, Galvanic Skin Response), y señales electromiográficas (EMG, Electromyographic). Estas variables fueron usadas para establecer niveles de estrés mental y de positividad emocional, que pueden relacionarse con los estados de ánimo de un usuario, permitiendo caracterizar de manera más adecuada su perfil. Los contenidos multimedia recomendados por el sistema de recomendación fueron previamente clasificados a partir de las propiedades musicales de arousal y valence. De este modo es posible relacionar los contenidos multimedia con la percepción emocional de un usuario a partir del seguimiento de las variables fisiológicas.

Figura 7.
Servicio de video bajo demanda



Fuente: Propia

En la figura 7 se muestra el prototipo del servicio VoD implementado, en el cual en “1” se presenta el seguimiento en tiempo real de las variables fisiológicas del usuario (VFC, GSR y EMG) y la emoción inferida a partir del análisis de dichas variables. En “2” se muestra el componente de video que despliega el contenido que el usuario está reproduciendo actualmente. En “3” se puede apreciar el listado de recomendaciones generadas en tiempo real a partir de la emoción inferida mediante las variables fisiológicas.

Conclusiones y trabajos futuros

El sistema hardware-software aporta una solución al problema de personalización de servicios inteligentes que interactúen con el mundo real de forma inteligente y natural, para ello considera entre sus componentes el uso de dispositivos wearables abiertos para el reconocimiento de emociones del usuario a través de la captura de las señales fisiológicas en tiempo real.

El sistema hardware-software al igual que el método de inferencia desarrollado, presentan las ventajas de ser flexible y de hacer uso de tecnologías libres para su funcionamiento, lo que contribuye para su utilización en proyectos y servicios futuros relacionados con las TIC y la salud.

Variables del contexto de usuario tales como las señales fisiológicas, permiten evaluar el comportamiento de un individuo o inferir emociones a partir del funcionamiento de su organismo, brindando información que haga posible determinar patrones de comportamiento de la persona.

Las variables VFC, RGP y EMG son fundamental del sistema construido, ya que permiten el cálculo del índice de estrés, establecer el nivel de arousal de

entrada del usuario y calcular del nivel de positividad de la emoción a través de la valence, para finalmente determinar la emoción del usuario a través del modelo de 5 emociones diseñado (Fase B).

A modo de trabajo futuro, se pretende vincular al sistema hardware-software otro tipo de variables fisiológicas, tales como la voz, el movimiento de las extremidades, entre otras. Esto con el fin de retroalimentar el módulo de inferencia de emociones del sistema propuesto.

Referencias

- [1] Gartner, Inc., «Gartner Says 6.4 Billion Connected “Things” Will Be in Use in 2016, Up 30 Percent From 2015, » Gartner, 10 Noviembre 2015. [En línea]. Available: <http://www.gartner.com/newsroom/id/3165317>. [Último acceso: 10 Junio 2016].
- [2] Cisco IBSG, The Internet of Things How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything, Cisco, 2011.
- [3] R. Buyya y A. V. Dastjerdi, Internet of Things: Principles and Paradigms, Elsevier, 2016.
- [4] C. Hongki, E. D. S. K. Service Stand. Res. Team, L. Wonsuk y J. Jonghong, «Standardization strategy for the Internet of wearable things, » de Information and Communication Technology Convergence (ICTC), 2015 International Conference on, Jeju, 2015.
- [5] K. Rose, S. Eldridge y L. Chapin, The Internet of Things (IoT): An Overview, The Internet Society, 2015.
- [6] T. Pilioura y A. Tsalgatidou, «E-Services: Tecnología actual y problemas abiertos,» de En: Casati F., Shan MC., Georgakopoulos D. (eds) Tecnologías para E-Services. TES 2001. Notas de la conferencia en Ciencias de la computación, Berlín, 2001.
- [7] S. C. Mukhopadhyay y A. Nag, Wearable Electronics Sensors, Palmerston North: Springer, 2015.
- [8] R. Kannan, R. U. Rasool, H. Jin y S. Balasundaram, Managing and Processing Big Data in Cloud Computing, Hershey: IGI Global, 2016.
- [9] G. Adomavicius y A. Tuzhilin, «Context-Aware Recommender Systems, » de Proceedings of the 2008 ACM conference on Recommender systems, New York, USA, 2008.
- [10] M. N. Moreno y e. al., «Web mining based framework for solving usual problems in recommender systems. A case study for movies' recommendation, » Neurocomputing, 2015.
- [11] G. González, B. López y J. L. De la Rosa, «Managing Emotions in Smart User Models for Recommender Systems, » Institut d'Informàtica i Aplicacions, Universitat de Girona, Girona, Spain, 2004.

- [12] T. Sharma y B. Kapoor, «Intelligent data analysis algorithms on biofeedback signals for estimating emotions, » de International Conference on Reliability, Optimization and Information Technology, Baddi, India, 2014.
- [13] K. Patil, M. Singh, G. Singh, Anjali y N. Sharma, «Mental stress evaluation using heart rate variability analysis: A Review, » International Journal Of Public Mental Health And Neurosciences, vol. 2, nº 2394-4668, 2015.
- [14] R. G.-O. Jongyoon Choi, «Using Heart Rate Monitors to Detect Mental Stress, » de Wearable and Implantable Body Sensor Networks, Berkeley, CA, 2009.
- [15] R. A. H. Mohana S.R., «Remote monitoring of heart rate and music to tune the heart rate, » de Communication Technologies (GCCT), Thuckalay, 2015.
- [16] A. A. Salah y T. Gevers, Computer Analysis of Human Behavior, Springer-Verlag London, 2011.
- [17] A. Honeycutt y M. E. Milliken, Understanding Human Behavior: A Guide for Health Care Providers, Delmar Cengage Learning, 2012.
- [18] A. A. Salah, B. J. Kröse y D. J. Cook, «Human Behavior Understanding, » de 6th International Workshop, HBU 2015, Osaka, Japan, September 8, 2015, Proceedings, Osaka, 2015.
- [19] J. E. Hall, Tratado de fisiología médica, Barcelona: ELSEVIER, 2011.
- [20] K. M. Heilman, «The neurobiology of emotional experience, » Journal of Neuropsychiatry, pp. 439-448, 1997.
- [21] P. Kleinginna y A. Kleinginna, «A Categorized List of Emotion Definitions, with Suggestions for a Consensual Definition, » de Motivation and Emotion, Georgia, Plenum Publishing Corporation, 1981, pp. 345-379.
- [22] M. Jones y R. Fay, Music Perception, Ohio: Springer, 2010.
- [23] Y. Yang y H. Chen, Music Emotion Recognition, Taiwan: CRC Press, 2011.
- [24] J. Posner y J. Russell, «The circumplex model of affect: An integrative approach to affective neuroscience, cognitive development, and psychopathology, » de Dev Psychopathol, New York, NIH, 2005, p. 715–734.
- [25] O. Meyers, A Mood-Based Music Classification and Exploration System, Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 2004.
- [26] R. M. Bayevsky, G. G. Ivanov, L. V. Chireykin y e. al, «HRV analysis under the usage of different electrocardiography systems (Methodical recommendations),» de Committee of New Medical Techniques of Ministry of Health of Russia, Moscow, 2002.
- [27] C. Kappeler-Setz, Multimodal Emotion and Stress Recognition, Zurich: ETH ZURICH, 2012.

Modelo para la gestión tecnológica en nube aplicable a instituciones de educación superior en Colombia

Juan Pablo Giraldo Rendón, José Julián Carvajal Vargas¹²

Abstract

This document aims to present an alternative to facilitate institutions of higher education, make the transition to the management of data and information in the cloud. This way is an application and adaptation of the technological management models, and their corresponding life cycle, of the way in which the component is understood as an unfinished and permanently changing component, which is ship with the organizational transformations.

Keywords: technological government, technological administration, cloud computing, integration models.

Introducción

El desarrollo acelerado de la tecnología y sus componentes asociados plantean retos para las organizaciones de todo tipo, en particular para las instituciones educativas, quienes tienen la obligación de estar a la vanguardia y proyectarse

12. Facultad de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Manizales. Manizales, Colombia. Correos electrónicos: jpgiraldo@umanizales.edu.co, jucarva@umanizales.edu.co

al mundo. Uno de los retos a los cuales se enfrenta es los procesos de implantación y gestión interna, la operacionalización y mejora, en un proceso de transformación entre los estados 1.0 (uno punto cero) a 4.0 (cuatro punto cero), tránsito que exige la transformación interna directamente apoyados en las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación), mediante estrategias de apoyo a la gestión tecnológica.

El documento presenta brevemente conceptos asociados a la gestión y gobierno tecnológico modelos de aplicación en instituciones educativas y un aporte particular de ellos a la construcción de estrategias para iniciar o incentivar estos estadios de transformación interna orientados a la nube.

Conceptualización

Modelo de Gestión Tecnológica en IES

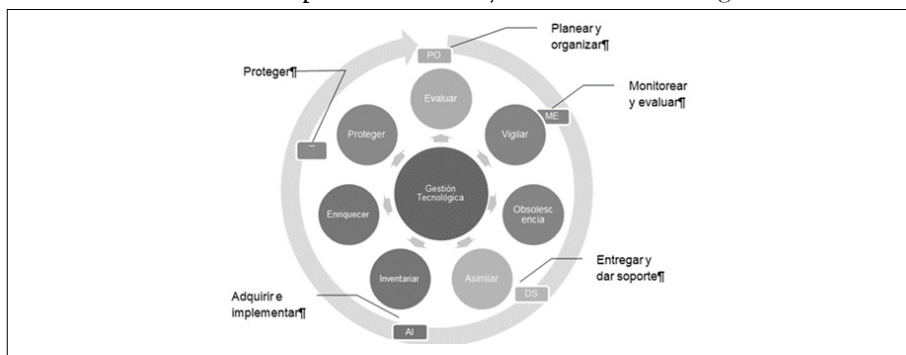
Usando las definiciones de ISACA [1], en donde segmenta y separa la gestión y gobierno tecnológico así: La gestión tecnológica como una responsabilidad interna de las dependencias de TI y centrada en las tecnologías, el gobierno tecnológico como un componente de la cultura organizacional, y con base en el documento de CobIT en su versión 4.1 [2] se define el modelo, de manera coordinada entre las definiciones y los cuatro dominios:

- Planear y organizar (PO) – Proporciona dirección para la entrega de soluciones (AI) y la entrega de servicio (DS).
- Adquirir e implementar (AI) – Proporciona las soluciones y las pasa para convertirlas en servicios.
- Entregar y dar soporte (DS) – Recibe las soluciones y las hace utilizables por los usuarios finales.
- Monitorear y evaluar (ME) -Monitorear todos los procesos para asegurar que se sigue la dirección provista.

A este modelo es necesario ingresarle un elemento adicional el dominio de la protección, encargado de las condiciones de desarrollo de productos y resultados propios o compras aunadas al modelo de desarrollo tecnológico [3].

En la figura 1 el círculo exterior es la capa de coordinación dada por el gobierno tecnológico y la parte interna corresponde a la gestión tecnológica detallada. Las interrelaciones, sin ser pasos secuenciales, se describen así:

Figura 1.
Ecosistemas para la Gestión y Gobierno Tecnológico



Planear y organizar (PO)

Cubre las estrategias y las tácticas, y tienen que ver con identificar la manera en que las tecnologías contribuyen al logro de los objetivos de las instituciones.

Evaluar

Determinar la competitividad y el potencial tecnológico propio, estudiar posibles estrategias de innovación e identificar posibilidades de alianzas tecnológicas, además de un impacto financiero que este genere desde el inicio hasta el resultado final de aplicación e implantación [4].

Adquirir e implementar (AI)

Para llevar a cabo la(s) estrategias tecnológicas y soluciones (programas, proyectos, planes) necesitan ser identificados, desarrollados o adquiridos, así como implementados e integrados en los procesos de la institución [5].

Enriquecer

En esta etapa se trata de hacer el traslado o transformación a otros estados viables en el ejercicio de la gestión tecnológica, las cuales se pueden enumerar así:

- Diseñar estrategias de investigación y desarrollo.
- Priorizar tecnologías emergentes, clave y periféricas.
- Definir una estrategia de adquisición de equipo y tecnologías externas.
- Definición de proyectos conjuntos o alianzas.
- Determinar estrategia de financiamiento a proyectos [6]

Inventariar

Consiste en recopilar tecnologías disponibles y al servicio de la institución, lo cual implica conocer y reconocer las **tecnologías** utilizadas y dominantes que constituyen su patrimonio tecnológico.

Entregar y dar soporte (DS)

Cubre la entrega de productos o servicios, incluye la prestación y soporte del servicio, la administración de la seguridad, la continuidad, la administración de los datos y de las instalaciones operativas [7].

Asimilar

Acciones de implantación y puesta a punto del potencial tecnológico mediante estrategias como:

- Programas de capacitación y entrenamiento.
- Documentación de tecnologías de la empresa.
- Desarrollo de aplicaciones derivadas de tecnologías genéricas.
- Gestión eficiente de recursos.

El caso particular permite gestionar de manera detallada procesos de implementación e implantación.

Monitorear y evaluar (ME)

Todos los procesos de gestión tecnológica y los proyectos que los acompañan deben evaluarse de forma regular en el tiempo, en cuanto a su calidad, y cumplimiento de los requerimientos de control [8].

Vigilar

Significa estar alerta sobre la evolución de nuevas tecnologías, sistematizar las fuentes de información por las cuales la institución se nutre de elementos tecnológicos, vigilar la(s) tecnología(s) más difundidas en el sector donde se desempeña la entidad [8].

Obsolescencia

Esta se presenta en cualquier parte del ciclo de vida tecnológico, dado que las condiciones de las instituciones obligan a modificar rápidamente las condiciones de desarrollo tecnológico gracias a los procesos de I + D + i [9].

Proteger

Por último, resta proteger la tecnología a través de una política de operacionalización, política ambiental y de sostenibilidad [10].

Modelo de Gestión y Gobierno Aplicado

Para el caso particular se proyecta la aplicación de los sentidos y significados de los componentes de Gestión y Gobierno Tecnológico aplicados a la Nube y directamente a Instituciones de Educación Superior, la cual se desarrolla a través de la tabla 1.

Ellas combinadas proveen un camino de aplicación que sirva como modelo para la gestión en la nube y pueda ser incluida en las estrategias y planes de desarrollo y acción de las unidades de gestión y gobierno tecnológico en las instituciones como lo establece [11].

Tabla 2.
Aplicación de la Gestión y Gobierno Tecnológico a la NUBE

Componente gobierno tecnológico	Componente gestión tecnológica	Aplicación a la nube
Planear y Organizar (PO)	Evaluar	Identificar las posibilidades de saltar a la nube y que planear y los posibles proveedores.
Adquirir e implementar (AI)	Enriquecer	Diseñar estrategias para el desarrollo en la nube Definir estrategias de contratación y adquisición de servicios Definir proyectos que permiten orientar el tipo de nube deseada Definir condiciones de financiamiento
	Inventariar	Determinar tecnologías de la institución, los objetivos deseados al transitar a la Nube. Considerar datos públicos y datos abiertos.
Entregar y dar soporte (DS)	Asimilar	Capacitación. Gestión documental Condiciones y estándares para disponibilidad y tenencia de componentes en nube Evaluar eficiencia y efectividad tecnológica con la ofertada en nube
Monitorear y evaluar (ME)	Vigilar	Valorar el estado y retroalimentación por parte de los actores. Valorar la gestión administrativa y resultados de los componentes puestos en nube.
	Obsolescencia	Con base en el ciclo de vida, valorar: Actualizaciones, nuevos componentes, crecimiento, y <i>stakeholders</i> .
Proteger	Licencias	Determinar licenciamiento de los componentes en nube, con base en las normativas de cada país.

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

En el recorrido de las motivaciones y desarrollo en la nube se reconocen esfuerzos por parte de entidades reconocidas internacionalmente y por diferentes países, estos esfuerzos creados por grupos de trabajo en muchas ocasiones no son reflejados o implementados.

Los modelos de aplicación no son camisas de fuerza, es una guía base que permite a líderes de unidades y departamentos proyectar ideas para el mejoramiento, de manera que estas se adapten a las formas de operación internas.

Si bien el modelo planteado es una propuesta, se considera el valor al ser posiblemente incluido en estrategias y planes de desarrollo y acción.

El valor del modelo se aprecia al permite a los líderes de TI o la unidad que haga sus veces, orientar de manera detallada acciones para implantación de tecnologías en nube.

Referencias

- [1] NIST - National Institute of Standards and Technology. (2010, Noviembre) NIST - Project & Programs. [Online]. <https://www.nist.gov/programs-projects/cloud-computing>
- [2] Luis JOYANES, Computación en Nube - Estrategias digitales en las empresas. México: Alfa Omega, 2012.
- [3] Pablo GUNDIN, "Evaluación de servicio de validación de certificados digitales como servicio de comutación en nube," Madrid, 2014.
- [4] NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. (2011, Noviembre) NIST Documents. [Online]. https://www.nist.gov/sites/default/files/documents/itl/cloud/SP_500_293_volumeI-2.pdf
- [5] Álvaro MARCHESI. (2009, Abril) <http://www.scielo.org.ar>. [Online]. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-00132009000100007
- [6] KOTELNIKOV Vadim, Small and medium enterprises and ICT.: United Nations, 2007.
- [7] Mario PIATTINI and Fernando HERVADA, Gobierno de las tecnologías y los sistemas de información. México DF: Rama, 2007.
- [8] ISACA. (2012) WEB del ISACA. [Online]. <http://www.isaca.org/COBIT/Documents/COBIT5-Framework-Spanish.pdf>
- [9] Juan Pablo GIRALDO RENDON, Metamodelo para la implantación del proyecto Gobierno en Línea, en la República de Colombia, Noviembre 2015.
- [10] Julián PAVÓN and Antonio HIDALGO, Gestión e innovación. Un enfoque estratégico. Madrid: Piramide, 1997.
- [11] Pedro CERECER. (2017, Abril) El camino correcto para la nube híbrida. [Online]. <http://virtualeduca.org/magazine/camino-correcto-la-nube-hibrida/> x

Explorando mecanismos de sensado de posición en aplicaciones educativas móviles

Cecilia Challiol¹³

Alejandra B. Lliteras, Silvia E. Gordillo¹⁴

Abstract

En este trabajo se presenta la exploración de dos mecanismos de sensado de posición, como son los códigos QR y beacons, en Actividades Educativas Posicionadas dentro de espacios cerrados reducidos, en particular, un aula (o salón). Se analizan aquellas características aprendidas en relación al comportamiento de estos mecanismos al ser usados en espacios cerrados reducidos, donde los lugares relevantes para brindar contenido educativo están muy próximos entre sí. Se espera que la exploración presentada sobre estos mecanismos genere un espacio de discusión que aporte no solo al diseño y construcción de este tipo de aplicaciones, sino también a las herramientas de autor destinadas a la generación de este tipo de aplicaciones.

Keywords: Aplicaciones Educativas Móviles basadas en Posicionamiento; Mecanismos de sensado; códigos QR; beacons; contenido educativo; Aprendizaje Móvil; HCI

13. UNLP, Facultad de Informática, LIFIA. La Plata, Buenos Aires, Argentina y CONICET. Correo electrónico: ceciliac@lifia.info.unlp.edu.ar

14. UNLP, Facultad de Informática, LIFIA. La Plata, Buenos Aires, Argentina y CICPBA. Correos electrónicos: lliteras@lifia.info.unlp.edu.ar, gordillo@lifia.info.unlp.edu.ar

Introducción

Los avances tecnológicos han permitido el constante crecimiento de las aplicaciones móviles [1]. Un tipo particular de aplicación móvil es aquel que considera la posición del usuario para brindar contenido, información o servicios, este tipo de aplicación se denomina: Aplicación Móvil basada en Posicionamiento. Según [2] este tipo de aplicaciones se puede clasificar en: tour guiados, aplicaciones o herramientas educativas, narrativas sensibles a la posición o juegos sensibles a la posición. Sin embargo, muchas veces las narrativas o juegos también se combinan como parte de aplicaciones o herramientas educativas. En [2], se describen distintos patrones para estructurar el contenido de estas aplicaciones, haciendo que las mismas propongan interacciones completamente diferentes a los usuarios.

En las aplicaciones móviles basadas en posicionamiento, se definen lugares relevantes dentro del espacio físico donde se brinda al usuario algún tipo de interacción [3]. En particular, en las Aplicaciones Educativas Móviles basadas en Posicionamiento, en estos lugares relevantes, los alumnos reciben en su dispositivo móvil contenido educativo, por ejemplo, una consigna [3]. Asociado a este tipo de aplicaciones se tienen los mecanismos de sensado involucrados, los cuales permiten determinar la posición actual de los alumnos, y en el caso que corresponda, brindar el contenido educativo asociado a la posición sensada.

Los mecanismos de sensado se pueden clasificar, por ejemplo, en directos o indirectos [4], según requieran algún tipo de interacción explícita por parte de los usuarios o no. Los mecanismos directos no requieren ninguna interacción por parte del usuario, por ejemplo, el GPS; contrario a los mecanismos indirectos, los cuales requieren que el usuario interactúe de alguna forma, como es el caso de los códigos QR [5], donde el usuario tiene que leer explícitamente el código. Por otro lado, acorde a [5] los datos contextuales, incluida la posición del usuario, pueden obtenerse de diferente manera: sensores físicos (por ejemplo, GPS, lector de códigos QR), sensores digitales (por ejemplo, información del calendario del dispositivo móvil), redes sociales o ser ingresada manualmente por parte del usuario. Se puede notar que algunas de estas formas de obtener los datos contextuales son directas mientras que otras son indirectas (requieren intervención del usuario).

El objetivo de este trabajo es presentar la exploración de dos mecanismos de sensado de posición particulares, como son los códigos QR y beacons [6] (los cuales usan bluetooth de bajo consumo - BLE), en Actividades Educativas Posicionadas a realizarse dentro de espacios cerrados reducidos, en particular, un

aula (o salón). Es decir, estas actividades se realizan completamente dentro de un aula, esto genera que los lugares relevantes para brindar contenido educativo puedan estar, debido al poco espacio, muy próximos entre sí. Estas actividades, son brindadas mediante Aplicaciones Educativas Móviles basadas en Posicionamiento. En este trabajo se analizan aquellas características aprendidas de esta exploración esperando que sirva para generar un espacio de discusión que aporte no solo al diseño y construcción de este tipo de aplicaciones, sino también a las herramientas de autor destinadas a la generación de este tipo de aplicaciones.

Para el caso de los códigos QR (mecanismo de sensado indirecto), esta exploración se llevó a cabo con la puesta en práctica de una Aplicación Educativa Móvil basada en Posicionamiento con alumnos de entre 7 y 11 años, en el marco de experiencias dentro de escuelas primarias y con tareas educativas que refieren a contenidos curriculares previamente introducidos a los alumnos por sus docentes. Mientras que para la exploración de los beacons (mecanismo de sensado directo), se realizó un prototipo funcional en el proyecto “Actividades Educativas Posicionadas” (dentro del marco de “Proyectos de Desarrollo de Aplicaciones e Innovación con Alumnos 2017” de la Facultad de Informática de la UNLP, Argentina). Este prototipo funcional fue probado sistemáticamente por alumnos, de la facultad, participantes de este proyecto. En particular, en este trabajo se presenta como estos dos mecanismos de sensado se comportan al ser usados en un espacio cerrado reducido, como es un aula.

Este trabajo se estructura de la siguiente manera. En la Sección 2 se presentan diferentes trabajos relacionados a la temática. En la Sección 3 se describe la exploración realizada de los dos mecanismos de sensado en Actividades Educativas Posicionadas dentro de espacios cerrados reducidos. Un espacio de discusión relacionado a la exploración realizada se presenta en la Sección 4. Las conclusiones y los trabajos futuros se presentan en la Sección 5.

Trabajos relacionados

La masificación del GPS ha permitido que surgieran Aplicaciones Educativas Móviles basadas en Posicionamiento destinadas a espacios outdoors, por ejemplo, en el dominio de las ciencias naturales, algunas aplicaciones de este tipo son descriptas en [6]. En [7] se analiza el uso de una aplicación de realidad aumentada donde las posiciones son determinadas mediante símbolos impresos y marcadores naturales. Los autores mencionan las problemáticas de cada uno de estos mecanismos, por ejemplo, como la luz solar afectaba poder detectar los marcadores naturales. Otra aplicación de realidad aumentada es presentada en

[8] pero en el dominio de un museo, en este caso, las posiciones son determinadas mediante el uso de beacons, los cuales están estratégicamente posicionados en lugares relevantes del museo. Cuando la aplicación detecta que el usuario está cerca de un determinado beacon, recibe información de realidad aumentada relacionada a dicho lugar.

En [8] se muestra la puesta en práctica de Aplicaciones Educativas Móviles basadas en Posicionamiento en espacios indoor (cerrados) y outdoor (al aire libre). Estas aplicaciones usan para espacios outdoor mapas de Google Map [8] y como mecanismo de sensado GPS, mientras que para los espacios indoor usan imágenes estáticas y las indicaciones de la posición (en estos espacios) son indicadas manualmente por los alumnos.

Se puede apreciar cómo se pueden usar, en las Aplicaciones Educativas Móviles basadas en Posicionamiento, diferentes tipos de mecanismos de sensado para determinar la posición del alumno, algunos directos y otros indirectos. De hecho, estas aplicaciones podrían evolucionar y cambiar sus mecanismos de sensado, y dependiendo de cómo las mismas fueron diseñadas inicialmente, esto impactar mínimamente como se menciona en [8].

La participación de los docentes es fundamental en el diseño y creación de Aplicaciones Educativas Móviles basadas en Posicionamiento. En [9] se identifican cuatro etapas relacionadas a las Aplicaciones Educativas Móviles basadas en Posicionamiento: diseño conceptual, ciclo de desarrollo, puesta en práctica del desarrollo y evaluación de la puesta en práctica. En [10], también se propone un framework conceptual para el co-diseño de este tipo de aplicaciones, focalizándose particularmente en el reuso tanto del contenido educativo como de las posiciones relevantes. En [10] se propone diseñar estas aplicaciones usando la metáfora de rompecabezas usada en el área de Interacción Humano-Computadora (IHC) para contextos desconocidos. Las piezas que se construyen luego son pasadas a archivos XMLs para generar aplicaciones funcionales. En [11] se muestra el uso de esta metáfora y la puesta en práctica de aplicaciones generadas con la misma.

Lograr que los docentes tengan total control del diseño y creación de este tipo de aplicaciones, requiere contar con herramientas de autor que los ayuden a integrar los mecanismos de sensado de posición, sin requerir conocimiento técnico de los mismos. Por ejemplo, en [11] se provee una herramienta de autor que contiene un catálogo de beacons, facilitando que los docentes puedan asociarle contenido educativo a los mismos.

En [10] se propone SituAR, una plataforma para crear contenido de realidad aumentada, los usuarios son creadores de sus propias historias y no requieren conocimientos de programación para generar las mismas. Esta plataforma provee posicionamiento por GPS transparente para los usuarios.

En [10] se presenta SmartZoos, una herramienta de autor que permite diseñar contenido, los cuales se definen como módulos de recursos educativos abiertos y son reusables. Luego, estos recursos se combinan con posiciones GPS para generar aplicaciones.

Una herramienta de autor de construcción in-situ indoor-outdoor para Aplicaciones Educativas Móviles basadas en Posicionamiento es presentada en [11]. Esta herramienta define el contenido educativo y las posiciones de manera desacoplada acorde a lo propuesto en [11], esta información es exportada en archivos XMLs para generar, a partir de estos archivos, aplicaciones funcionales. Los mecanismos de sensado usados por la herramienta definida en [12] son GPS y códigos QR.

Se puede apreciar como estas herramientas de autor se focalizan en algunos tipos de mecanismos de sensado. Esto se debe a que para poder lograr herramientas de este tipo se requiere haber explorado el uso de los mecanismos de sensado lo suficiente, para luego generalizarlos y plasmarlos en herramientas que no requieran ningún tipo de experticia técnica por parte de los usuarios de las mismas. Se espera que la exploración de los mecanismos de sensado presentados en este trabajo sirva para enriquecer las herramientas de autor para este tipo de aplicaciones.

Explorando dos mecanismos de sensado en actividades educativas posicionadas dentro de espacios cerrados reducidos

En esta sección se presenta la exploración de dos mecanismos de sensado de posición como son los códigos QR y beacons. En particular, probados en un espacio cerrado reducido como es un aula.

Para esta exploración, se usó de base la Actividad Educativa definida en [12], la cual está compuesta por cuatro tareas (tres de recolección y una de depósito) diseñadas para alumnos de entre 7 y 11 años, los cuales previamente recibieron por parte de sus docentes el contenido curricular adecuado para llevar adelante las tareas propuestas. En las tareas de recolección, los alumnos deben recolectar elementos concretos que puedan ser considerados como respuesta a una consigna recibida y luego depositar dichos elementos de acuerdo al tipo de material primario con el que cada uno de ellos haya sido producido (por ejem-

plo, papel, metal o plástico). Dado que esta Actividad Educativa está definida independiente de la plataforma tecnológica, la misma puede ser desarrollada/implementada usando cualquier mecanismo de sensado para determinar la posición de los alumnos. Para más detalles de esta Actividad Educativa se puede consultar el diseño de la misma en [13].

Usando de base la Actividad Educativa mencionada anteriormente, se realizó la puesta en práctica de una Aplicación Educativa Móvil basada en Posicionamiento que usa códigos QR. Y, además, se desarrolló un prototipo funcional usando beacons para determinar la posición de los alumnos.

A continuación, se describe la exploración realizada en relación a estos mecanismos de sensado. Cabe mencionar que en ambos casos todos los lugares relevantes donde se brindan las consignas (relacionadas a la Actividad Educativa mencionada anteriormente) están todos dentro de una única aula.

Exploración del uso de códigos QR en la puesta en práctica de una aplicación educativa móvil basada en posicionamiento

Para el caso de los códigos QR, la exploración realizada se llevó a cabo, dentro de escuelas de nivel primario, mediante la puesta en práctica de una Aplicación Educativa Móvil basada en Posicionamiento, la cual se denomina “Aprendo Jugando”, cabe mencionar que la misma fue creada como prueba de conceptos para la validación de un enfoque de modelado de actividades educativas posicionadas que contemplan elementos concretos propuesto en [13].

“Aprendo Jugando” usa códigos QR tanto para que un grupo de alumnos reciba la consigna (para recolectar o depositar), así como para que este indique que un elemento concreto es recolectado como respuesta a una consigna. Es decir, el grupo debe leer un código QR para recibir una consigna y luego leer los códigos QR de los elementos concretos (ver Figura 1) para recolectarlos. Al ir recolectando de esta manera los elementos, los mismos van quedando en una canasta virtual dentro de la aplicación, además el grupo debe recolectar los elementos concretos y ponerlos en una canasta física. Es decir, que la canasta virtual refleja lo que tiene el grupo en su canasta física.

En la Figura 1 se pueden apreciar las tres mesas para recolectar elementos y como sobre las mismas están los elementos concretos cada uno de ellos con su correspondiente código QR.

En el caso que el grupo decidiera devolver un elemento recolectado para la tarea actual que está realizando, porque se diera cuenta que no respondía la consigna, el grupo deberá seleccionar el elemento desde una lista visualizada

en la pantalla del dispositivo móvil, indicando que se quiere sacar de la canasta virtual de recolección dicho elemento, esto saca el elemento de la canasta virtual. Además, el grupo tiene que buscar el elemento dentro de su canasta física, sacarlo de ella, y devolverlo a la mesa correspondiente.

Si bien en [14] se describen las puestas en prácticas en dos escuelas distintas de nivel primario, en el presente trabajo se analizarán las mismas desde la perspectiva del uso de los códigos QR. Cabe mencionar que las puestas en prácticas se llevaron a cabo con grupos de tres y cuatro alumnos, los cuales fueron conformados libremente entre ellos mismos. Cada grupo contaba con un solo dispositivo, de esta manera se aprovecharon las ventajas dadas en la colaboración para resolver tareas como se mencionan en [15].

Figura 1.

Elementos concretos de una de las mesas de la puesta en práctica del “Aprendo Jugando”



Se detectó al realizar la observación de la puesta en práctica en la primera escuela, que las primeras veces que los grupos tenían que leer un código QR, les era complejo. Esto se debe a que el uso de códigos QR requiere de un nivel de indirección para obtener el contenido educativo, es decir, que implica un acto consciente del alumno para que una vez abierta la aplicación que lee códigos

QR (la cual esta embebida en el “Aprendo Jugando”) el alumno necesita direccionar la cámara del dispositivo para que esta “lea” el código QR enfocado.

Luego de la segunda o tercera vez que interactuaban con este mecanismo, los grupos lo incorporaban sin problemas, entendiendo el funcionamiento del mismo. Cabe mencionar que, si bien se usaron dos semánticas distintas en relación al uso de los códigos QR, una para recibir la consigna y otra para recolectar elementos concretos, esto no impactó en los alumnos al momento de usar la aplicación. La dificultad se presentó en entender cómo era la interacción en general con los códigos QR.

Ante la falta de naturalidad que el mecanismo de interacción con códigos QR presentó para los niños en esta primera puesta en práctica, se decidió sumar una actividad de andamiaje para mejorar esto en la puesta en práctica para la segunda escuela. Para esto, se desarrolló una micro aplicación focalizada solo en mostrar la lectura de códigos QR, esta aplicación se denomina “Exploro como jugar”. La cual fue usada en la segunda escuela junto a los alumnos en una charla previa a que cada grupo usara el “Aprendo Jugando”. Esta pequeña incorporación facilitó a que los alumnos no tuvieran ningún inconveniente al leer los códigos QR desde el inicio del uso del “Aprendo Jugando”.

De esta manera se puede apreciar que en el caso que el mecanismo de censado sea indirecto y requiera una interacción desconocida para los alumnos, se les debe enseñar primero como es dicha interacción, para que luego en la puesta en práctica de la aplicación (que se desea que usen) esto no sea un limitante, evitando así muchas veces frustraciones y desmotivación. Salvo que lo que se desee probar es la naturalidad de la interacción del mecanismo de censado para los alumnos, donde en este caso particular, un entrenamiento previo podría afectar los resultados.

Explorando el funcionamiento de los beacons en un prototipo funcional

Luego de llevar a cabo las puestas en práctica del “Aprendo Jugando” [16], se pudo relevar la experiencia de interacción con los códigos QR. Esta interacción requiere que el usuario “lea” el código con sus dispositivos, lo que “puede ser un proceso tedioso para aprender y aplicar” o “poco intuitivo”. En [17], los autores proponen el uso de beacons en lugar de códigos QR. En [18] se plantea además el uso de beacons como la evolución natural de los códigos QR.

Acorde a esto, se decidió realizar un prototipo funcional usando beacons solo para recibir las consignas. Es decir, probar un mecanismo directo para detectar

la posición de los alumnos. Es decir, evitar que los alumnos tengan que leer un código QR para recibir la consigna, sino que cuando se acercaran, por ejemplo, a cada una de las mesas mostradas en la Figura 1, recibieran automáticamente la correspondiente consigna.

Este prototipo funcional fue probado sistemáticamente por alumnos de la Facultad de Informática de la UNLP (Argentina), los cuales fueron participantes del proyecto “*Actividades Educativas Posicionadas*” (dentro del marco de “*Proyectos de Desarrollo de Aplicaciones e Innovación con Alumnos 2017*”). Es decir, estas pruebas se focalizaron en analizar el uso de este mecanismo de sensado y como los beacons se comportaban cuando estos estaban ubicados en mesas cercanas.

En un espacio cerrado tan acotado como un aula los beacons presentaban muchas anomalías, detectando que dependiendo de, por ejemplo:

- La orientación del beacon, afecta la señal que el mismo emite. Por ejemplo, si el beacon está horizontal (Figura 2.B) la señal disminuye considerablemente respecto de la señal emitida si el beacon está en forma vertical (Figura 2.A). Esto se debe a que la señal del mismo se emite desde el frente del beacon, por eso muchas veces se pueden encontrar los beacons colocados en las paredes de los lugares.
- La orientación del celular, la señal que se recibe de los mismos puede variar, haciendo que se interprete que se está más lejos del beacon de lo real. Esto se debe a que el bluetooth del celular se encuentra en un costado del mismo, y si el beacon está ubicado del mismo lado, la señal se recibe sin problemas. Sin embargo, si el beacon está ubicado del otro lado, la señal disminuye considerablemente pareciendo que el beacon está más lejos de lo real. Para el dominio de las aplicaciones educativas móviles basadas en posicionamiento, esta problemática genera que muchas veces se identifique que se está más cerca de una mesa, cuando en realidad se está más cerca de otra. En la Figura 3 se puede apreciar que el celular está a igual distancia de dos beacons, sin embargo, para esta situación el beacon identificado como más próximo, en el caso de probar con un celular *Samsung Galaxy S4* es el de la derecha, ya que en este celular el sensor de bluetooth se encuentra de ese lado. Esto puede variar en distintos tipos de celulares. Este comportamiento afecta el funcionamiento de la aplicación, ya que los alumnos podrían recibir una consigna que no es la adecuada, porque fue detectado por otro beacon por la orientación del celular. Este tipo de problemática de señal es abordada, por ejemplo, en [19] donde los autores mencionan que es recomendable ubicar los beacons a una distancia de diez metros entre sí,

evitando así conflicto de señales y es más sencillo determinar cercanías sin ambigüedad. Esta condición, en el caso de espacios cerrados reducidos, no es posible de cumplir.

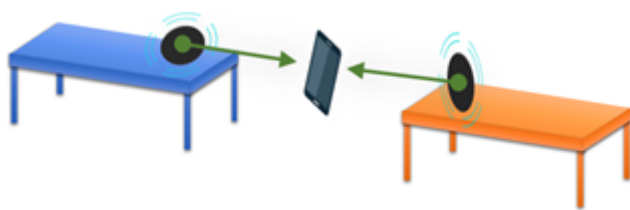
Figura 2.

Orientación del beacon vertical y horizontal sobre una mesa



Figura 3.

El celular a derecha o a izquierda de los beacons



La capacidad del celular, se procesa más rápidamente la señal recibida por los beacons. Esto genera que dependiendo del modelo de celular se deba estar más cerca de un beacon para recibir la actividad educativa correspondiente, ya que muchas veces el celular está todavía procesando la señal recibida mientras el usuario sigue caminando. Las pruebas se realizaron con celulares Samsung Galaxy S3 y S4, detectando que el primero de estos recibía más tardíamente la señal de los beacons. Esto generaba que si el usuario se seguía moviendo podría recibir la consigna cuando ya no estaba cerca de la mesa correspondiente.

Acorde a las pruebas sistemáticas realizadas en base al prototipo funcional, se pudo apreciar que para este dominio donde dentro del espacio cerrado reducido, se cuenta con mesas muy cercanas, este tipo de sensado no sería el más recomendable. Una señal errónea del beacon puede provocar que se le brinde al alumno una consigna que no se condice con la posición real del mismo. Por ejemplo, se le plantee al alumno recolectar determinados elementos concretos, y en realidad estos no se condicen con los elementos de la mesa que tiene más cerca de él. Más aun, este tipo de comportamiento por parte de la aplicación

podría ser imperceptible para el alumno, dado que puede pensar que la consigna planteada se condice con la mesa más cercana a él.

A partir de estos resultados obtenidos se decidió no avanzar más allá del prototipo funcional, no poniéndolo en práctica con alumnos dentro de una escuela, como si se realizó con el “Aprendo Jugando” que emplea códigos QR.

Discusión

En esta sección se discutirán algunas características relacionadas con los mecanismos de sensado explorados, esperando que esto genere un espacio que aporte no solo al diseño y construcción de este tipo de aplicaciones, sino también a las herramientas de autor destinadas a la generación de este tipo de aplicaciones.

Los códigos QR son un mecanismo económico, que no implica la necesidad de invertir mucho para obtenerlos ya que son impresos fácilmente y luego colocados en los diferentes lugares relevantes, o como el caso del “Aprendo Jugando” que además fueron colocados en los elementos concretos. Para este mecanismo de sensado se debe considerar el entrenamiento de los alumnos como se mencionó en la Sección 3.A, para que la lectura de los mismos no sea una limitante en el uso de las aplicaciones. En el caso de las herramientas de autor, estas pueden generar los códigos QR relacionados a las aplicaciones definidas automáticamente, como se realiza en [19].

Al usar códigos QR hay que considerar que los programas usados para la lectura de los mismos, pueden tener distinta sensibilidad. Esto implica que al tener abierto el programa lector cualquier código en un determinado ángulo de alcance es leído. Esto está pensado para agilizar la tarea del usuario. Sin embargo, cuando este mecanismo es usado en aplicaciones como el “Aprendo Jugando” donde se tienen, por ejemplo, muchos elementos concretos en la mesa, estos pueden leerse sin intención explícita. Es decir, se pueden leer códigos de elementos que no eran los que se deseaban recolectar. En las puestas en práctica analizadas, esta situación solo le sucedió a uno de los grupos pero no generó mayores inconvenientes en el uso de la aplicación.

En el caso del uso de beacons es recomendable una distancia considerable entre ellos, como estos son interferidos por las características edilicias como paredes, para cada espacio físico se deberá realizar una prueba técnica de las distancias optimas acordes a cada espacio. Si se cuenta con un catálogo de beacons como se provee en [20], éstos ya pueden ser colocados estratégicamente para no interferirse entre sí, facilitando así el buen funcionamiento de las aplicaciones generadas en base a los mismos.

En el caso de requerir que necesariamente los beacons estén cercanos entre sí, se puede optar por definir algún tipo de heurística para analizar cuál es el beacon más próximo. Para esto se pueden analizar otras variables como, por ejemplo, la orientación del dispositivo para ver que se tiene a derecha y a izquierda del beacon. En los mecanismos de sensado que se basan en señales se suele trabajar con la precisión del dato sensado y el margen de error del mismo, esto muchas veces ayuda a tomar decisiones en las aplicaciones para ver que brindar al usuario. En el caso de los beacons para cada dominio se debe analizar cuál podría ser la mejor heurística para procesar las señales de los beacons y determinar así a cual se está más cercano.

Los beacons emiten valores que indican la distancia que está el celular al mismo, por ejemplo, uno, dos o tres metros. Se podría optar por solo brindar contenido educativo al estar a una distancia de menos de un metro. Sin embargo, esto no siempre funciona correctamente ya que depende de la capacidad de procesamiento del celular. Podría ocurrir que el alumno se encuentre posicionado a menos de un metro de la mesa y sin embargo esta situación aún no ser detectada por la aplicación, que todavía está procesando el dato.

Hay que considerar que si se usa la lectura de códigos QR embebidas en las aplicaciones para determinar la posición de los alumnos, esto impacta en la interfaz de las mismas, ya que se tiene que proveer alguna opción seleccionable que abra el lector correspondiente. En el caso de usar beacons esto es transparente para los alumnos, ya que al estar cerca de un beacon el alumno recibe el contenido educativo asociado al mismo, por ejemplo, una consigna. Sin embargo, en los mecanismos de sensado directos, como es el caso de los beacons, hay que considerar el tiempo de tardanza en recibir la información asociada, ya que como el usuario está caminando constantemente, puede recibir información desactualizada a su posición actual, como se menciona en [20].

Se puede apreciar como cada mecanismo de sensado propone una interacción diferente y consideraciones específicas de acuerdo a como el mismo se comporta. Es fundamental hacer pruebas funcionales in-situ para detectar primero si el mecanismos de sensado es propicio para el espacio físico, para luego si avanzar y realizar pruebas con alumnos.

Es interesante destacar como en los últimos años se incrementó la creación de herramientas de autor que facilitan la creación de aplicaciones que usan mecanismos de sensado [21]. Para que las aplicaciones generadas con estas herramientas puedan ser útiles, es fundamental que los docentes también comprendan cómo funcionan los mecanismos de sensado para poder elegir el más

apropiado para cada situación. Esto puede requerir un entrenamiento de los docentes en relación a cómo se comporta cada mecanismo de sensado.

Conclusiones y trabajos futuros

En este trabajo se presentó la exploración realizada sobre dos mecanismos de sensado de posición, como son los códigos QR y beacons, en Actividades Educativas Posicionadas dentro de espacios cerrados reducidos como es un aula. Se describió como cada mecanismo se comportó y se discutieron algunas características relacionadas a los mismos. Para espacios donde los beacons deben estar ubicados de manera muy cercana entre sí, no es la opción más recomendada a usar como mecanismo de sensado de posición. Estas exploraciones, sirvieron para analizar la viabilidad de un mecanismo de sensado cuando el dominio de aplicación se acota a requerimientos puntuales que se desean cubrir, en este caso el de ser usado dentro de un espacio cerrado reducido.

Desde la perspectiva de las cuatro etapas propuestas en [21] en relación a las Aplicaciones Educativas Móviles basadas en Posicionamiento (diseño conceptual, ciclo de desarrollo, puesta en práctica del desarrollo y evaluación de la puesta en práctica) podemos observar que en el caso de la aplicación presentada en la Sección 3.A (“Aprendo Jugando”), la cual emplea códigos QR como mecanismo de sensado de posiciones, las cuatro etapas propuestas pudieron ser realizadas; mientras que en el caso del prototipo funcional presentado en la Sección 3.B, que emplea beacons como mecanismo de sensado de posiciones, las dos primeras etapas pudieron realizarse, sin embargo no fue posible pasar de la etapa de desarrollo hacia la etapa de puesta en práctica con alumnos dentro de una escuela, ya que dicho mecanismo no fue viable en el escenario definido, en este caso, un espacio cerrado reducido. Acorde a esto, se puede observar que las etapas propuestas en [21] están sujetas a la viabilidad de poder llevarlas a cabo, podría pasar, por ejemplo, que el diseño conceptual no sea viable de desarrollar (por la complejidad o el costo que implica el mismo) y en este caso tampoco se podrían abordar todas las etapas definidas en [22].

Se está trabajando en la construcción de una API que permita generalizar los mecanismos de sensado para que este tipo de aplicaciones sea más fácil de desarrollar, y para que las mismas puedan evolucionar en el tiempo sin requerir demasiados cambios. Para esto, se está usando de base lo propuesto en [22], donde se describe un framework conceptual basado en la separación de concerns, donde uno de estos concerns involucra a los mecanismos de sensado. Entonces las aplicaciones podrían estar “escuchando” por el sensado de la posición del usuario, sin importar cuál fue el mecanismo usado.

A futuro se planificarán encuentros con equipos multidisciplinarios, para poder relevar características emergentes que puedan contribuir a detectar las necesidades a la hora de crear este tipo de aplicaciones, para proveer herramientas que permitan agilizar la construcción/generación de las mismas, por ejemplo, ampliando las características de la herramienta presentada en [22]. De estos encuentros también se espera poder explicar como llevar a cabo el co-diseño de este tipo de aplicaciones involucrando a un equipo multidisciplinario.

Agradecimientos

Los autores agradecemos a los alumnos Ramiro Ongaro, Juan Emilio Salaber y Andrés Gabriel Binaghi por su participación en las pruebas sistemáticas del prototipo funcional, llevadas a cabo como una actividad del proyecto “Actividades Educativas Posicionadas” (dentro del marco de “Proyectos de Desarrollo de Aplicaciones e Innovación con Alumnos 2017” de la Facultad de Informática de la UNLP, Argentina. Res. HCD N° 4/17, Expediente N° 3300-006343/17-000).

Referencias

- [1] A. Rivero-Rodriguez, P. Pileggi, and O.A. Nykänen, “Mobile context-aware systems: technologies, resources and applications,” *International Journal of Interactive Mobile Technologies (ijIM)*, vol. 10, no. 2, pp. 25-32, 2016, <http://online-journals.org/index.php/i-jim/article/view/5367>.
- [2] C. Hargood, V. Hunt, M.J. Weal, and D.E Millard, “Patterns of sculptural hypertext in location based narratives,” *Proc. 27th ACM Conference on Hypertext and Social Media (HT ‘16)*, ACM, July 2016, pp. 61-70, doi: 0.1145/2914586.2914595.
- [3] F. Vera, and J.A. Sánchez, “A model for in-situ augmented reality content creation based on storytelling and gamification,” *Proc. 6th Mexican Conference on Human-Computer Interaction*, ACM, Sep. 2016, pp. 39-42, doi: 10.1145/2967175.2967385.
- [4] A.B. Lliteras, C. Challiol, and S.E. Gordillo, “Location-based mobile learning applications: a conceptual framework for co-design,” *Proc. Twelfth Latin American Conference on Learning Technologies (LACLO)*, IEEE Press, Oct. 2017, pp. 358-365, doi: 10.1109/LACLO.2017.8120946.
- [5] C. Emmanouilidis, R.A. Koutsiamanis, and A. Tasidou, “Mobile guides: Taxonomy of architectures, context awareness, technologies and applications,” *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 36, no. 1, pp. 103-125, Jan. 2013, doi:10.1016/j.jnca.2012.04.007.
- [6] H. Kato, D. Chai and K.T. Tan, “Barcodes for mobile devices,” *Cambridge University Press*, Jul. 2010, doi:10.1017/CBO9780511712241.

- [7] K. Hartmann, and A. Quirnn, "How useful are BLE beacons for mobile guides?," Proc. 5th International Conference on Wireless Networks and Embedded Systems, IEEE Press, Oct. 2016, pp. 1-10, doi: 10.1109/WECON.2016.7993487.
- [8] J.M. Zydney, and Z. Warner, "Mobile apps for science learning: review of research," Computers & Education, Vol. 94, pp. 1-17, Mar. 2016, doi: 10.1016/j.compedu.2015.11.001.
- [9] I. Alakärppä, E. Jaakkola, J. Väyrynen, and J. Häkkinen, "Using nature elements in mobile AR for education with children," Proc. 19th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services, ACM, Sept. 2017, pp. 41-54, doi: 10.1145/3098279.3098547.
- [10] T.H. Tsai, C.Y. Shen, Z.S. Lin, H.R. Liu, and W.K. Chiou, "Exploring Location-based augmented reality Experience in museums," Proc. International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction, Springer, July 2017, pp. 199-209, doi: 10.1007/978-3-319-58703-5_15.
- [11] J. Melero, and D. Hernández-Leo, "Design and implementation of location-based learning games: four case studies with 'QuesTInSitu: The Game'," IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing, vol. 5, no. 1, pp. 84-94, Jun. 2017, doi: 10.1109/TETC.2016.2615861.
- [12] Google Maps, <https://maps.google.com>. Fecha de último acceso: 2018-01-25.
- [13] C. Challiol, A.B. Lliteras, and S.E. Gordillo, "Diseño de aplicaciones móviles basadas en posicionamiento: un framework conceptual," Proc. XXIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, Oct. 2017, pp. 682-691, <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/63780>.
- [14] R. Cober, E. Tan, J. Slotta, H.J. So, and K.D. Könings, "Teachers as participatory designers: Two case studies with technology-enhanced learning environments," Instructional Science, vol. 43, no. 2, pp. 203-228, Mar. 2015, doi:10.1007/s11251-014-9339-0.
- [15] XML, https://www.w3.org/standards/techs/xml#w3c_all. Fecha de último acceso: 2018-01-25.
- [16] J.B. Hauge, I.A. Stefan, A., Stefan, M. Cazzaniga, P. Yanez, T. Skupinski, and F. Mohier, "Exploring context-aware activities to enhance the learning experience," In: Dias J., Santos P., Veltkamp R. (eds) Games and Learning Alliance. GALA 2017, Springer, vol. 10653, pp. 238-247, Dec. 2017, doi:10.1007/978-3-319-71940-5_22.
- [17] G. Pishtari, T. Völjätaga, P. Tammets, P. Savitski, M.J. Rodríguez-Triana, M. J., and T. Ley, "SmartZoos: modular open educational resources for location-based games," In: Lavoué É., Drachler H., Verbert K., Broisin J., Pérez-Sanagustín M. (eds) Data Driven Approaches in Digital Education. EC-TEL, Springer, vol. 10474, pp. 513-516, Sep. 2017, doi:10.1007/978-3-319-66610-5_52.

- [18] A.M. Zimbello, F.M. Alconada Verzini, C. Challiol, A.B. Llitas and S.E. Gordillo, "Authoring tool for Location-based learning experiences," Proc. 4th IEEE/ACM International Conference on Mobile Software Engineering and Systems, IEEE Press, May. 2017, pp. 211-212, doi: 10.1109/MOBILESoft.2017.32.
- [19] A.B. Llitas, "Un enfoque de modelado de actividades educativas posicionadas que contemplan elementos concretos," Master Thesis, Faculty of Informatics, National University of La Plata, Argentina, Nov. 2015, <http://hdl.handle.net/10915/50030>.
- [20] B.C. Christensne, A.P. Giakalis, N.M. Jørgensen, M.K. Poulsen, and M. Rehm, "The effect of device number and role assignment on social group dynamics in location-based learning," Proc. 15th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia, ACM, Dec. 2016, pp. 297-305, doi: 10.1145/3012709.3012711.
- [21] P.C. Ng, J. She, and S. Park, "Notify-and-interact: a beacon-smartphone interaction for user engagement in galleries," Proc. IEEE International Conference on Multimedia and Expo, IEEE Press, July 2017, pp. 1069-1074, doi:10.1109/ICME.2017.8019467.
- [22] X.Y. Lin, T.W. Ho, C.C Fang, Z.S Yen, B.J Yang, and F. Lai, "A mobile indoor positioning system based on iBeacon technology," Proc. 37th Annual International Conference of Engineering in Medicine and Biology Society, IEEE Press, Nov. 2015, pp. 4970-4973, doi: 10.1109/EMBC.2015.7319507.

Implementación de un sistema no-invasivo y multiusuario para la identificación del nivel de atención en personas

Alfredo García Suárez, Juan Manuel González C.¹⁵
Amparo Dora Palomino Merino¹⁶

Abstract

The level of attention in people is associated with efficiency in their intellectual activities, in their level of understanding and in the development of their creative ability. It is essential to know the behavior of the biometric variables involved in this process, with these variables the states of attention of a person can be determined with greater precision. Using this information, a person can have feedback on their cognitive activity and thus raise attention on the activity performed and consequently improve their cognitive performance. A common problem is the complexity of recovering the data by means of sensors since they are usually invasive and difficult to calibrate, they are usually single-user. So the signals can contain noise and generate an error in the diagnosis. In

15. Doctorado en Ingeniería del Lenguaje y del Conocimiento. Facultad de Ciencias de la Computación, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México. Correos electrónicos: alfredo_amigo18@hotmail.com, jumagoca78@gmail.com

16. Maestría en Ciencias de la Electrónica Opción en Automatización. Facultad de Ciencias de la Computación, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México. Correo electrónico: ampalomino@gmail.com

this work we propose the implementation of a non-invasive multi-user system, for the identification of the level of attention in people, based on at least two physiological variables of the user to determine it, as well as obtaining a better performance in reading the physiological variables, in the delivery of the final diagnosis and in the control of the level of attention of the people to improve their cognitive performance.

Keywords: attention level; biometric variables; brain waves; no-invasive; wearable devices; automatic feedback.

Introducción

Existen diversos trastornos que afectan el nivel de atención de las personas tanto en su edad infantil como en su edad adulta.

Uno de los trastornos más reconocidos es el trastorno por déficit de atención / hiperactividad (TDAH) y generalmente se diagnostica por primera vez en la infancia, y los síntomas persisten en la adolescencia y la edad adulta [1].

El TDAH se caracteriza por falta de atención, impulsividad e hiperactividad. Recientemente se ha estimado que afecta al 3.5% de los niños en edad escolar en todo el mundo y se dice que es uno de los trastornos psiquiátricos más comunes entre los jóvenes. El mayor desafío para los adultos con trastorno por déficit de atención hiperactividad (TDAH) es la gestión de la información y las tareas [2].

Para conocer el grado de afectación que el TDAH produce en las personas, es necesario contar con herramientas que puedan proporcionar una retroalimentación del porcentaje de atención que tiene el usuario al momento de ejecutar una tarea en específico.

Actualmente existe una variedad de dispositivos comerciales que proporcionan de forma cuantitativa el nivel de concentración, meditación, relajación y atención del usuario, pero en algunos casos se consiguen de forma invasiva, afectando la respuesta del usuario y en consecuencia el dictamen del diagnóstico final.

Los sistemas de entrenamiento de bio-retroalimentación fomentan un estado mental o físico específico en un usuario a través de un ciclo cerrado de bio-retroalimentación. Estos sistemas reúnen el estado fisiológico de una persona a través de la detección de hardware, integran este estado en un sistema interactivo basado en computadora y presentan los comentarios para que el usuario pueda trabajar para ajustar su estado [2, 3].

En este trabajo de investigación se propone implementar un sistema para medir el nivel de atención en personas, generando una retroalimentación en forma de lazo cerrado para ejecutar alguna acción que ayude a restablecer el nivel de atención del usuario.

Este sistema será una herramienta utilizada como base en diferentes áreas para el análisis de información requerida del usuario basado en 2 variables biométricas inicialmente: ondas cerebrales y postura corporal.

Se implementará un sistema tipo multi-usuario, disminuyendo el retardo en la respuesta del sistema, utilizando una comunicación inalámbrica y con la característica de ser no invasivo y de fácil manejo, con fines de obtener un diagnóstico final que describa fielmente el nivel de atención del usuario.

La interfaz humano computadora

La interacción humano computadora (HCI por sus siglas en inglés), es el estudio de la relación que existe entre los usuarios humanos y los sistemas de cómputo que usan para realizar diversas tareas. El propósito de la interacción humano computadora es entender los procesos, capacidades y predilecciones que pueden asociarse a las actividades que desempeñan los usuarios, involucrar entendimiento y conocimiento de cosas como la memoria, visión, cognición, oído, tacto y habilidades motrices [4, 5,6].

Ambientes virtuales

Los ambientes virtuales son espacios generados artificialmente que simulan un entorno con apariencia de realidad –realista o no– en el que el usuario puede interactuar. Una de las características más definitorias de estos ambientes es que otorgan al usuario la sensación de estar presente en el espacio virtual.

Sensores no-invasivos

Los sensores portátiles han cosechado considerable interés reciente debido a su tremenda promesa para una gran cantidad de aplicaciones. Sin embargo, la ausencia de sensores químicos no invasivos confiables ha obstaculizado en gran medida el progreso en el área de la detección en el cuerpo. Los sensores electroquímicos ofrecen una gran promesa como sensores químicos portátiles que son adecuados para diversas aplicaciones debido a su alto rendimiento, miniaturización inherente y bajo costo.

La relación entre estados de ánimo y nivel de atención

Las emociones condicionan la interpretación de los mensajes que recibimos y el proceso de enseñanza-aprendizaje y desarrollo, tanto en la comunicación presencial como a través de las redes de datos (entornos virtuales de aprendizaje o redes sociales) [7].

Los sentimientos son el resultado de las emociones y significan un estado de ánimo afectivo que se presenta en una persona, las emociones son expresiones psico-fisiológicas, biológicas y de estados mentales, también se pueden definir como adaptaciones del individuo a estímulos provocados por el entorno, se ha demostrado que las emociones afectan en la mayoría de las actividades humanas entre las cuales están la creatividad, la toma de decisiones y la comunicación [8].

El rol del reconocimiento automático de emociones está creciendo de forma continua actualmente. Esto se debe a que se ha aceptado la importancia que tiene la reacción a los estados afectivos del usuario en la interacción persona-computador.

A medida que los computadores se vuelven más y más sofisticadas, ya sea a nivel profesional o social, se vuelve más importante que estas sean capaz de interactuar de forma natural, o sea, de forma similar a como se interactúa con otros agentes humanos. La característica más importante de la interacción humana que garantiza que el proceso se haga de forma natural, es el proceso por el cual podemos inferir el estado emocional de otros. Esto permite ajustar los patrones de comportamiento y respuestas, optimizando el proceso interactivo humano-computador [9].

Las ondas cerebrales como variable biométrica del nivel de atención

La electroencefalografía fue descubierta por Hans Berger en 1924 (Haas, 2003), y consiste en obtener una señal eléctrica del funcionamiento del cerebro. Se divide en dos grupos:

- La invasiva, donde se implantan electrodos dentro del cráneo del paciente, que, a pesar de las complicaciones naturales relacionadas, tiene a favor el hecho de que se puede focalizar la señal, distinguiendo una zona específica del cerebro.

- La no invasiva, que graban potenciales eléctricos desde el cuero cabelludo, a través de pares de electrodos conductores de plata, que se utilizan para leer las señales eléctricas. Las pequeñas diferencias de voltaje entre electrodos suelen registrar valores de entre 30 y 100 μV por lo que normalmente deben ser amplificadas. La actividad eléctrica, se produce cuando las neuronas se comunican [10].

Clasificación de las señales de un EEG

Las señales obtenidas a través de un EEG, se pueden descomponer en 5 ondas con diferentes características [3]:

- Delta: Estas ondas van de 0,5 a 4 Hz. Son las ondas más lentas y están presentes mientras una persona duerme. La producción de estas ondas en el estado de vigilia, se relaciona con los defectos físicos en el cerebro. El movimiento físico puede causar ondas delta artificial, pero con un análisis instantáneo, solo por observación de los registros EEG primarios esto puede ser verificado o descartado.
- Theta: Fluctúa entre 4 y 7,5 Hz, están vinculados a la ineficiencia y el soñar despierto. Además, suelen relacionarse con el acceso a material inconsciente del cerebro y estados de profunda meditación. Las ondas de frecuencias más bajas de theta representan la delgada línea entre estar despierto o en estado de sueño. Theta surge de la tensión emocional, especialmente de la frustración o la decepción. Los altos niveles de theta se consideran anormales en los adultos, y además se las relaciona con el trastorno por déficit de atención con hiperactividad.
- Alfa: Oscilan de 8 a 13 Hz, son más lentas y asociadas con la relajación y desconexión. Pensar en algo pacífico con los ojos cerrados da un aumento de la actividad alfa. De alguna manera, las ondas alfa indican un estado relajado de conciencia, sin atención o concentración.
- Beta: Están en la gama de frecuencias de entre 14 y 26 Hz, pero a menudo se las divide en beta bajo y beta alto para conseguir un análisis más específico. Las ondas son pequeñas y rápidas, asociadas con la concentración enfocada. Cuando se resiste o suprime el movimiento, o al resolver una tarea matemática existe un aumento de la actividad de las ondas beta. Un estado de pánico también puede provocar el incremento en el nivel de las ondas beta.
- Gamma: Estas ondas están en el rango de frecuencias mayores a 30 Hz. Su amplitud es muy pequeña, y su ocurrencia es rara, por lo que se las relaciona con ciertas enfermedades del cerebro. Se cree que refleja el mecanismo

de la conciencia. Las ondas beta y gamma juntas han sido asociadas con la atención, la percepción y la cognición.

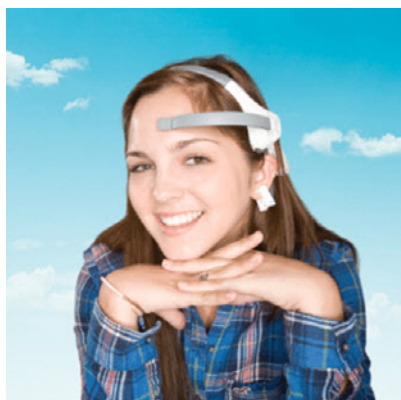
Dispositivos comerciales para medir nivel de atención

Existen diversos dispositivos comerciales actualmente cuya función específica es determinar el nivel de atención de las personas, a través de una interfaz gráfica en la mayoría de los casos obteniendo la medición de una variable biométrica. La variable biométrica más utilizada para medir el nivel de atención en personas son las ondas cerebrales, estas son obtenidas a través de diademas con sensores algunos ejemplos son los siguientes:

- MindWave: Desarrollado por el fabricante Neurosky (www.neurosky.com), permite la obtención de señales EEG a través de una interface tipo diadema que se coloca en la cabeza y se alimenta mediante una pila de 1,5 V tipo AAA. Utiliza una interface inalámbrica para comunicarse con el computador y adquiere las señales a través de biosensores pasivos conectados a un electrodo que hace contacto con la frente. Además, cuenta con un terminal de referencia se conecta con el lóbulo de la oreja. Esta característica se utiliza para determinar el origen de una señal. En los interfaces cerebro-computador, la localización de los electrodos permite obtener diferentes representaciones del EEG. El dispositivo MindWave dispone únicamente de un solo terminal colocado en la frente del sujeto, en lo que se conoce formalmente como zona pre-frontal. La figura 1 muestra la forma en la que se utiliza el dispositivo [11].

Figura 1.

Colocación correcta de la diadema MindWave de Neurosky



- Emotiv Epoc: Basa su funcionamiento en un conjunto de sensores ubicados estratégicamente en distintas áreas de la cabeza; esto con el fin de interpretar

las frecuencias producidas para detectar los pensamientos, los sentimientos y las expresiones del usuario.

El auricular se encarga de recibir, cifrar y enviar las señales a través del puerto de comunicación para su pos-procesamiento, valiéndose de un protocolo de abstracción lógica denominada Emo-Engine. Para acceder a los registros de las señales en el equipo se recurre a las herramientas SDK proporcionadas por Emotiv-Systems.

El Emotiv Epoc posee 3 Suites para la detección de las señales de entrada: Expressiv, que descifra las expresiones faciales; Affectiv, cuya descripción es el estado emocional del usuario, y Cognitiv, cuya interpretación se basa sobre el uso consciente de los pensamientos. La figura 2 muestra la forma en la que se utiliza el dispositivo [12,13,14].

Figura 2.

Colocación correcta de la diadema Emotiv Epoc de Emotiv-Systems



Instrumentos de validación

Para evaluar la validez de la intervención, se deben utilizar cuestionarios y escalas validadas. Estas técnicas de medición deben estar disponibles en el idioma de los participantes y deben medir los aspectos clave de la rehabilitación cognitiva. Por ejemplo, para evaluar las mejoras de la atención en estudios longitudinales, se podrían utilizar las siguientes escalas y cuestionarios: Integrated Visual and Auditory Continuous Performance Test (IVA), Test of Variable Attention (TOVA), entre otros [25].

Sistemas electrónicos para la retroalimentación

Los estudios relacionados con el aula mostraron que los factores ambientales, como la tecnología de asistencia cognitiva (TAC) y los sistemas de localización externa, pueden ayudar a las personas con discapacidades cognitivas [15].

Un ejemplo es la batería del sistema de entrenamiento de atención. Este sistema de costo de respuesta generado electrónicamente se coloca en el escritorio de un estudiante y se maneja con un control remoto que se le da al maestro. Está diseñado para enviar comentarios con el fin de aumentar los niveles de atención relacionados con las tareas. Se encontró que este sistema era más efectivo en comparación con un programa preexistente de administración del aula que utilizaba el refuerzo de fichas [16].

Otro ejemplo es el Watchminder, un reloj de pulsera vibratorio. Este dispositivo de automonitorización tiene como objetivo aumentar el comportamiento en la tarea de los niños de escuela primaria. Los resultados de este estudio probaron ser efectivos para dos de cada tres participantes.

Los robots socialmente expresivos usan gestos y otras formas de comunicación no verbal para expresar estados internos y pueden usarse para proporcionar una expresión afectiva de información digital [17]. Las personas tienden a percibir los robots como actores sociales y les atribuyen rasgos similares a los humanos, incluidos los estados mentales. Esto puede contribuir al hecho de que las instrucciones provenientes de robots físicos son más confiables que las de los agentes en pantalla y que los robots pueden ser más persuasivos que los agentes en pantalla cuando se trata de decisiones en el mundo físico [18].

Los objetos de aprendizaje (LOs) son recursos de información importantes que respaldan los métodos de aprendizaje tradicionales. Para evaluar el impacto, la efectividad y la utilidad de los objetos de aprendizaje, es necesaria una herramienta de evaluación teórica, confiable y válida. Una herramienta de evaluación propuesta en la literatura consiste en una métrica de entropía cruzada para comparar el diseño de LO que utiliza la información proporcionada por las fijaciones visuales medidas a partir de un pequeño grupo de enfoque [19].

Estado del arte de los sistemas de medición del nivel de atención en personas

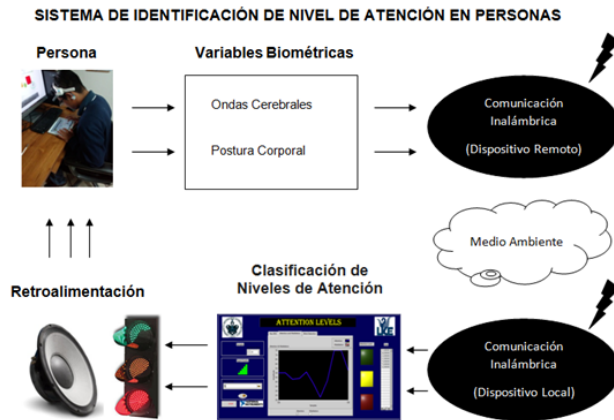
La investigación llevada a cabo sobre la implementación de un sistema no-invasivo y multiusuario, para identificar el nivel de atención en personas está compuesta por el estudio de varias etapas:

- Tipos de sensores no invasivos utilizados actualmente.
- Tipos de variables biométricas utilizadas para medir estados de atención.
- Dispositivos comerciales implementados para medir estados de atención.
- Velocidad de adquisición de datos de las variables biométricas (tiempo de muestreo).

- Software utilizado para el procesamiento de datos.
- Técnica aplicada para obtener la adquisición de datos.
- Técnicas de retroalimentación.

La figura 3 ilustra el diagrama de los elementos del sistema de reconocimiento de nivel de atención utilizando la técnica de control en lazo cerrado.

Figura 3.
Sistema de identificación de nivel de atención en personas



En la tabla 1 se realiza una comparativa de las variables fisiológicas, técnicas aplicadas e impacto con los niveles de atención obtenidos de diversas fuentes y artículos científicos.

Tabla 1.
Tabla comparativa de variables fisiológicas, técnicas aplicadas e impacto en los niveles de atención

Ref	Variable fisiológica utilizada	Técnica aplicada	Relación e impacto con los niveles de atención
1	Gesticulación facial	Procesamiento digital de imágenes.	Correlación de las emociones con el nivel de atención de una persona
2	Ondas binaurales (ondas auditivas)	Modificación del rango de frecuencias de las ondas incidentes	Las ondas binaurales ocasionan un impacto positivo en los estados mentales como concentración activa y visualización creativa.
3	Ondas cerebrales (Alfa, Beta, Delta, Theta y Gamma)	Transformada de wavelet	Uso de la diadema de Mindwave para la lectura de las señales cerebrales, que se clasifiquen en niveles de atención.

Continúa

Tabla 1.

Tabla comparativa de variables fisiológicas, técnicas aplicadas e impacto en los niveles de atención

Ref	Variable fisiológica utilizada	Técnica aplicada	Relación e impacto con los niveles de atención
4	Ondas cerebrales producidas por gestos faciales	Suites de EmotivEpoc: *Affective *Expressiv *Cognitiv	Uso de la diadema de EmotivEpoc para la lectura de las señales cerebrales, que se clasifiquen en niveles de atención.
5	Ondas cerebrales (Alfa, Beta, Delta, Theta y Gamma)	Clasificación de ondas cerebrales en emociones a través de sus variaciones de frecuencias	Correlación de las emociones con el nivel de atención de una persona
6	Ondas cerebrales (Alfa, Beta, Delta, Theta y Gamma)	Clasificación bayesiana y algoritmo de búsqueda Hill Climbing	Correlación de las emociones con el nivel de atención de una persona
7	Gesticulación facial	Procesamiento digital de imágenes	La retroalimentación automática puede mejorar los niveles de atención de una persona.
8	Gesticulación facial Movimientos corporales	Procesamiento digital de imágenes Movimiento de mouse	Aplicación de tareas que requieren procesos cognitivos como atención, memoria y razonamiento.
9	Ondas cerebrales Ondas del corazón	Clasificación de ondas cerebrales y del corazón en emociones a través de sus variaciones de frecuencias	Correlación de las emociones con el nivel de atención de una persona
10	Texto	E-learning (Identificación de emociones a través de la forma de escribir un texto)	Correlación de las emociones con el nivel de atención de una persona

En la tabla 2 se realiza una comparativa de los dispositivos, software, tiempo de muestreo y efectividad de los sistemas utilizados actualmente para la medir el nivel de atención en personas.

Tabla 2.

Tabla comparativa de dispositivos, software, tiempos de muestreo y efectividad de técnicas para medir niveles de atención

Dispositivo empleado	Soft-ware	Tiempo de muestreo	Efectividad
Web Cam Logitech C170 USB 2.0	Open CV Cmake	1 frame cada 64.93 milisegundos	Tasa de detección promedio: 84%
Auriculares forma diadema	Visual Studio C++	No especificado	Eficiencia de sonidos binaurales: 80%
Bluetooth RFCOMM6 Diadema Mindwave	Matlab	Frecuencia de muestreo: 512Hz Tiempo por muestra analizada: 2 segundos	No especificado

Continúa

Tabla 2.

Tabla comparativa de dispositivos, software, tiempos de muestreo y efectividad de técnicas para medir niveles de atención

Dispositivo empleado	Soft-ware	Tiempo de muestreo	Efectividad
Diadema EmotivEpoc	Labview 2010	No especificado	Eficiencia de escritura del 60% usando la BCI (Brain-Computer Interface)
Arduino Uno	JAVA C#	No especificado	No especificado
Casco de electrodos			
Diadema EmotivEpoc	WEKA Wizard	2048 Hz 56 datos / imagen	Estancias correctamente clasificadas: 53.7879%
WEB CAM de PC utilizada para experimento	JAVA WEB PHP	No especificado	Precisión en el sistema de recomendación: 5.757%
WEB CAM de PC utilizada para la medición	Face Tracking SDK Kinect for Windows.	No especificado	No especificado
Electroencefalograma Electrocardiograma Tarjeta de adquisición de datos prototipada Tablet Smartphone	Software prototipado	No especificado	No especificado
PC utilizada para la medición (variable)	Word NET Word NET Affect	No especificado	No especificado

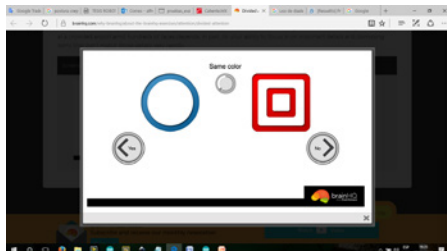
Pruebas experimentales

Se realizaron pruebas experimentales utilizando el dispositivo comercial Mind-Wave de la compañía Neurosky, para detectar el nivel de atención en estudiantes de primer semestre de la licenciatura de computación de la BUAP.

Se utilizó una muestra de 22 estudiantes cuyas edades se encuentran entre los 17 a 22 años.

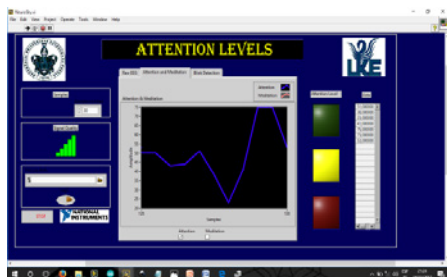
La prueba consistió en un test para identificar colores, el cual fue obtenido de los demos de la compañía Brain HQ (<https://www.brainhq.com/why-brainhq/about-the-brainhq-exercises/attention>), cuya interfaz se ilustra en la figura 4.

Figura 4.
Interfaz del test “same color” de la compañía Brain HQ



Para obtener los datos de las señales cerebrales se implementó una interfaz gráfica, utilizando el software LABVIEW. En la fig. 5 se ilustra la interfaz gráfica donde puede observar el comportamiento de las señales cerebrales, un semáforo como retroalimentación, un vector donde se almacenan los datos muestreados y la variación del nivel de atención del usuario.

Figura 5.
Interfaz gráfica implementada en LABVIEW



La prueba se realizó en dos modalidades: con tablet y con computadora de escritorio. El desarrollo práctico se muestra en la fig. 6.

Figura 6.
Desarrollo práctico de la prueba experimental



Resultados

En el desarrollo del experimento se toman 60 muestras por cada prueba y se obtiene el nivel de atención de cada estudiante tanto en la tablet como en la computadora. En la tabla III se muestran los resultados individuales.

Tabla 3.
Tabla de resultados individuales

Nombre	Edad	Tablet	PC	Nivel de atención en tablet	Nivel de atención en PC
Omar	18	2 estrellas	2 estrellas	51.681818	61.3035714
Héctor	18	2 estrellas	2 estrellas	55	45.8653846
Fernando	22	3 estrellas	2 estrellas	41.982758	55.046875
Luis David	18	2 estrellas	2 estrellas	67.4	60.6949153
Saúl	19	2 estrellas	2 estrellas	37.406779	40.3538462
Luis	19	3 estrellas	2 estrellas	54.444444	54.8070175
Fernando	21	3 estrellas	3 estrellas	55.732142	49.2972973
Lluvia Naomi	21	3 estrellas	2 estrellas	75.173076	64.745098
Martin	18	2 estrellas	2 estrellas	45.129629	53.8490566
Abraham	18	3 estrellas	2 estrellas	45.927272	65.6346154
Jorge	19	3 estrellas	2 estrellas	35	46.7407407
Miguel	19	2 estrellas	2 estrellas	67.034482	57.5344828
Noé	19	2 estrellas	2 estrellas	61.413793	60.1489362
Guillermo.	18	2 estrellas	2 estrellas	64.857142	57.2372881
Omar	18	2 estrellas	2 estrellas	73.509434	41.8793103
Jesús Alexis	17	2 estrellas	2 estrellas	66.879310	77.8518519
Ángel Ricardo	19	2 estrellas	2 estrellas	40.634615	51.2857143
Luis Roland	18	2 estrellas	2 estrellas	57.265306	60.3584906
Lizet	18	3 estrellas	2 estrellas	71.565217	54.9107143
Jesús Bryan	21	2 estrellas	2 estrellas	75.5	63.9791667
Emiliano	18	3 estrellas	2 estrellas	56.303571	41.7818182
Raymundo	18	2 estrellas	2 estrellas	70.767857	75.9047619

Con los datos obtenidos se realiza un análisis reflejado en las gráficas de las figs. 7, 8, y 9; las cuales muestran el porcentaje de atención por dispositivo, el porcentaje de atención individual y el porcentaje de atención por aciertos respectivamente.

Figura 7.
Porcentaje de atención por dispositivo



Figura 8.
Porcentaje de atención individual

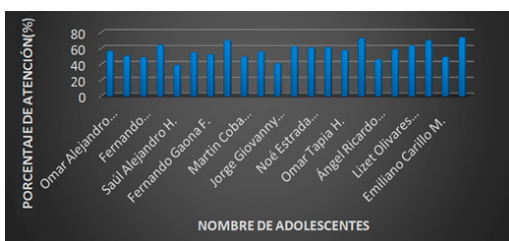
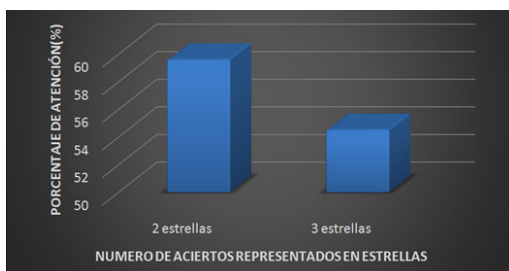


Figura 9.
Porcentaje de atención por aciertos



La experimentación se llevó a cabo en un ambiente controlado como se muestra en la figura 10, ya que cualquier factor del contexto puede influir directamente en el resultado de la prueba.

Conclusiones

Al realizar la experimentación y la toma de muestras, el dispositivo MindWave requería un tiempo de sincronización de aproximadamente 5 minutos, lo que retardaba la aplicación del test “same color”.

Figura 10.
Experimentación en un ambiente controlado



Al colocarse la diadema el usuario tenía dificultades para que reconociera sus señales cerebrales, ya que, en ocasiones, no hacía buen contacto con los sensores, se resbalaba o se perdía la comunicación con la interfaz gráfica, lo que provocaba reiniciar todo el sistema de adquisición de datos.

Los resultados obtenidos nos reflejan mayor concentración alcanzada por los usuarios al manipular una tablet que manipulando el mouse de una computadora de escritorio, lo cual indica que influye como distractor al ejecutar una tarea en específico.

En el presente trabajo se busca generar un dispositivo más eficaz en cuanto a tiempo de respuesta, fácil manejo, y con mayor robustez en su desempeño.

Referencias

- [1] Marín E. J.. (2014). "Detección de emociones del usuario". Chile: En Tesis Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, volumen 1, pp. 1- 67.
- [2] Domínguez C.. (2015, febrero 15). "Las Ondas Binaurales y sus Efectos". Ciudad Cooperativa Cruz Azul: En Tesis de Investigación Experimental volumen 1, pp.1- 22.
- [3] Torres F, Sánchez C. & Palacio B.. (2014, octubre 17). "Adquisición y análisis de señales cerebrales utilizando el dispositivo MindWave". En MASKANA, I+D+ingeniería 2014, volumen 1, pp.1- 11.

- [4] Rojas S., Garzón J., Martínez D., Escobar M. & Robayo C.. (2012, Julio 23). "Lector de ondas cerebrales para implementar un sistema alternativo y aumentativo de comunicación". En 10th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology, volumen 10, pp. 1- 9.
- [5] Campazzo E., Martínez M., Guzmán A. & Agüero A.. (2013). "Desarrollo de interface de detección de emociones para su utilización en redes sociales y entornos virtuales de aprendizaje". Paraná: En XV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, volumen 1, pp. 1-5.
- [6] García A. E.. (2015). "Análisis de ondas cerebrales para determinar emociones a partir de estímulos visuales". Xalapa, Veracruz, México: En Universidad Veracruzana Facultad de Estadística e Informática, volumen 1, pp. 1-137.
- [7] Hernández A., Vásquez R., Olivares B. A., Cortes G. & López I.. (2016, Febrero 29). "Sistema de detección de emociones para la recomendación de recursos educativos". Orizaba México: En Programación Matemática y Software (2016) 8(1): 58-66., ISSN: 2007-3283, pp. 58-66.
- [8] Saneiro M. M.. (2015, Noviembre 15). "Apoyo psico-educativo y afectivo en entornos virtuales de aprendizaje". Badajoz, España: En International Journal of Developmental and Educational Psychology, volumen 1, numero 2, pp. 233-241. 11 Octubre 2015, De INFAD Base de datos.
- [9] Campazzo E., Martinez M., Guzmán A. E. & Agüero A.. (2014). "Entornos Virtuales de Aprendizaje integrado a tecnología móvil y detección de emociones". La Rioja: En Secretaría de Ciencia y Tecnología/Departamento de Ciencias Exactas Físicas y Naturales/Universidad Nacional de La Rioja, volumen 1, pp. 1- 5.
- [10] Aballay L., Aciar S. & Reategui E.. (2015). "Propuesta de un Método para Detección de Emociones en E-Learning". Porto Alegre, Brasil: En ASAI 2015, 16º Simposio Argentino de Inteligencia Artificial., ISSN: 2451-7585, pp. 121-128.
- [11] García A., Muñoz M. & Suarez C.. (2008). "Gestión de emociones en espacios virtuales de formación". Salamanca, España: En Investigación Educativa, volumen 12, Numero 21, pp. 45 - 65.
- [12] Aymerich-franch L.. (2012). "Los juegos en entornos virtuales como herramientas de aprendizaje: estudio de la respuesta emocional de los participantes. Murcia, España: En SPHERA PÚBLICA Revista de Ciencias Sociales y de la Comunicación Número 12, volumen 12, pp. 183-197.
- [13] Garcia C.. (2002). "Técnicas educativas para estudiantes con discapacidad visual". Libro en Instituto de Educación de Aguascalientes. Aguascalientes, México: Pp. 1-90.
- [14] Hernández A. M.. (2015). "Aprendizaje Electrónico Afectivo: un modelo Innovador para Desarrollar una Acción Tutorial Virtual de Naturaleza Inclusiva". Granada, España: En Formación Universitaria Volumen 8(2), pp.19-26.

- [15] Desney S. T. & Nijholt A.. (2010). "Brain-computer interfaces". New York, USA: En ISSN 1571-5035 Springer London Dordrecht Heidelberg, volumen 1, pp. 1- 275.
- [16] Ravichandran S. & Huang J.. (2009, abril 22). "Motivating children with attention deficiency disorder using certain behavior modification strategies". Singapur: En 13th International Conference on Biomedical Engineering. IFMBE Proceedings, volumen 23. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 1057 -1062.
- [17] Anuradha J., Tisha B., Ramachandran V., Arulalan K. V. & Tripath B. K.. (2014, mayo 20). "Diagnosis of ADHD using svm algorithm". Bangalore, Karnataka, India: En Pervasive Health '14 Proceedings of the 8th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare, volumen 1, pp. 321-324.
- [18] Huh J. & Ackerman M. S.. (2010, abril 15). "Exploring social dimensions of personal information management with adults with AD/HD". Atlanta, Georgia, USA: En CHI EA '10 CHI '10 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, volumen 1, pp. 3715-3720.
- [19] Regan L. M., Shane D., Kalyn R. M., Bertram P. C., Gaetz M., Doucette A., Taylor B. A., Orr A. P. & Keiver K.. (2013, Junio 24). "Games as neurofeedback training for children with FASD". New York, USA: En IDC '13 Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children, volumen 1, pp. 165-172.

Nawinchay: low cost system for facilitating the braille literacy for blind people

Roel Gamarra, Saúl Ortiz, Manuel J. Ibarra¹⁷
Angel F. Navarro, Leonidas Asto¹⁸

Abstract

This paper describes the design and implementation of low cost system for facilitating the Braille Literacy for blind people, it was aimed for teachers and students in schools in Apurímac Peru. This first ongoing prototype was developed using the Java programming language, two Arduino microcontroller, 12 servomotors, 12 LEDs and connection cables. The teacher types a word in the input form, then select the time delay, then the system sends each letter signal to the Arduino hardware and then it sends to the servomotor the signal to lift the LEDs, finally the blind student touches the lifted LEDs to interpret the character, syllable or word. The cost of the hardware used is USD\$ 40 approximately. The prototype was tested by teachers and blind students, teachers manifest their conformity with the system functionality, because it is more intuitive and easy to use compared with traditional paper and awl based system, and blind students can learn Braille literacy in less time than before.

17. Escuela Profesional de Ing. Informática y Sistemas. Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Perú. Correos electrónicos: roel_22h@hotmail.com, saulortizleon322@gmail.com, manuelibarra@gmail.com.

18. Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas. Universidad Nacional José María Arguedas, Apurímac, Perú. Correos electrónicos: angelnr22@gmail.com, astoleonidas@gmail.com.

Keywords: Arduino, blind people, braille, literacy, Ñawinchay

Introducción

La mayoría de las personas en el mundo accede a la lectura de textos impresos y digitales mediante la vista. Un informe de investigación sobre la salud ocular realizada por una Comisión del Congreso de la República del Perú [1] indica que, según el Ministerio de Salud (MINSA), a nivel mundial se han reportado 39 millones de personas ciegas, lo cual representa un 13% de la población total; 2.4 millones de personas ciegas en Latinoamérica y 160 mil personas ciegas en el Perú (alrededor de 300 mil personas con discapacidad visual severa). Según algunas proyecciones realizadas y en caso de no tomar medidas preventivas, se estima que para el 2020, el número de ciegos en Latinoamérica bordeará los 5 millones.

Según el Instituto Nacional de Oftalmología del Perú (INO) , los principales problemas de salud ocular en el Perú son: aumento de patologías oculares debido a la falta de prevención, lo cual es más notorio en la población en pobreza y extrema pobreza; limitado acceso hacia los servicios de salud por parte de la población de provincias, debido a factores geográficos y económicos; la población con bajos recursos económicos tienen dificultad cubrir su atención [2].

Las personas ciegas tienen limitaciones para aprender a leer textos impresos o digitales. Una alternativa utilizada por los ciegos para aprender a leer es mediante el sentido del tacto mediante y el alfabeto denominado Braille; sin embargo, se estima que sólo el 10% de las personas ciegas en el mundo lee utilizando dicho sistema [2].

La Organización de Naciones Unidas (ONU) durante la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad, en diciembre de 2006 [3], reconoció las discapacidades desde una concepción de derechos humanos basada en el modelo social, y no el biológico o el rehabilitador.

La educación inclusiva es la atención a la diversidad de personas, donde no hay exclusiones, en la que conviven y aprenden todos los estudiantes independientemente de sus características individuales, grupales o contextuales, en la que las personas que poseen algún tipo de discapacidad se encuentran incluidas dentro de este rubro y tienen el mismo derecho a recibir una educación de calidad con equidad como cualquiera de sus compañeros [4]. En la educación inclusiva sobresalen cuatro ideas que ayudan a explicar su sentido: la inclusión como un derecho humano; la inclusión como la vía para garantizar la equidad en educación; el derecho que tiene cualquier persona a ser educado junto a

sus iguales; y, por último, la necesidad de que la sociedad asegure el desarrollo de la inclusión [4].

Según lo establece la Ley General de Educación N° 28044, en su artículo 39, menciona que: La Educación Básica Especial tiene un enfoque inclusivo y atiende a personas con necesidades educativas especiales, con el fin de conseguir su integración en la vida comunitaria y su participación en la sociedad. Se dirige a: a) Personas que tienen un tipo de discapacidad que dificulte un aprendizaje regular; b) Niños y adolescentes superdotados o con talentos específicos [5]. Se denomina CEBE al Centro de Educación Básica Especial y según un reporte del Ministerios de Educación [6] en Apurímac existen 39 de estos centros divididos en nivel inicial, primaria y secundaria.

Las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) son un medio que permiten favorecer y fomentar la igualdad de oportunidades de la población de alumnos con habilidades especiales, que, por determinadas razones biológicas, psicológicas, culturales, sociales, etc., no pueden acceder a determinados contenidos curriculares como el resto de sus compañeros [7]. Generalmente el uso de las TIC y la atención a las personas con discapacidad nos conduce a pensar en una Educación Especial y en cómo la tecnología apoya educativamente a las personas con discapacidad a lo que se denomina la “tecnología adaptativa” [8].

Es preciso recalcar que el profesor juega un papel central en la incorporación de las TIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje de niños con discapacidad visual; por lo tanto, es necesario que el docente esté preparado con sus conocimientos de pedagogía para la educación de niños especiales, por ejemplo, diseñar material didáctico especial para el niño ciego.

Según un informe del Ministerio de Economía y Finanzas del Perú en el año 2011, el 70.3% de los habitantes de la región de Apurímac vive en situación de pobreza [9]; esto nos muestra que en Apurímac y especialmente en el área rural, la infraestructura educativa es deplorable, el acceso a las TIC es escasa, algunas Instituciones Educativas no tienen acceso a internet, entre otros problemas que incrementan la brecha digital frente a los colegios de la Capital [10], [11].

Ante el problema anteriormente mencionado, este proyecto busca la inclusión de los niños y adolescentes ciegos en la sociedad y en la educación, para que tengan la oportunidad de iniciar su aprendizaje en la lectura de textos; para esto, se diseñó e implementó un sistema de lectura con el alfabeto Braille, utilizando una computadora convencional, placa Arduino y servomotores que accionan los 6 puntos con los que se forman las letras del alfabeto, símbolos o números, ver Figura 1.

La sección II muestra los trabajos relacionados referidos al uso del método de lectura con Braille; la sección III explica la enseñanza del alfabeto Braille en Apurímac, la sección IV explica las características principales del diseño y la implementación del sistema propuesto basado en la plataforma Arduino; la sección V describe los resultados obtenidos respecto al costo y las pruebas de rendimiento realizadas; la sección VI trata sobre la discusión de los resultados; y finalmente la sección VII presenta las conclusiones de esta propuesta y el trabajo futuro a realizar.

Trabajos relacionados

En España, González-García realizó una investigación titulada “Comprensión lectora en braille, y utilizando vías alternativas”, en el estudio participaron 89 personas ciegas, cuyos niveles educativos iban desde el final de Educación Primaria hasta Bachillerato, para esto utilizaron tres formas de lectura: lectura de textos mediante el método braille, lectura de texto mediante voz natural y lectura de texto mediante voz sintética. Los resultados mostraron que la comprensión lectura mediante el método Braille ofrece mejores rendimientos en comprensión de textos que la voz sintética; y ésta, a su vez, mejores que la voz natural [12].

En Colombia, Duarte-Baron [13] diseñaron e implementaron un dispositivo mecatrónico para facilitar el aprendizaje del sistema de lectoescritura Braille, orientado principalmente a niños de 4 a 8 años de edad, considerando la accesibilidad a los niños con habilidades especiales. El dispositivo se comunica inalámbricamente con una computadora personal y ésta se interconecta con mediante un software denominado tutor indicándole al usuario mediante un sonido si acertó o no con la letra escrita. La validación de este prototipo se realizó con niños de discapacidad visual.

Otra investigación realizada en Colombia por Suarez y otros [13] “Dispositivo tecnológico para la optimización del tiempo de aprendizaje del lenguaje Braille en personas invidentes”, plantearon diseñar e implementar un prototipo electrónico, que permita mejorar los tiempos de aprendizaje inicial de la escritura Braille en personas con situación de discapacidad visual especialmente en niños y adolescentes. Para esto realizaron un prototipo electrónico digital, el cual después de realizar la escritura por parte del usuario, identifica y hace una traducción del Braille por medio de un sistema de síntesis de voz que genera las palabras de manera artificial con el objeto de verificar si la escritura en Braille es o no correcta. El resultado obtenido en este proyecto es un prototipo electrónico de fácil acceso y comprensión el cual permite mejorar los tiempos en el aprendizaje inicial de escritura Braille.

Este artículo presenta el desarrollo e implementación de un prototipo de bajo costo y bajo consumo de energía para el aprendizaje de la lectura mediante el sistema Braille en niños con discapacidad visual. De esta manera se brinda una forma de aprender la lectura de los niños ciegos de bajos recursos económicos.

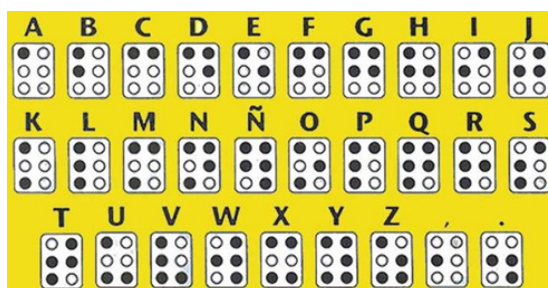
Enseñanza del alfabeto braille en Apurímac

Sistema braille

A veces se piensa que el sistema braille es un idioma, pero en realidad es un “alfabeto” que permite la lectura y escritura táctil, está pensado para personas con limitación visual (total o parcial). Fue ideado por el francés Louis Braille a mediados del siglo XIX.

Consiste en celdas de seis puntos en relieve, organizados como una matriz de tres filas por dos columnas, y están numeradas de arriba a abajo y de izquierda a derecha. La presencia o ausencia de puntos en relieve permite la codificación de los símbolos. Los seis puntos permiten obtener 64 combinaciones diferentes ($2^6=64$). Los símbolos generados por estas combinaciones representan letras, números, signos de puntuación, símbolos matemáticos, símbolos musicales, grafía científica, entre otros [14], ver Figura 1.

Figura 1.
Alfabeto braille



Actualmente en Apurímac-Perú, la enseñanza a los niños con discapacidad de varios tipos como: visual, motora, con síndrome de down, retardo mental, entre otros, se realizan en los colegios denominados “Centro de Educación Básica Especial” (CEBE).

En estos colegios CEBE, los profesores deben de tener una especialización para enseñar a los niños con discapacidad visual total o parcial. El Ministerio de Educación del Perú, proporciona materiales para la enseñanza de la lectura a

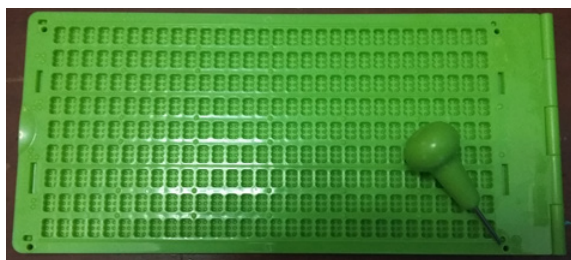
estos niños especiales. El problema es que estos materiales, muchas veces llega a destiempo a la Institución Educativa y según comentario de los docentes, el tiempo de aprendizaje es bastante elevado. A continuación, se describen los materiales con los que actualmente trabajan los docentes.

Regleta y punzón

La regleta para la enseñanza del alfabeto Braille, tiene 30 x 9 celdas y en cada celda existe 6 puntos para graficar una letra y utiliza un papel especial para que el punzón pueda marcar los relieves de cada punto, ver figura 2.

Figura 2.

Regleta y punzón para enseñar alfabeto Braille en Apurímac



El problema con estas regletas es que la forma de marcar los puntos en relieve está en forma invertida a los que el alumno debe leerlos; es decir que el profesor escribe en forma inversa, para que, al voltear el relieve, el alumno lo pueda leer correctamente.

Cajas de huevos y bolitas de plástico

En algunas Instituciones Educativas que no tienen el material distribuido por el Ministerio de Educación en el Perú, los profesores se ingenian y utilizan cajas de huevos vacías y bolitas de plástico, tal como se muestra en la Figura 3.

Figura 3.

Caja de huevo y bolitas de plástico para enseñar el alfabeto Braille

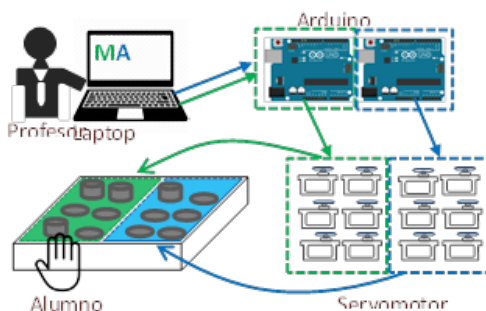


Diseño e implementación del sistema braille basado en hardware libre

Arquitectura lógica de la herramienta

En esta sub sección explicaremos la arquitectura lógica de esta propuesta, en la Figura 4, se muestra la relación entre los elementos lógicos de esta solución.

Figura 4.
Arquitectura lógica de la propuesta



El profesor escribe una letra o sílaba en la pantalla de una computadora de escritorio o computadora personal. Luego por medio del puerto COM 3 o COM 4, la computadora envía una señal por cada uno de los caracteres (uno por uno) hacia el dispositivo Arduino, posteriormente cada uno de estos caracteres son decodificados y traducidos al sistema Braille, y determina cuál de los 6 LED deben subir y para esto debe activar y realizar el movimiento y combinación del servomotor; finalmente, los servomotores suben o bajan los LED. Los LED se usan como puntos de relieve del sistema de codificación Braille, mas no, para emitir luz.

Detalle del software desarrollado

La programación del software se realizó básicamente utilizando dos componentes: por un lado, el Framework de Arduino para controlar las interfaces en entrada y salida de los periféricos; y, por otro lado, el lenguaje de programación Java SE 7 se utilizó para tener la interfaz del usuario final mediante un formulario de entrada de datos.

Evaluación de costos

En el mercado existen dispositivos para el aprendizaje del alfabeto Braille, así, por ejemplo, “handytech” que es un dispositivo que interactúa mediante

Bluetooth con un dispositivo celular, tiene un costo de USD\$ 1000 (mil dólares aproximadamente) en la tienda de eBay .

Por otro lado, también existe en el mercado máquinas de escribir para el sistema Braille, así, por ejemplo, Electric Perkins Brailier, que es una máquina que permite escribir con poco esfuerzo y por un tiempo prolongado, tiene un costo aproximado de 975 dólares.

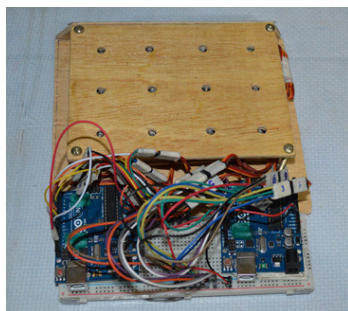
Se puede apreciar que los costos de los dispositivos Braille en el mercado son bastante elevados e imposibles de ser adquiridos en Apurímac por una región en extrema pobreza, es por eso que este proyecto plantea un prototipo del sistema Braille a bajo costo. El componente más importante para la creación de este dispositivo es la placa Arduino y se completan otros componentes, cuyo monto total asciende a 40 dólares aproximadamente (equivalente a 130.2 soles peruanos con el tipo de cambio 3.25 por un dólar americano), el detalle de los costos se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1.
Detalles de costos

	Cantidad	RU (USD\$.)	Subtotal (USD\$.)
Placa Arduino	2	7.38	14.77
Servomotor	12	1.85	22.15
Protoboard	1	2.46	2.46
LED	12	0.03	0.37
Cables	1	0.31	0.31
		Total	40.06

Para realizar este proyecto se ha requerido de dos placas pequeñas “Arduino”, 12 servomotores, un protoboard, LEDs y cables de conexión. El prototipo construido se muestra en la Figura 5.

Figura 5.
Prototipo del sistema Braille propuesto



Especificaciones del arduino utilizado

El dispositivo Arduino que se utilizó, es de bajo consumo de energía y tiene las características mostradas en la Tabla

Tabla. 2.
Especificaciones de arduino uno

Descripción
Microcontrolador ATmega328.
Voltaje de entrada 7-12V.
14 pines digitales de I/O (6 salidas PWM).
6 entradas análogas.
32k de memoria Flash.
Reloj de 16MHz de velocidad.

Resultados obtenidos

Instituciones en las que se probó el sistema

Este prototipo fue probado con docentes que enseñan a niños y adolescentes especiales con discapacidad visual en dos colegios: el primero fue en la ciudad de Abancay en la Institución Educativa CEBE-11-La Salle de Abancay en la cual participó un estudiante y el otro colegio en el que se probó fue en la Institución Educativa CEBE-07 del distrito de Curahuasi, ver Tabla III.

Tabla 3.
Lista de colegios, estudiantes y docentes capacitados

Código Modular	Institución Educativa	Cantidad estudiantes	Edad (años)	Cantidad docentes
1332253	CEBE-11 LA SALLE	1	18	1
0787366	CEBE-07	2	20 y 11	1

Pruebas con el usuario final

Los alumnos participantes en esas pruebas, son alumnos de escasos recursos económicos, dos de ellos tienen ceguera total y el otro tiene ceguera parcial que cada día empeora más y más.

En ambos colegios, primero se capacitó a las profesoras en el uso del sistema Braille que previamente se diseñó e implementó. En la capacitación se les explicó que era necesario que cada una de ellas disponga de una laptop o computadora de escritorio y conectar los dos cables USB del Arduino a su computadora, luego

inicializar el programa “Ñawinchay” (escrito Java) que se puso como acceso directo en el escritorio de la computadora, luego el docente debe ingresar las letras o palabras en el formulario, y configurar el tiempo de retardo entre cada letra desplazada al módulo de relieve del Braille (el tiempo es configurable desde 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3...100 segundos), ver Figura 6.

Figura 6.
Profesora probando el sistema Braille



Una vez que la profesora pone la letra, sílaba o palabra, el alumno empieza a poner la mano sobre el módulo Braille y utilizando el tacto de la mano debe determinar la letra, sílaba o palabra que está representada en el relieve, ver Figura 7.

Al inicio la profesora le orienta al alumno agarrándole de la mano y explicándole que cada uno de los puntos elevados del LED viene a ser un punto de relieve y que un carácter está formado por la combinación de 6 puntos en relieve. Si bien es cierto que al inicio el alumno dificulta en calcular las distancias entre cada uno de los puntos en relieve (representados por cada uno de los LED), después de unos 2 intentos queda memorizado y lo hace sólo sin necesidad de apoyo.

Resultado de las pruebas con el ABC

Estas pruebas se realizaron solamente utilizando una letra del ABC (abecedario o alfabeto del idioma español), es decir poner una sola letra en la interfaz del formulario, luego se midió el tiempo y el número de intentos que hizo el alumno para las 5 primeras letras del ABC.

Figura 7.
Alumno probando el alfabeto Braille



Tabla 4.
Tiempo de aprendizaje del abc

Letra	Nro. de intentos	Tiempo (Segundos)
A	4	124
B	4	122
C	3	117
D	4	120
E	3	116
promedio	3.6	119.8

Según se observa en el cuadro anterior, el alumno para poder memorizar uno de los 5 primeros caracteres del alfabeto demora un promedio de 119.8 segundos, y lo realiza en 4 intentos. Este tiempo fue bastante alentador para la profesora y sobre todo le gustó el hecho que puede cambiar de carácter en la pantalla de la computadora de manera fácil.

Resultado de las pruebas con SILABAS (unión de letras)

Estas pruebas se realizaron después de hacer la anterior prueba con letras individuales, de tal forma que ahora se agruparon de dos en dos, una consonante y una vocal.

Tabla 5.
Tiempo de aprendizaje de la sílaba

Sílaba	Nro. de intentos	Tiempo(segundos)
MA	6	263
ME	5	239
MI	4	224
PA	6	283
PE	5	237
promedio	5.2	249.2

Según se observa en la Tabla V, el alumno para poder memorizar una de las 5 sílabas dadas demora un promedio de 249.2 segundos, y lo realiza en 6 intentos (5.2 para ser preciso). Aquí se debe considerar que las vocales “A” y “E” ya se le había enseñado en el anterior ejercicio y la única vocal nueva era la “I”, y la consonante “M” y “P” eran también nuevas. Es preciso aclarar que, en este ejercicio, la profesora le explica al alumno, que los 6 primeros puntos (LEDs) le pertenecen a la primera letra y los 6 siguientes puntos (LEDs) le pertenecen a la segunda letra y combinando ambas debe de pronunciar a la que corresponde.

Resultado de las pruebas con palabras

Tabla 6.
Tiempo de aprendizaje de la palabra

Sílaba	Nro. de intentos	Tiempo(segundos)
MAMA	10	564
MAPA	11	477
PUMA	12	684
PAPA	9	449
PEPA	10	552
promedio	10.4	545.2

Según se observa en la Tabla VI, el alumno para poder memorizar una de las 5 palabras dadas demora un promedio de 545.2 segundos, y lo realiza hasta en 11 intentos (10.4 para ser preciso). Aquí se debe considerar que no hubo ninguna letra nueva, todas fueron combinaciones de las anteriores. La complejidad estuvo que el prototipo arrojaba de dos en dos letras para formar la palabra de cuatro letras, por ejemplo: el profesor escribía PUMA y el sistema enviaba primero

P+U luego el alumno lo interpretaba, después de unos 10 segundos el sistema automáticamente lanzaba los siguientes dos caracteres M+A, y el alumno tenía que memorizar las dos letras anteriores. Esto era una dificultad para el alumno cuando las palabras estaban compuestas por más de 2 letras.

Discusión

Este trabajo muestra el diseño y la implementación de la primera versión del prototipo que sirve para enseñar el ABC y las sílabas a niños y adolescentes con habilidades especiales. Los tiempos empleados por los alumnos (usuarios del sistema) para poder completar el aprendizaje de las sílabas es mayor que el de los tiempos para aprender las letras del ABC.

El prototipo desarrollado funciona bien y utiliza adecuadamente la energía eléctrica de una laptop; existe otra alternativa: utilizar un solo dispositivo Arduino MEGA con registros de desplazamiento y en cuanto a costos, se tendría un monto similar; el problema es que se requeriría pilas o batería externa para que funcione adecuadamente. Por otro lado, el prototipo funciona para palabras con más de dos letras, pero se muestra de dos en dos letras con un tiempo de retardo entre cada sílaba.

Conclusiones y trabajo futuro

Este trabajo de investigación permite mostrar un avance del sistema de bajo costo llamado “Nawinchay” y propuesto para el aprendizaje del alfabeto mediante el sistema Braille. En las pruebas participaron 3 alumnos y 2 profesores de dos Instituciones Educativas de Abancay-Perú.

De acuerdo a las pruebas realizadas se ha podido observar que los alumnos ciegos tienen muchas dificultades al iniciar el proceso de aprendizaje del alfabeto español, primero porque no tienen un mucho contacto las TIC en el mundo que les rodea (el sistema Braille), luego una vez que han tenido un primer contacto se inicia el proceso de aprendizaje en forma lenta, comparado con un niño normal.

Por otro lado, se ha podido observar que los niños aprenden las primeras letras del ABC de manera lenta, pero después de varios intentos, lo logran hacer; luego cuando pasan a aprender las sílabas, también logran comprenderlo de manera lenta; el problema se complica cuando tienen que aprender las palabras, porque el sistema “Nawinchay” trabaja con dos servomotores y cada una controla una letra y cuando se requiere formar palabras con más de 3 letras el alumno tiene que formar las palabras uniendo de dos en dos letras (requiere memorizar las anteriores).

En opinión de los profesores, el sistema “Ñawinchay” es una herramienta muy innovadora y motivadora en comparación con los tradicionales y con lo que ellos estaban acostumbrados a enseñar (regleta y punzón). Una de las profesoras mencionó que para el aprendizaje inicial del alfabeto en personas ciegas es muy adecuado el tamaño del Braille preparado, porque con la herramienta de la regleta y el punzón tienen dos dificultades: uno que se escribe y lee al revés y otro que el tamaño es muy pequeño para los dedos de los estudiantes.

Para dar mayor alcance y validez a la herramienta propuesta, es necesario hacer pruebas con niños ciegos de otras provincias y regiones del país.

Como trabajo para el futuro se tiene pensado mejorar el sistema “Ñawinchay”, de tal manera que pueda funcionar para palabras completas (por lo menos 10 letras), de tal forma que el alumno pueda aprender palabras completas con mayor facilidad y sin tener que memorizar las sílabas anteriores. Por otro lado, se tiene pensado ver la posibilidad de utilizar el celular del profesor en vez de laptop, esto porque algunos profesores no llevan todos los días sus laptops al colegio, para esto se utilizaría el módulo Bluetooth HC06 o HC05 lo cual podría incrementar ligeramente el costo.

Referencias

- [1] L. M. Melchor and C. A. Magallanes, “LA SALUD OCULAR EN EL PERÚ,” 2014. [Online]. Available: [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/27D84DEC2A680B2D052580810072AD3E/\\$FILE/244_INFIN-VES92_2014_2015_salud_ocular.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/27D84DEC2A680B2D052580810072AD3E/$FILE/244_INFIN-VES92_2014_2015_salud_ocular.pdf). [Accessed: 03-Nov-2017].
- [2] L. González-García, “COMPENSIÓN LECTORA EN BRAILLE, Y UTILIZANDO VÍAS ALTERNATIVAS,” *Rev. SOBRE CEGUERA Y Defic. Vis.*, no. 48, pp. 7–24, 2006.
- [3] ONU, “Convención de las Naciones Unidas sobre los derechos de las personas con discapacidad,” 2006. [Online]. Available: <http://www.un.org/spanish/disabilities>. [Accessed: 03-Nov-2017].
- [4] A. Moríña, “Teoría y práctica de la educación inclusiva,” Málaga: Aljibe, 2004.
- [5] MINEDU, “Ley General de Educación - 28044,” 2003. [Online]. Available: http://www.minedu.gob.pe/p/ley_general_de_educacion_28044.pdf. [Accessed: 03-Nov-2017].
- [6] ESCALE, “Estadísticas Instituciones Educativas,” 2017. [Online]. Available: <http://escale.minedu.gob.pe/>.
- [7] S. A. García, “Las TIC para la igualdad,” *Educ. Siglo XXI*, vol. 28, no. 1, pp. 353–355, 2010.

- [8] M. García and R. López Azuaga, “Explorando, desde una perspectiva inclusiva, el uso de las TIC para atender a la diversidad,” 2012.
- [9] MEF, “informe económico MEF,” 2018. [Online]. Available: https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/boletines/boletines_pi/boletin5/BIP05_Analisis_Territorial.pdf. [Accessed: 16-Jan-2018].
- [10] M. Ibarra, P. Ataucusi, and E. Ataucusi, “EducaApuimac una plataforma educativa con múltiples recursos digitales para enseñar en escuelas rurales sin acceso a internet,” *An. temporários do LACLO* 2015, vol. 10, no. 1, p. 26, 2015.
- [11] M. J. Ibarra, W. Soto, P. Ataucusi, and E. Ataucusi, “MathFraction: Educational serious game for students motivation for math learning,” in *Learning Objects and Technology (LACLO)*, Latin American Conference on, 2016, pp. 1–9.
- [12] K. Duarte-Barón, J. X. Pabón, R. Claros, and J. J. Gil, “Design and construction of a device for facilitating the learning of Braille literacy system,” *Ing. y Compet.*, vol. 18, no. 1, pp. 79–92, 2016.
- [13] C. A. H. Suarez, L. F. P. Martinez, and D. A. L. Sarmiento, “Dispositivo tecnológico para la optimización del tiempo de aprendizaje del lenguaje Braille en personas invidentes,” *Rev. Salud Pública*, vol. 13, no. 5, pp. 865–873, 2011.
- [14] S. Castañeda Meziat and E. Maldonado Camargo, “AB Sé!: sistema para el aprendizaje de lectoescritura en braille,” 2009.

Ventajas y desventajas del uso de dispositivos móviles por jóvenes con discapacidad intelectual

Alfredo Mendoza-González,¹⁹ Cristian Rusu²⁰
 José G. Arceo-Olague, Huizilopoztli Luna-García
 Jorge I. Galván-Tejada, José M. Celaya-Padilla
 Hamurabi Gamboa-Rosales, Roberto Solís-Robles²¹
 Ricardo Mendoza-González²²

Abstract

El uso de dispositivos móviles se integra cada vez más a las vidas de personas con discapacidad intelectual; esto en actividades diversas relacionadas con la comunicación, el entretenimiento, y la educación. Pero; ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de esto? En este sentido, se realizó un estudio inicial en el que participaron 25 jóvenes mexicanos y chilenos con discapacidad intelectual entre 15 y 18 años de edad; todos ellos usuarios habituales de dispositivos móviles en sus

19. Instituto de Investigación, Desarrollo e Innovación en Tecnologías Interactivas. Aguascalientes, Ags. México. Correo electrónico: alfredo.mendoza@iiditi.mx

20. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Valparaíso, Chile. Correo electrónico: cristian.rusu@pucv.cl

21. Universidad Autónoma de Zacatecas. Zacatecas, México. Correos electrónicos: arceojg@uaz.edu.mx, hlugar@uaz.edu.mx, gatejo@uaz.edu.mx, jose.celaya@uaz.edu.mx, hamurabi@uaz.edu.mx, rsolis@uaz.edu.mx.

22. Instituto Tecnológico de Aguascalientes. Aguascalientes, México. Correo electrónico: mendozagric@mail.ita.mx

respectivos entornos socio-culturales. El estudio involucró observación directa, encuestas a los involucrados y a sus cercanos, así como participación activa en su entorno cultural. Los primeros resultados revelaron que el uso primordial de esta tecnología es el entretenimiento; sin embargo, reflejan también un dominio considerable de la interacción con estos dispositivos lo cual se puede aprovechar para fomentar el desarrollo de estrategias tecnológicas orientadas a mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad intelectual.

Keywords: Intellectual disability, Latin America, Interaction, Accessibility.

Introducción

Las nuevas tecnologías han enriquecido la vida de las personas en diferentes aspectos, que van desde el ocio, la comunicación, la investigación científica, la práctica médica, etc. Los dispositivos móviles como los teléfonos inteligentes y las tabletas digitales son posiblemente los dispositivos tecnológicos más populares actualmente, utilizados prácticamente por toda la sociedad, incluyendo niños, personas de la tercera edad, profesionistas, amas de casa y personas con discapacidad, por mencionar algunos.

La accesibilidad en la sociedad de la información implica el acercamiento de los servicios de las nuevas tecnologías a todas las personas, sin importar sus características físicas o condición intelectual [1]. Es bien sabido que las personas con discapacidad utilizan cotidianamente los teléfonos inteligentes y las tabletas digitales; sin embargo, se desconoce el sentido en que los usan; siendo confuso el nivel de aprovechamiento que tienen de esta tecnología. Esta investigación se enfoca en conocer cómo los usuarios con discapacidad intelectual hacen uso de la tecnología móvil; haciendo un estudio de las experiencias encontradas en el análisis del uso cotidiano que, 25 jóvenes con discapacidad intelectual de México y Chile, dan a teléfonos inteligentes y tabletas electrónicas. Junto con el análisis del propósito de uso de los dispositivos móviles, el estudio incluyó datos de los tipos, modelos y costos de los dispositivos más utilizados, aplicaciones y programas más populares, tiempo de interacción, además de datos etnográficos sobre la población de estudio.

El resto del artículo está conformado de la siguiente manera: El apartado 1, como parte de la introducción presenta una breve descripción de las características de las personas con discapacidad intelectual, así como su contexto actual en México y Chile. Se presenta también el contexto tecnológico actual de ambos países, referente a la tecnología móvil. La sección introductoria finaliza con una síntesis de las investigaciones previas relacionadas con el objetivo de este

trabajo. La metodología que se siguió para esta investigación se muestra en el apartado II, incluyendo el análisis de los datos y los resultados. Finalmente, en el apartado III se presentan las conclusiones de la investigación.

Discapacidad intelectual

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) en su Convención para las Personas con Discapacidad, menciona que, el término correcto para llamar a un individuo que padece de alguna discapacidad es “Persona con Discapacidad” [2]. Una persona con discapacidad refiere la organización, es una persona que presenta restricciones en la clase o en la cantidad de actividades que puede realizar debido a dificultades corrientes causadas por una condición física o mental permanente o mayor a seis meses.

En México, el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) adaptó esta definición de la ONU para su censo de 2010: “una persona con discapacidad es aquella que tiene alguna limitación física o mental para realizar actividades en su casa, escuela o trabajo, como caminar, vestirse, bañarse, leer, escribir, escuchar, entre otras.” [3]. En Chile, la ley 20.22 indica la adopción del término definido en la convención, estableciendo así las normas sobre igualdad de oportunidades e inclusión social de personas con discapacidad [4].

El concepto de discapacidad propuesto por la ONU tiene un enfoque dinámico, como la misma convención lo refiere: “... es un concepto que evoluciona y que resulta de la interacción entre las personas con discapacidad y las barreras debidas a la actitud y al entorno que evita su participación plena y efectiva en la sociedad, en igualdad de condiciones con las demás” [5].

El 22 de mayo de 2001 el comité ejecutivo de la Organización Mundial de la Salud, dio a conocer una clasificación de discapacidad, nombrada Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la discapacidad y de la Salud (CIF); en base al concepto de que: “La discapacidad es un término que engloba deficiencias, limitaciones a la actividad y restricciones a la participación, refiriéndose a los aspectos negativos de la interacción entre un individuo (con una condición de salud) y los factores contextuales de ese mismo individuo (factores personales y ambientales)” [5].

El Manual de Diagnóstico y estadístico de trastornos mentales (DSM, por su traducción al inglés Diagnostic Statistical Manual), define la discapacidad intelectual, también llamada trastorno del desarrollo intelectual, como limitaciones en el funcionamiento intelectual, y del comportamiento adaptativo en los dominios conceptual, social y práctico [6]. El manual menciona que las

personas con discapacidad intelectual tienen dificultades en el trabajo de la memoria (verbal o a corto plazo) donde su desarrollo es usualmente pobre. Esto afecta directamente el aprendizaje de lenguajes y genera una gran dificultad para aprender auditivamente afectando también el razonamiento y solución de problemas. En cuanto al desarrollo motriz, generalmente se retrasa y a su vez retrasa el progreso en otras habilidades académicas y personales, por ejemplo, escritura a mano, educación física, manipulación de dispositivos [7].

Respecto la prevalencia de personas con discapacidad que actualmente residen en los países donde se desarrolló el estudio, podemos mencionar que en México es del 6%, donde alrededor de 450 mil son personas con discapacidad intelectual [7] [8]. En Chile, la prevalencia de personas con discapacidad alcanza el 20%, siendo alrededor de 373 mil personas con discapacidad intelectual [9]. Ambas estadísticas incluyen personas con alguna discapacidad de leve a severa.

En cuestión de aprendizaje, a las personas con discapacidad intelectual les toma más tiempo para aprender cosas nuevas y para completar las actividades, requieren un aprendizaje descompuesto en pequeñas partes, beneficiarse de señales visuales, enseñanza explícita de ciertas habilidades y la repetición como medio para retener nueva información [10]. Así mismo, las personas con discapacidad intelectual tienen deficiencias en algunos dominios de lenguaje receptivo que superan sus deficiencias en el dominio cognitivo [11]. Se ha encontrado que, como grupo, las personas con discapacidad intelectual tienen puntuaciones equivalentes de edad más bajos en el TACL-R (Test for Auditory Comprehension of Language) que las de niños de la misma edad con desarrollo mental común [12].

Contexto tecnológico en México y Chile

En México la Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los hogares indicó que 14.7 millones de hogares (aproximadamente el 45% del total nacional) cuentan con al menos una computadora, siendo cerca de 55.7 millones de personas, usuarios de computadora; respecto a los servicios de internet, cerca de 13 millones de hogares (casi el 40% del total nacional) cuentan con tal servicio, siendo aproximadamente 62.4 millones de personas que utilizan internet [13].

Según cifras de la misma encuesta, los usuarios mexicanos utilizan los servicios de internet principalmente para obtener información general (88,7%), como herramienta de comunicación (84.1%), para acceder a contenido multimedia (76.6%) y para hacer uso de redes sociales (71.5%); respecto a la tecnología

móvil, cerca del 80% de la población utiliza telefonía móvil, mientras que el 70% utiliza internet desde dichos dispositivos.

En Chile, según información proporcionada por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, cerca del 85% de los hogares cuenta con al menos un ordenador. Así mismo, el 84.1% de la población cuenta con acceso a internet; siendo un total de 15.3 millones de usuarios [14].

Los resultados de la Encuesta Nacional de Acceso y Uso de Internet, indican que las principales razones por las que las personas hacen uso de internet son: obtener información general (92%), como herramienta de comunicación (89%), Educación (74%), , como medio de entretenimiento (60%) y para hacer uso de redes sociales (55%) [4].

En el uso de dispositivos móviles, cerca del 74% de los chilenos cuentan con al menos un dispositivo móvil. Y del total de accesos a internet, más del 80% son realizadas desde dispositivos móviles [14].

Trabajos relacionados

De acuerdo con [15] los dispositivos móviles son comúnmente utilizados por personas con discapacidad; y son, cada vez más, adoptadas en programas de educación y rehabilitación para personas con discapacidad intelectual. Las investigaciones actuales indican que los dispositivos móviles son útiles y efectivos al ser utilizados como herramientas de apoyo en actividades escolares, comunicación, empleo y entretenimiento de personas con discapacidad intelectual [16].

En [17] los autores realizaron un estudio sobre la eficiencia de intervenciones para personas con discapacidad intelectual basadas en tecnología móvil. En el estudio se analizaron los datos de 78 participantes con diversas discapacidades como autismo, discapacidad en el desarrollo, discapacidad intelectual y discapacidad múltiple; quienes comparten limitaciones en el funcionamiento cognitivo (por debajo de lo normal), en la comunicación y en las habilidades adaptativas. Las autoras reconocen el hecho de que esta tecnología no requiere de adaptaciones significativas para ser utilizadas por personas con esta discapacidad. El estudio concluye que los dispositivos móviles son en su mayoría utilizados como medio de instrucción, dejando a un lado todas las ventajas que dicha tecnología puede llegar a tener en por ejemplo mejorando las habilidades de comunicación, las habilidades sociales y hasta la administración de las tareas personales; es decir, hacer uso de la tecnología móvil no solo como apoyo en las actividades académicas sino como complemento en la preparación para el trabajo y la vida en la sociedad.

En [18] se presenta un estudio descriptivo exploratorio sobre el uso de dispositivos móviles como ayuda para la comunicación de personas con discapacidad cognitiva. Los objetivos del estudio fueron en primer lugar explorar los perfiles de las personas con discapacidad intelectual que hacen uso de tabletas digitales como apoyo a su comunicación; y, en segundo lugar, reportar los cambios observados en las habilidades de comunicación, a raíz del uso de dichos dispositivos. El estudio, realizado en la ciudad de Montreal, Canadá, presenta el análisis de uso de tabletas digitales iPad® por 7 adultos, en edades entre 27 y 54 años, pertenecientes a un centro de atención a personas con discapacidad intelectual, quienes tenían al menos 6 meses utilizando estos dispositivos. Los resultados demostraron que las tabletas iPad® tienen la capacidad de ser utilizados eficazmente como sistema alternativo y aumentativo de comunicación en las personas con discapacidad intelectual.

En [19] se presenta un estudio sobre la aplicación de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) para las personas con discapacidad, desde el punto de vista pedagógico, es decir, la manera en que estas tecnologías tienden a ser utilizadas en el proceso de aprendizaje para las personas con discapacidad. Respecto al uso de TICs en el proceso de aprendizaje de personas con discapacidad intelectual, la autora refiere que son utilizadas principalmente de dos formas, como apoyo en las actividades de aprendizaje, sirviendo como plataforma de aplicación de la estrategia; y como sistema aumentativo y alternativo de comunicación. La autora concluye que el uso de TICs en el proceso de aprendizaje de personas con discapacidad, mejora la calidad de vida de los usuarios, desarrollando autonomía personal, favoreciendo la autoestima y estimulando las habilidades adquiridas en dicho proceso.

En [20] los autores realizaron un estudio exploratorio sobre el uso de internet y telefonía móvil por adultos con discapacidad intelectual en España. Analizaron el uso de TICs por 156 personas adultas, con edades de 30 a 40 años. Los autores concluyen que los patrones de consumo de las TICs por personas con discapacidad intelectual se aproximan, en términos generales, a los de la población neurotípica (i. e. sin discapacidad cognitiva). Entre los resultados destaca que el 90% de los participantes contaba con un teléfono móvil. Respecto a internet, sólo el 50% de los participantes contaba con acceso a dicha red ya fuera dentro o fuera de su hogar. En cuanto a las aplicaciones móviles más utilizadas, los autores únicamente presentan el dato sobre mensajería instantánea, del que sólo el 22% de los participantes declaró utilizarla.

Metodología

Para obtener información sobre el uso de las tecnologías móviles por personas con discapacidad intelectual, realizamos un estudio etnográfico dirigido de la siguiente manera:

1. Definición de la población de estudio
2. Aplicación de encuestas y entrevistas
3. Observación y participación activa in-situ
4. Identificación de actividades y usos
5. Análisis de datos y resultados

Estas etapas, basadas en [21] y [22], permitieron a los investigadores ir profundizando su conocimiento en la población y sus características, obteniendo datos primero, mediante la aplicación de encuestas, realizando entrevistas personales a participantes y personas cercanas a éstos, hasta la obtención de información directamente de experiencias de usuarios con tecnología móvil.

A continuación, se describe con mayor detalle la implementación de la metodología.

Población de estudio

El estudio se llevó a cabo en las ciudades de Aguascalientes, México y Viña del Mar, Chile. Con un total de 25 participantes con discapacidad intelectual, 15 jóvenes mexicanos y 10 chilenos, todos ellos elegidos al azar de tres escuelas en México y dos en Chile incorporadas cada una a su respectivo programa de educación especial nacional.

En la siguiente tabla se presentan algunos datos descriptivos de la población de estudio.

Tabla 1.
Datos descriptivos de la población de estudio

Característica	Participantes Mexicanos	Participantes Chilenos
Edad	$\bar{X} = 16.04$ $S = 1.146$	$\bar{X} = 15.8$ $S = .788$
Género	H: 7 M: 8	H: 4 M: 6
Tipo de discapacidad	Intelectual: 9 Múltiple: 6	Intelectual: 8 Múltiple: 2
Gravedad de Discapacidad	Leve: 3 Moderado: 12	Leve: 2 Moderado: 8
Escolaridad (años)	$\bar{X} = 12.33$ $S = 1.23$	$\bar{X} = 13$ $S = 1.63$

Aplicación de encuestas y entrevistas

Se obtuvieron datos referentes al acceso y uso de dispositivos móviles de los participantes mediante la aplicación de encuestas y entrevistas.

Respecto a las encuestas, se proporcionaron cuestionarios impresos a 70 personas (40 en México y 30 en Chile) que incluyeron padres de familia y tutores, hermanos y otros familiares, profesores y terapeutas. Así mismo, se aplicaron de manera verbal dichos cuestionarios a los 25 participantes. Para los diferentes perfiles se definieron diferentes cuestionarios, tomando como base siguientes preguntas:

1. ¿El participante cuenta con un dispositivo móvil propio? ¿De qué tipo?
2. ¿De qué lugares y/o personas provienen otros dispositivos que el participante utilice?
3. ¿Dónde utiliza el dispositivo móvil?
4. ¿Cuántas horas al día, el participante utiliza el (los) dispositivo(s)?
5. ¿Cuáles son las actividades que mayormente realiza el participante sobre dicho dispositivo?
6. ¿Cuáles son las aplicaciones más utilizadas por el participante?
7. ¿Tiene alguna regla o restricción de uso del dispositivo?
8. ¿Ha recibido recomendaciones uso? ¿De qué fuentes?
9. ¿Utiliza el participante, algún dispositivo móvil como parte de su formación académica, dentro de la escuela?
10. ¿Qué ventajas y desventajas considera que conlleva el uso de dispositivos móviles por el participante?

La encuesta incluyó, en la pregunta 6, una tabla para seleccionar las aplicaciones que comúnmente utilizaba el participante y otra para seleccionar el sitio web.

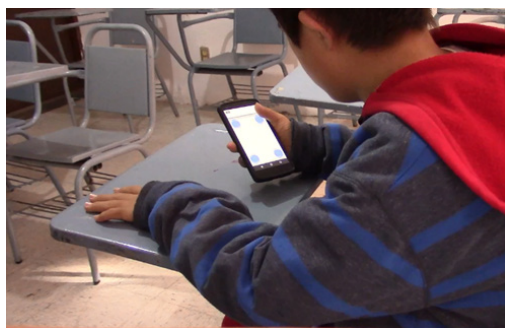
La diferencia entre los cuestionarios de cada perfil implica por ejemplo el lenguaje utilizado, o la especialización de preguntas por ejemplo en las actividades del hogar (a familiares) y en el quehacer académico dentro del aula (al profesor).

Las entrevistas personales por su parte, permitieron indagar y corroborar datos relevantes, obtenidos a partir de las encuestas. Estas entrevistas se realizaron en las escuelas, en las casas de los participantes y en las oficinas de los profesores y terapeutas, según su conveniencia.

Observación y participación activa

Todos los participantes estaban, al momento de la realización del estudio, adscritos a un programa académico de educación especial. El estudio etnográfico realizado incluyó, en una primera instancia, la observación de los participantes en sus actividades académicas involucrando o no el uso de tecnología (figura 1); y posteriormente participando activamente en las mismas como un miembro más de la población.

Figura 1.
Observación directa



Estas actividades permitieron establecer y fortalecer lazos de confianza entre los investigadores y todos los involucrados en la investigación (participantes, familiares, profesores, etc.).

Identificación de actividades y usos

De los 25 participantes, 6 de ellos cuentan con al menos un dispositivo móvil, de los cuales 4 tienen un smartphone y 2 tienen un smartphone y una tableta electrónica. La propiedad de los dispositivos móviles se dividió en propio (26%), de la madre o padre (60%) y otro familiar o persona cercana (14%).

Los lugares de uso de los dispositivos móviles fueron el hogar de residencia (70%), el hogar de algún familiar (40%) el lugar de trabajo de alguno de los padres (30%) y lugares públicos (30%).

El tiempo diario que los usuarios pasan utilizando dispositivos móviles fue en promedio 3.5 horas, teniendo un total de 26 horas, en promedio, de uso a la semana.

Respecto a las actividades que los usuarios realizan en los dispositivos móviles, se encontró que el 80% de los usuarios realizan primordialmente actividades de ocio, incluyendo entretenimiento, redes sociales, contenido multimedia y juegos

en línea o locales. El 15% de los usuarios utilizan principalmente el dispositivo con propósitos académicos, incluyendo juegos y aplicaciones educativas; y el 5% para comunicación.

Las aplicaciones más utilizadas por los usuarios fueron YouTube (70%), juegos locales (20%), juegos en línea (5%) y otras aplicaciones de entretenimiento, incluyendo cámara, redes sociales y mensajería (5%). Ninguno de los participantes declaró utilizar el navegador de internet.

Únicamente 5 de los 25 participantes tienen restringido el uso del dispositivo móvil, el cual es utilizado con fines muy específicos, por ejemplo, para complementar las actividades escolares en el hogar. El resto de los participantes utilizan los dispositivos sin restricción en tiempo y contenido.

12 padres de familia han instalado al menos una aplicación sugerida, principalmente por otros padres de familia (80%), por conocidos o gente cercana a la familia (15%) y por los profesores y terapistas (5%). Sin embargo, solo 4 de ellos supervisan y mantienen actualizado el conjunto de aplicaciones instaladas, dando prioridad a aquellas aplicaciones con contenido académico.

El uso de dispositivos móviles dentro del aula (ver figura 2) se vio muy limitado. Todos los participantes han utilizado al menos una vez un dispositivo móvil como parte de las actividades académicas dentro del aula, sin embargo, al indagar sobre este hecho, los profesores indicaron que hacen uso del dispositivo móvil en promedio 1 de cada 20 sesiones, tendiendo 1 de cada 10 el máximo y una vez en cada ciclo escolar el mínimo.

Figura 2.
Grupo de alumnos en actividad



La siguiente tabla muestra las ventajas y desventajas que los participantes y todos los entrevistados, encontraron en el uso de dispositivos móviles.

Análisis de datos y resultados

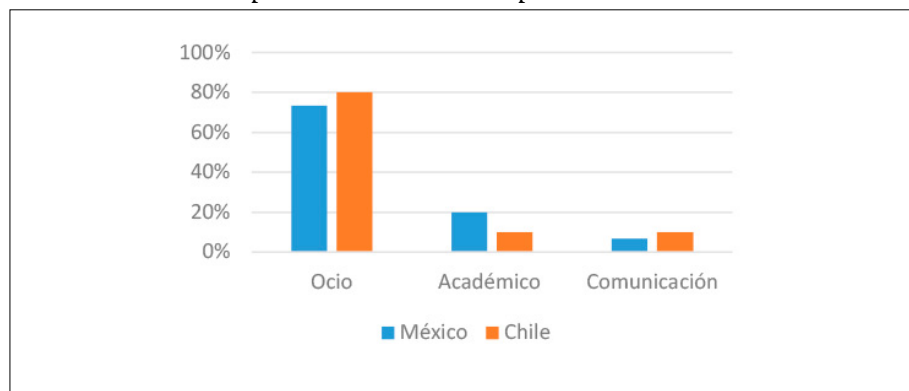
A partir de los datos recabados se lograron determinar los siguientes hallazgos. La frecuencia de uso de los dispositivos móviles, según la región de estudio fue en promedio: México 15.13hrs/sem ($S=6.03$) y Chile 25.7 hrs/sem. ($S=8.28$). La propiedad, es decir la posesión individual y única, de los dispositivos, por personas con discapacidad intelectual, presentó por país: México 20% y Chile: 30%. El lugar donde más se usan los dispositivos móviles es el hogar, con 86.6% en la población mexicana y 80.0% en la chilena.

El propósito de la actividad que los usuarios realizan en los dispositivos móviles se muestra en la figura 1.

Como puede observarse, las actividades de ocio dominaron en ambas poblaciones.

Las opiniones subjetivas de los participantes de acuerdo a las encuestas realizadas, respecto a la tecnología móvil, son muy diversas. En la tabla 2 se han agrupado estas opiniones, de acuerdo con el grupo de entrevistados.

Figura 3.
Propósito de uso de los dispositivos móviles

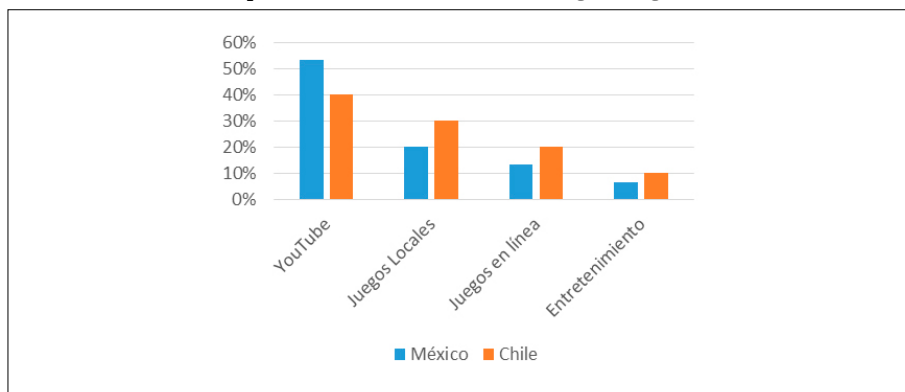


Las aplicaciones más utilizadas según la región de estudio se muestran en la figura 2. En ambas poblaciones YouTube dominó en gran medida, seguida de juegos instalados en el dispositivo, juegos disponibles en internet y otras aplicaciones de entretenimiento

Tabla 3.
Opinión subjetiva hacia los dispositivos móviles

Perfil	Ventajas	Desventajas
Participantes	Son divertidos Se pueden hacer muchas cosas a la vez	Son divertidos Les dura poco la batería
Profesores y terapistas	Se puede adaptar la actividad al cada alumno Permite contenido en diferentes canales	Es difícil cerrar las actividades, generan fijación No hay dispositivos disponibles para todos Requieren supervisión
Padres de familia	Estimulan la concentración Controlan niveles de ansiedad y estrés Permiten independencia	Son costosos Son delicados
Otros	Permiten obtener contenido novedoso	Son difíciles de utilizar Son muy pequeños

Figura 4.
Aplicaciones más utilizadas según región



Conclusiones y trabajo futuro

En este trabajo se reportan las ventajas y desventajas del uso de dispositivos móviles por personas con discapacidad. Los hallazgos derivaron de un estudio exploratorio realizado sobre una población de 25 jóvenes con discapacidad intelectual moderada, de entre 15 y 18 años; involucrándose participantes de México y Chile con el fin de expandir la diversidad aprovechando la estadía en la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso por parte del primer autor.

Mediante la aplicación de investigación etnográfica que incluyó encuestas, entrevistas y participación activa con los jóvenes participantes, sus familiares y profesores, se obtuvo información acerca de los objetivos, lugares, aplicaciones frecuentes, entre otros datos relevantes referentes al uso de dispositivos móviles.

Entre los resultados más relevantes se pudo observar que, uno de cada cuatro participantes es propietario de al menos un dispositivo móvil, mientras que el 60% de la población estudiada utiliza un dispositivo proporcionado por uno de sus padres.

El tiempo de uso de los dispositivos móviles fue en promedio 20.5 hrs/semana. Cerca del 80% de los participantes realiza principalmente actividades de ocio sobre los dispositivos móviles, siendo YouTube la aplicación más utilizada, con cerca del 50% de la población. A pesar de que los padres de familia, los profesores y los terapeutas conocen de las ventajas que conlleva el uso de dispositivos móviles en las actividades académicas dentro del aula, en promedio se utilizan en una de cada 20 sesiones.

Podemos resumir que la gran ventaja del uso de dispositivos móviles sobre una población de usuarios con discapacidad intelectual es que resultan bastante llamativas para los usuarios y que la gran cantidad de aplicaciones da la flexibilidad de incluir su uso en diversas actividades, incluyendo la académica. Sin embargo, la principal desventaja es que la interacción con estos dispositivos no es guiada y como resultado es poco provechosa. Los usuarios utilizan aplicaciones de entretenimiento, con poco o nulo contenido académico. Con este primer acercamiento, encontramos que, entre la población de estudio, la razón principal es por un lado que estas aplicaciones son bastante intuitivas para el usuario, quien puede estar interactuando con ellas por largos periodos de tiempo de manera independiente; y, además, que los padres desconocen las características básicas que una aplicación, con contenido académico, debe tener para ser propias al desarrollo de sus hijos.

Este estudio piloto también permitió visualizar generalidades en el uso de dispositivos móviles por personas con discapacidad intelectual, denotando puntos de oportunidad, donde es posible realizar investigación. Por ejemplo, en la realización de modelos de incorporación de tecnología móvil en la educación especial, modelos de adopción y redirección del propósito de uso, modelos de acercamiento y de accesibilidad en contenidos digitales para padres de familia y académicos, así como análisis y evaluaciones de sitios comúnmente utilizados por dicha población, para por ejemplo extraer patrones de diseño, buenas prácticas y heurísticas de evaluación.

Agradecimientos

Los autores agradecen a quienes participaron en las pruebas desarrolladas en este trabajo de investigación, los jóvenes que dedicaron su tiempo y esfuerzo en las encuestas, entrevistas y otras actividades. Así mismo, se agradecen de manera especial las facilidades y apoyo de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso y de las fundaciones Fenix y Aparid de las ciudades de Valparaíso y Viña del Mar en Chile, durante la estadía de investigación realizada por el primer autor de este trabajo.

Referencias

- [1] C. Stephanidis, "User Interfaces for All: New perspectives into Human-Computer Interaction," *User Interfaces for All - Concepts, Methods, and tools*, pp. 3-17, 2001.
- [2] UNO, "Convention on the Rights of Persons with Disabilities," 13 12 2006. [On-line]. Available: <https://www.un.org/development/desa/disabilities/convention-on-the-rights-of-persons-with-disabilities.html>. [Accessed 01 02 2017].
- [3] INEGI, "Censo de Población y Vivienda 2010," Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Ciudad de México, 2010.
- [4] SENADIS, "7a Encuesta Nacional de Acceso y Usos de Internet," Servicio Nacional de la Discapacidad (SENADIS), Santiago, Chile, 2015.
- [5] WHO, *International classification of functioning, disability and health : ICF*, Geneva, Switzerland: World Health Organization, 2001.
- [6] APA, "Diagnostic and Statistical Manual of mental disorders (DSM) 5," American Psychological Association (APA), Arlington, Virginia, USA, 2014.
- [7] R. Chapman and L. Hesketh, "Behavioral phenotype of individuals with Down syndrome," *Journal: Mental Retardation and Developmental Disabilities*, vol. 6, no. 2, pp. 84-95, 2000.
- [8] INEGI, *Encuesta Nacional de la Dinámica Demográfica*, México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2014.
- [9] SENADIS, *II Estudio Nacional de Discapacidad*, Santiago, Chile: Ministerio de Desarrollo Social, 2015.
- [10] P. Parker, *Down Syndrome: A Bibliography and Dictionary for Physicians, Patients, and Genome Researchers.*, Icon Group International Inc., 2004.
- [11] M. Troncoso and M. Del Cerro, *Síndrome de Down: Lectura y Escritura*, Madrid, España.: Fundación Down 21, 2009.
- [12] E. Ruiz, *Programación Educativa para Escolares con Síndrome de Down*, Madrid, España: Fundación Iberoamericana Down 21, 2012.

- [13] INEGI, "Encuesta nacional sobre disponibilidad y uso de tecnologías de la información en los hogares," Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Ciudad de México, 2012.
- [14] SUBTEL, "Informe sobre acceso a internet," Subsecretaría de telecomunicaciones (SUBTEL), Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Santiago, Chile, 2016.
- [15] J. Johnson, E. Blood, A. Freeman and K. Simmons, "Evaluating the Effectiveness of Teacher-Implemented Video Prompting on an iPod Touch to Teach Food-Preparation Skills to High School Students with Autism Spectrum Disorders," *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, vol. 28, no. 3, pp. 147-158, 2013.
- [16] E. Lorah, A. Parnell, P. Whitby and D. Hantula, "A systematic review of tablet computers and portable media players as speech generating devices for individuals with autism spectrum disorder," *Journal of Autism and Developmental Disorders*, vol. 45, no. 12, pp. 792-804, 2015.
- [17] J. Kim and C. Kim, "Functional Technology for Individuals with Intellectual Disabilities: Meta-Analysis of Mobile Device-Based Interventions," *The Journal of Special Education Apprenticeship*, vol. 6, no. 1, 2017.
- [18] C. Mongeau and D. Lussier-Desrochers, "Mobile Technologies Used as Communication Support System for People with Intellectual Disabilities: An Exploratory Study," in *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics*, Los Angeles, California, USA, 2017.
- [19] M. Luna, "Tecnología y discapacidad: Una mirada pedagógica," *TIC y discapacidad*, vol. 14, no. 12, 2013.
- [20] P. Gutierrez and A. Martorell, "Las personas con discapacidad intelectual ante las TIC," *Revista científica de Educomunicación*, vol. 18, no. 36, pp. 173-180, 2011.
- [21] M. LeCompte and J. Schensul, *Designing and conducting ethnographic research : an introduction*, United Kingdom: AltaMira Press, 2010.
- [22] K. O'Reily, *Ethnographic methods*, New York, USA: Taylor and Francis Group, 2005.

Librerías de alto nivel para el reconocimiento de emociones en la música

Yesid Ospitia Medina²³

Sandra Baldassarri²⁴

José Ramón Beltrán²⁵

Resumen

Este artículo presenta una revisión de librerías de alto nivel que permiten reconocer ciertas emociones en la música (mer). el principal objetivo del trabajo consiste en estudiar y comparar diferentes analizadores de contenido, mostrando sus principales funcionalidades, enfocadas a la extracción de características de la música y su posterior clasificación emocional.

Palabras claves: mer (reconocimiento de emociones en la música), mir (recuperación de información musical), api (interfaz de programación de aplicaciones), características

23. Facultad de Ingeniería, Universidad Icesi. Cali, Colombia. Correo electrónico: yesid.ospitia@gmail.com.

24. Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas, Universidad de Zaragoza. Zaragoza, España. Correo electrónico: sandra@unizar.es.

25. Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones, Universidad de Zaragoza. Zaragoza, España. Correo electrónico: jbelbla@unizar.es.

Introducción

Expertos de la psicología han encontrado que la música puede considerarse un transformador emocional [1]. Algunos estudios sugieren de manera general, que las características musicales como el ritmo y la armonía poseen una relación directa con la percepción emocional del oyente. Los ritmos rápidos suelen generar emociones percibidas como positivas, mientras los ritmos lentos tienden a generar emociones más neutrales y de relajación. para el caso de la armonía en cuanto a la progresión de acordes, se suelen relacionar los modos mayores con una percepción de alegría, y los modos menores con una percepción de tristeza [2].

El reconocimiento de emociones en la música se ha abordado desde diferentes estrategias tales como: procesos de etiquetado, aplicación de modelos de clasificación afectivos, analizadores de contenido, obtención e integración de información cultural y análisis de señales fisiológicas [3].

En este artículo se presentan algunas librerías de alto nivel, que hacen parte de los analizadores de contenido. Inicialmente se realiza una introducción conceptual a los analizadores de contenido, destacando sus principales características y funcionalidades. Seguidamente se presenta una descripción de algunas de las librerías de alto nivel más utilizadas, identificando las características musicales que pueden reconstruir o extraer, así como las emociones que pueden reconocer. Para finalizar, se establece un marco comparativo entre las librerías, evaluando algunos de los atributos más comunes e importantes dentro de este campo de estudio.

Los analizadores de contenido

Los analizadores de contenido de audio enfrentan diversas complejidades, en su mayoría relacionadas con las técnicas de procesamiento de señal que son necesarias para el análisis de piezas musicales grabadas en archivos de formato digital.

Un analizador de contenido debe reconstruir las características intrínsecas de la música a partir de una etapa inicial de procesamiento de señal. Para lograrlo, implementa diversas técnicas en sus algoritmos de procesamiento de señal, extracción, selección y clasificación de características [4].

Por otra parte, se deben considerar las diferentes propiedades de sonido, que son determinadas por los diversos formatos disponibles para la grabación de la pieza musical. en [5], se resalta el efecto que tiene un formato comprimido sobre

una señal; en consideración, a que los algoritmos utilizados para comprimir el sonido (como el formato mp3) impactan directamente atributos de la señal, generando con ello unas condiciones diferentes para el procesamiento de señal desde herramientas computacionales.

En cuanto a los analizadores de contenido, hay que precisar su nivel de estudio específico. por una parte, se encuentra el estudio de la operación interna, en donde se busca entender, analizar, mejorar e incluso proponer nuevas técnicas, vinculadas directamente con el procesamiento de señal y algunas fases posteriores. Del otro lado, se encuentran las librerías alto nivel, en donde se ofrecen una serie de funcionalidades de extracción de características de la música, para las cuales se pueden aplicar modelos de clasificación, siendo uno de ellos, la clasificación emocional de la música.

Librerías de alto nivel

Las librerías de alto nivel presentadas como apis (application programming interface) están orientadas a ofrecer un conjunto de funcionalidades para la extracción y clasificación de características intrínsecas de la música.

Este tipo de herramientas se encuentran dirigidas a un perfil de usuario final. el potencial de cada una de estas librerías dependerá en gran medida de su definición técnica interna, que hace parte de las diversas técnicas desarrolladas en los sistemas MIR (Music Information Retrieval).

Algunas características generales de las diferentes librerías son:

- Tienen un límite en cuanto a la variedad de características intrínsecas de la música que pueden reconstruir.
- Tienen una determinada confiabilidad, en cuanto a la reconstrucción efectiva de una determinada característica intrínseca de la música y su respectiva clasificación.
- En consideración a su licenciamiento pueden ser de libre uso o comercial.
- Algunas son de código abierto, otras sencillamente funcionan como cajas negras.
- Algunas se encuentran disponibles como servicios en la nube, y requieren de acceso a internet para su utilización.
- Para los servicios disponibles en la nube, existen algunas restricciones de acceso, como por ejemplo el número de veces que se puede consumir un servicio web por hora.

La utilización de una librería de extracción de características musicales requiere de un proceso riguroso de selección para identificar las fortalezas y debilidades de cada una de estas soluciones. Podría incluso considerarse la utilización combinada de diferentes librerías, con el propósito de lograr los mejores resultados posibles.

Las características de sonido que una librería puede detectar generalmente son clasificadas en dos categorías: alto nivel y bajo nivel. En algunos casos las características de más alto nivel propias de la música como son el ritmo, la armonía y el modo, se clasifican dentro de las categorías de ritmo y tonales [6]. Es importante comprender el tipo de característica de sonido con el que trabaja cada librería y de igual manera su relación directa con conceptos musicales.

En principio, los analizadores de contenido tienen como principal objetivo extraer características de sonido. En algunos casos, ciertas librerías contemplan funcionalidades adicionales, en donde ya implementan modelos que permiten realizar clasificaciones por criterios como género, estilo, artista, compositor, emociones, y otros más [7].

Como parte de la revisión del estado del arte, se muestran a continuación las librerías Spotify api, jmir y acousticbrainz; las cuales pueden ser consideradas como un punto de partida para el reconocimiento de emociones en la música. Para estas librerías, se ha seleccionado aquellas características de alto nivel que permiten identificar de manera directa las emociones en la música. También se han seleccionado características de bajo nivel que de acuerdo a [8] pueden servir para inferir emociones.

Spotify api

Spotify [8] es una de las principales plataformas de reproducción de música. cuenta con un amplio repositorio de canciones de diversos géneros, que puede ser accedido en línea desde un ambiente web, como también desde aplicaciones móviles. El sistema recomendador de spotify y la manera de clasificar la música para facilitar el acceso y las búsquedas, es una de las características más relevantes que ha permitido su exitosa acogida por parte de los usuarios.

Dentro de las diversas funcionalidades ofrecidas por spotify, se encuentra la posibilidad de utilizar el api de servicios [8]. Este api de servicios tuvo sus inicios con el proyecto echonest [9], y una vez fue absorbido por spotify, algunos aspectos técnicos de implementación y funcionalidad cambiaron.

Para marzo del 2014 spotify anunció que adquiriría a echonest, generando nuevas condiciones técnicas en donde se hacía necesario realizar migraciones desde la infraestructura de echonest a la nueva infraestructura de spotify. Esto oca-

sionó importantes cambios desde el punto de vista de licenciamiento, porque en spotify no todos los servicios son de libre acceso y además existen algunas restricciones de uso.

Con respecto a funcionalidad, echonest permitía cargar archivos de sonido para ser procesados, y sobre ellos identificar diferentes propiedades musicales. con la migración a spotify, esta funcionalidad se perdió. En la actualidad, el api de spotify únicamente permite aplicar sus servicios sobre canciones que se encuentran en su repositorio, siendo esto una gran limitante para ejercicios de experimentación.

A continuación, se describen algunas de las funcionalidades más relevantes:

- Facilitar integraciones de aplicaciones propias en entorno web y móvil a los servicios de spotify.
- Acceder al catálogo de música de spotify.
- Obtener información (metadata) en formato json sobre artistas, álbumes, y canciones almacenadas en el catálogo de spotify.
- Acceso directo a las listas de reproducción creadas para un perfil de usuario en particular.

De acuerdo con el api endpointreference de spotify, esta librería tiene definida una entidad de nombre audio object features, con un total de 18 características, entre ellas las más relacionadas con las emociones en la música se presentan en la tabla 1.

Tabla 1.
Algunas de las características extraídas por Spotify api

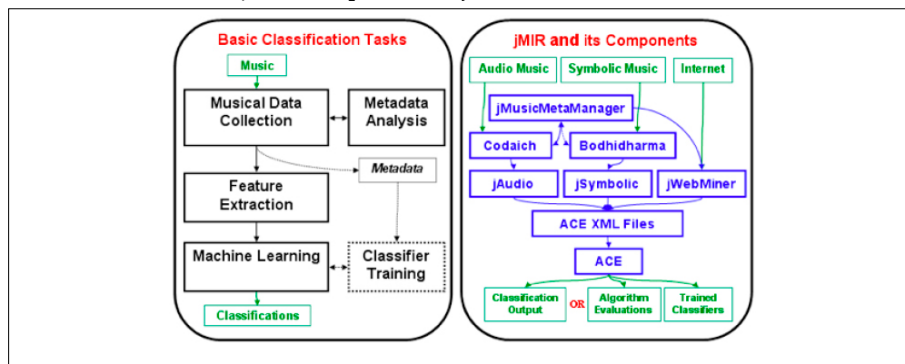
Característica	Descripción
Key	Identificación de la tonalidad de la canción.
Mode	Identificación del modo (mayor o menor) de la canción.
Tempo	Asociado al ritmo y a la velocidad de la canción. Permite generar un estimado de los beats por minuto.
Liveness	Permite identificar si la canción es en vivo. los valores cercanos a 1 indican una alta probabilidad de que la canción sea en vivo.
Energy	Representa el nivel de intensidad y actividad en la canción. Valores cercanos a 1 indican mayor intensidad presente en la canción.
Instrumentalness	Permite identificar si una canción tiene contenido vocal. Cuanto más cercano a 1 sea su valor se determina mayor probabilidad de que la canción no tenga contenido vocal.
Valence	Esta característica se asocia a lo positiva que puede ser una canción. Los valores más cercanos a 1 determinan emociones positivas, mientras que los valores cercanos a 0 indican emociones negativas.

Respecto al reconocimiento de emociones en la música, se tiene la posibilidad de extraer las características valence y energy. En [10], se define una arquitectura basada en contexto para el soporte de un servicio de iptbv móvil, pyechonest fue utilizado para extraer características intrínsecas de la música, que luego sirven para ser clasificadas dentro de un modelo de clasificación de emociones de dos dimensiones (arousal-valence).

Jmir

Jmir [11] es un software de código abierto implementado en java, que puede ser utilizado para la recuperación de información de sonido. Se encuentra integrado por un grupo de componentes, que pueden ser utilizados en conjunto, siempre que las condiciones del experimento lo permitan. De manera general en la figura 1 se describe el proceso de extracción de características, y para cada una de las actividades del proceso, se relaciona el componente de jmir involucrado.

Figura 1.
Actividades presentes en la clasificación de la música
y los componentes jmir asociados [11]



Jaudio es uno de los componentes que integra a jmir, y permite la extracción de características de sonido desde un archivo de sonido digital.

Dentro de las ventajas importantes de jaudio, y sus principales funcionalidades, se puede destacar a continuación:

- Funciona como una aplicación local, por lo que no hay dependencia de un canal de comunicación.
- Permite parametrización y extensión de uso por parte del usuario. por ejemplo, es posible crear características de sonido adicionales a las ya definidas por defecto en la librería, lo que amplía las posibilidades de experimentación.

- Se encuentra desarrollado en java y puede ser integrado con otros aplicativos.
- Permite exportar las características reconocidas a un archivo xml con todos los metadatos asociados a características de sonido. este formato es interpretado por los diferentes módulos disponibles en jmir.
- Se puede integrar con jsymbolic, el cual permite analizar características más específicas de la teoría musical, pero para este componente se requiere información simbólica adicional que generalmente se obtiene de un archivo de formato midi.

Jaudio fue diseñado para trabajar directamente con sonido de manera general y, en principio, no implementa una herramienta concreta que permita analizar características de alto nivel de la música.

Para obtener clasificaciones de tipo emocional, género musical y entre otros, jmir cuenta con el módulo ace2 que permite definir taxonomías y características. Con ello, es posible cargar en ace2 los resultados obtenidos con jaudio durante el proceso de extracción de características de bajo nivel. Cada uno de estos resultados cargados en ace2, se considera una instancia particular, y posteriormente ace2 puede aplicar diversos modelos de clasificación, obteniendo así características de alto nivel que han sido definidas previamente por el usuario.

Jaudio permite extraer 26 características principales de sonido de bajo nivel, a partir de las cuales, se puede definir metafeatures, lo que es básicamente una característica parametrizada por el usuario, y que se calcula a partir de las características principales que jaudio puede extraer.

En la tabla 2 se presentan algunas de las características de bajo nivel más relacionadas con el contexto de la música y las emociones.

Jmir también permite integrar modelos de clasificación, los cuales deben ser diseñados inicialmente, para luego proceder a cargarlos y entrenarlos a través del componente ace2. Para el caso concreto de jaudio, se podría pensar en implementar un modelo de clasificación emocional en función del power spectrum y del beat histogram; en términos musicales, esto permitiría personalizar la clasificación emocional de una canción de acuerdo a su velocidad y ritmo. también se podría proponer diferentes metafeatures que relacionen valores de pitch, creando asociaciones entre características tonales y rítmicas, con emociones [12].

En cuanto a la recuperación de información musical, jmir se constituye como un framework, en consideración a su flexibilidad y posibilidad de extensión en uso, además de los diferentes componentes que lo integran y toda su capacidad funcional avanzada.

Tabla 2.
Algunas de las características extraídas por jaudio

Característica	Descripción
Power spectrum	Permite medir la intensidad y actividad en la canción. se presenta la magnitud de la señal en decibeles (db). está muy relacionado con la característica energy definida en otras librerías.
Beat histogram	A partir de un histograma que representa la regularidad del ritmo, se logra determinar el tempo de una canción. otras características que permiten calcular el beat histogram son: strongest beat, beat sum, strength of strongest beat [12] esta característica permite mostrar la frecuencia con la que se presenta una determinada velocidad en diferentes momentos de una canción.
Pitch	El rango de frecuencias obtenido entre el low pitch y el high pitch de la canción, es una medida que sirve como punto de partida para estimar la nota predominante de la canción, y con ello deducir la tonalidad y el modo.

Acousticbrainz

Acousticbrainz [13] es una librería cuya funcionalidad principal es facilitar la recuperación de información musical sobre canciones. Acousticbrainz se soporta sobre las funcionalidades ofrecidas por *essentia toolkit* [14], que en general comprende toda la capacidad de procesamiento y análisis de sonido. Este proyecto ha sido desarrollado por el esfuerzo colaborativo entre el *music technology group* de la *universitat pompeu fabra* y el proyecto *music brainz* [15].

Acousticbrainz tiene clasificadas las características que se pueden extraer de una canción, en dos categorías fundamentales: bajo nivel y alto nivel.

Dentro de las características de bajo nivel, se encuentran las características que comprenden 31 descriptores acústicos, 9 rítmicos y 8 tonales. En la tabla 3 se presentan algunas de las más representativas frente al contexto de la música y las emociones.

Con respecto a la característica *moods_mirex* se detallan a continuación las emociones incluidas dentro de cada uno de los clusters [16]:

- Cluster 1: Apasionado, entusiasta, seguro, bullicioso, ruidoso.
- Cluster 2: Alegre, animado, divertido, dulce, amable / de buen carácter.
- Cluster 3: Emocionalmente inteligente, conmovedor, melancólico.
- Cluster 4: Humorístico, tonto, cursi, peculiar, caprichoso, ingenioso, irónico.
- Cluster 5: Agresivo, ardiente, tenso / ansioso, intenso, volátil, visceral.

Tabla 3.
Algunas características extraídas por acousticbrainz

Característica	Descripción
Bpm	Puede considerarse una estimación del tempo.
Chords_key	Corresponde a la identificación de la tonalidad de la canción.
Chords_scale	Corresponde a la identificación del modo.
Mood_acoustic	Clasifica la canción en acústica o no acústica. cuanto más cercano a 1 sea su valor se determina mayor probabilidad de que la canción corresponda a una versión acústica.
Mood_aggressive	Clasifica la canción por emoción de agresividad. cuanto más cercano a 1 sea su valor, mayor probabilidad de que la canción clasifique con emoción agresiva.
Mood_electronic	Clasifica la canción de acuerdo al tipo de sonido. cuanto más cercano a 1 sea su valor, mayor probabilidad de que la canción tenga un tipo de sonido electrónico.
Mood_happy	Clasifica la canción por emoción de felicidad. cuanto más cercano a 1 sea su valor mayor probabilidad de que la canción clasifique con emoción feliz.
Mood_party	Clasifica la canción por estado emocional de: fiesta / celebración. cuanto más cercano a 1 sea su valor, mayor probabilidad de que la canción clasifique con emoción fiesta.
Mood_relaxed	Clasifica la canción por emoción de relajación. cuanto más cercano a 1 sea su valor, mayor probabilidad de que la canción clasifique con emoción de relajación.
Mood_sad	Clasifica la canción por emoción de tristeza. cuanto más cercano a 1 sea su valor, mayor probabilidad de que la canción clasifique con emoción triste.
Moods_mirex	Clasifica la canción dentro de alguno de los 5 clusters predefinidos para categorías de estado emocional (mood).

Acousticbrainz trabaja con modelos definidos y entrenados computacionalmente, para que a partir de características de bajo nivel, estos modelos puedan construir características de alto nivel que generalmente funcionan como clasificadores. Algunas de estas características de alto nivel contemplan:

- Identificar si la voz de la canción es masculina o femenina.
- Identificar el género musical de la canción.
- Clasificar la canción por emociones.

Como un ejemplo práctico de acousticbrainz se muestra a continuación, los resultados obtenidos después de utilizar la librería para extraer características sobre la canción *rocking in the free world* de *bon jovi*. La figura 2, sugiere para la canción una tonalidad de re sostenido (d#) en modo menor (minor).

Figura 2.

Extracción de características de bajo nivel (tonalidad y modo)

```
//
"chords_key": "D#",
"chords_number_rate": 0.00177329150029,
"chords_scaler": "minor",
"chords_strength": {
  "dmean": 0.0106518547982,
  "dmean2": 0.0108457338065,
  "dvar": 7.51757543185e-05,
  "dvar2": 8.68747229106e-05,
  "max": 0.010177087784,
  "mean": 0.522222876549,
  "median": 0.52260440588,
  "min": 0.254474312067,
  "var": 0.0089641045779
}
```

Fuente: Propio.

La figura 3 sugiere un tempo aproximado de 142 bpm.

Figura 3.

Extracción de características de bajo nivel (bpm)

```
"bpm": 142.085388184,
"bpm_histogram_first_peak_bpm": {
  "dmean": 0,
  "dmean2": 0,
  "dvar": 0,
  "dvar2": 0,
  "max": 144,
  "mean": 144,
  "median": 144,
  "min": 144,
  "var": 0
},
```

Fuente: Propio.

En cuanto a la clasificación emocional la figura 4 muestra las emociones predominantes en la canción.

Figura 4.

Extracción de características de alto nivel (emociones)

```
"mood_aggressive": {
  "all": {
    "aggressive": 0.98418200016,
    "not_aggressive": 0.0158179998398
  },
},
"mood_happy": {
  "all": {
    "happy": 0.26508384943,
    "not_happy": 0.73491615057
  },
},
"mood_relaxed": {
  "all": {
    "not_relaxed": 0.834616065025,
    "relaxed": 0.165383920074
  },
},
"mood_sad": {
  "all": {
    "not_sad": 0.819041311741,
    "sad": 0.180958673358
  },
},
"moods_mirex": {
  "all": {
    "Cluster1": 0.0857282057405,
    "Cluster2": 0.0417659841478,
    "Cluster3": 0.18078148365,
    "Cluster4": 0.0692446380854,
    "Cluster5": 0.6224796772
  },
},
```

Fuente: Propio.

Marco comparativo de librerías

A continuación, en la tabla 4, se presenta un cuadro comparativo entre las librerías de alto nivel spotify api, jaudio y acousticbrainz.

Tabla 4.

Cuadro comparativo de las librerías de alto nivel

Atributo	Librería		
	Spotify api	Jaudio	Acousticbrainz
Tipo de características reconocidas	alto nivel (18).	bajo nivel (138).	bajo (80), y alto nivel (20).
Licenciamiento	comercial	libre	libre
Formato de salida para los resultados	respuesta en archivo json	archivo xml	respuesta en archivo json
Tipo de arquitectura	servicio en la nube	local	servicio en la nube
Emociones reconocidas	clasificación de emociones con valence positivo y valence negativo.	no	directamente identifica las emociones de: feliz, relajado, triste, agresivo, divertido/fiesta.adicionalmente incluye 5 clusters, que asocian la pieza musical a una categoría emocional.
Reconoce género musical	no	no	sí
Reconoce canciones en vivo	sí	no	no
Reconoce canciones instrumentales	sí	no	sí
Identifica la voz por género	no	no	sí
Identifica la velocidad bpm.	sí	no	sí
Identifica la tonalidad (chord recognition)	sí	no	sí
Identifica el modo presente en la tonalidad de la canción.	sí	no	sí
Permite implementar modelos propios para características de alto nivel dentro de la misma librería	no	sí	no
Permite extender su uso y parametrizar la librería.	no	sí	no
Facilidad de uso (normal, intermedio, avanzado)	intermedio	avanzado	intermedio
Clasificación fuzzy en la detección de emociones en la música, por clusters y emociones predominantes.	no	no	sí
Modelo afectivo de clasificación	dimensional (1d)	-	dimensional (2d)
Detección de la variación de la emoción en la música a lo largo del tiempo.	no	no	no
Lyrics extraction feature: extracción de la letra contenida en la canción.	no	no	no

Modelo aplicado para la clasificación emocional por parte de acousticbrainz, sugiere que la canción:

- En un 98% de clasificación la canción transmite una emoción de agresividad.
- En un 73% de clasificación no transmite una emoción de felicidad.
- En un 83% de clasificación no transmite relajación. lo que es bastante coherente con el valor del atributo mood_aggressive.
- En un 82% no transmite percepción emocional triste.
- De acuerdo al atributo moods_mirex, la canción predomina en el cluster 5, que según el modelo definido en [16] en este cluster contempla las emociones del tipo: agresivo, ardiente, tenso / ansioso, intenso, volátil, visceral.

Conclusiones y trabajo futuro

La recuperación de las características de la música desde archivos digitales comprende dar solución al problema de la extracción de propiedades de sonido, a través de librerías y en general de analizadores de contenido. El éxito de estos procesos de extracción depende en gran parte, de la efectividad de las técnicas internas y el análisis de las diversas combinaciones de características de bajo nivel, para la reconstrucción de características de más alto nivel.

Las características de alto nivel generalmente son propuestas como modelos de clasificación. Entre los modelos más utilizados para clasificar la música, se suele clasificar a la música por emociones. Dicha clasificación es compleja, y en muchos de los casos es validada por la evaluación de expertos, quienes, mediante anotación o etiquetado, asocian emociones con una canción determinada.

Para los modelos automáticos de clasificación emocional, muchas de las librerías tienen sus propias propuestas. Sin embargo, dichos modelos son evaluados constantemente y sometidos a procesos de mejora continua.

Este trabajo se ha centrado en la clasificación de las emociones que se pueden detectar a través de las características propias de la música, y no de acuerdo las emociones percibidas por el oyente. Para ello, se realizó un estudio comparativo de algunas de las librerías de alto nivel más utilizadas, explorando sus funcionalidades, como también las características intrínsecas que pueden reconocer, los modelos utilizados para obtener parámetros de alto nivel y luego, en particular, la relación con las emociones que permiten detectar.

del estudio realizado al momento, se puede decir que, aunque las librerías de mer actualmente ofrecen información interesante, los sistemas mer todavía no

están lo suficientemente desarrollados para ofrecer una solución universal, y que además genere un aporte altamente confiable a los sistemas recomendadores.

La clasificación emocional de la música puede ser utilizada, como una base para los sistemas recomendadores. en donde, dependiendo de la clasificación de la música, dichos sistemas puedan sugerir a los oyentes piezas musicales de acuerdo a una emoción que se quiera transmitir, y con ello facilitar el consumo de la música desde plataformas digitales.

El estudio comparativo desarrollado entre las librerías Spotify api, jaudio y acousticbrainz, es un primer paso para analizar los parámetros musicales que se relacionan con las emociones. a futuro se pretende formular un modelo de clasificación que pueda ser utilizado en un sistema recomendador de música, que además tenga en cuenta el estado de ánimo del oyente.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el gobierno de españa a través del contrato no tin2015-72241-exp.

Referencias

- [1] J. a. sloboda, música, la mente musical: la psicología cognitiva de la música, machado gr. madrid, 2012.
- [2] Yong-hun cho, hyunki lim, dae-won kim, and in-kwon lee, “music emotion recognition using chord progressions,” in 2016 ieee international conference on systems, man, and cybernetics (smc), 2016, pp. 002588–002593.
- [3] Y. e. kim, e. m. schmidt, r. migneco, b. g. morton, p. richardson, j. scott, j. a. speck, and d. turnbull, “music emotion recognition : a state of the art review,” in information retrieval, 2010, no. ismir, pp. 255–266.
- [4] S. pouyanfar and h. sameti, “music emotion recognition using two level classification,” proc. intell. syst., pp. 1–6, 2014.
- [5] Y. s. chen, c. h. cheng, d. r. chen, and c. h. lai, “a mood- and situation-based model for developing intuitive pop music recommendation systems,” expert syst., vol. 33, no. 1, pp. 77–91, 2016.
- [6] J. grekow, “audio features dedicated to the detection of arousal and valence in music recordings,” proc. - 2017 ieee int. conf. innov. intell. syst. appl. inista 2017, pp. 40–44, 2017.
- [7] C. mckay, “automatic music classification with jmir,” no. january, p. 600, 2010.
- [8] “Spotify.” [online]. available: <https://developer.spotify.com/>.
- [9] J. tristan and w. brian, “echonest.” [online]. available: <http://the.echonest.com/>.

- [10] L. solarte, m. sánchez, g. e. chanchí, d. duran, and j. l. arciniegas, “dataset de contenidos musicales de video, basado en emociones dataset of music video content , based on emotions,” vol. 7, no. 1, popayán, pp. 37–46, 2016.
- [11] “Jmir audio utilities.” [online]. available: http://jmir.sourceforge.net/index_audio.html.
- [12] C. mckay, i. fujinaga, and p. depalle, “jaudio: a feature extraction library,” in proceedings of the international conference on music information retrieval, 2005, pp. 600–603.
- [13] U. p. f. music technology group, “acousticbrainz.” [online]. available: <https://acousticbrainz.org/>.
- [14] U. p. f. music technology group, “essentia.” [online]. available: <http://essentia.upf.edu/documentation/>.
- [15] Robert kaye, “musicbrainz.” [online]. available: <https://musicbrainz.org/>.
- [16] X. hu and j. s. downie, “exploring mood metadata: relationships with genre, artist and usage metadata,” proc. 8th int. conf. music inf. retr. ismir’07, pp. 67–72, 2007.

Sistema recomendador para la personalización de la interacción auditiva y háptica en sitios web para usuarios con discapacidad visual

María Isabel Cruz, Alejandra Garrido²⁶

Resumen

Existen varias propuestas de investigación hoy en día para abordar el problema de la accesibilidad en sitios web, particularmente enfocadas en personas con discapacidad visual. Sin embargo, resulta muy difícil que las empresas y desarrolladores de páginas web apliquen estas propuestas en sus sitios atendiendo a los problemas de una minoría de usuarios que no logra acceder a los recursos disponibles para el resto de la sociedad. La solución propuesta de este trabajo consiste en utilizar el crowdsourcing o ciencia ciudadana para crear un repositorio de soluciones al alcance del usuario, alimentado y mantenido por el público interesado en el tema. Las soluciones se implementan a través de refactorings recomendados al usuario según el perfil almacenado que se tenga de él. En este documento se abordan algunas propuestas actuales y los recursos que estas utilizan, la propuesta específica de este trabajo de Doctorado y una conclusión encaminada a la combinación de recursos auditivos y hápticos para mejorar la experiencia del usuario.

26. Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Argentina. Correos electrónicos: maisabelcruzl@gmail.com, garrido@lifa.info.unlp.edu.ar.

Keywords: discapacidad visual; accesibilidad; refactoring; recomendador; hápticas; lector de pantalla

Introducción

A nivel mundial los negocios se siguen beneficiando de los adelantos tecnológicos, al igual que las personas. Sin embargo, las personas con discapacidad visual no han podido gozar de estos beneficios en la misma medida que un usuario vidente lo hace. Se han realizado esfuerzos para facilitarle a este grupo la inserción a la sociedad y hacerle posible el acceso a internet, pero aún existen limitaciones que no se han superado. Aún son pocos los sitios web que se han adaptado a estas propuestas.

Gracias a los adelantos científicos, las personas con discapacidad visual pueden utilizar aplicaciones que inicialmente no estaban pensadas para ellos, sin embargo, con estos adelantos surgen nuevos desafíos como no poder sacarle el provecho al sitio como se espera. Un ejemplo típico de esto es que un usuario con discapacidad visual puede ingresar a revisar su cuenta de correo y demorar mucho tiempo en interactuar con el contenido debido a las tabulaciones que tiene que hacer para navegar en la página.

Es necesario facilitar a los usuarios la adaptación a los cambios tecnológicos y para esto se propone la implementación de la solución utilizando refactorings [1], [2], es decir, transformaciones a las páginas web que tienen el objetivo de mejorar la usabilidad y accesibilidad, y que se instalan automáticamente en el navegador del usuario. Para determinar qué refactorings son adecuados a cada usuario se almacena el perfil de éste y según esta información, el sistema recomienda qué refactoring es el adecuado para la página web visitada.

Este artículo presenta una breve revisión de la tecnología que aporta a mejorar la interacción de personas con discapacidad visual con el internet, y los recursos tecnológicos disponibles que pueden utilizarse en la solución de los problemas mencionados. Luego se explica la propuesta más en detalle y finalmente, este escrito indica temas para futuras investigaciones en este tema.

Propuestas tecnológicas actuales

Recursos auditivos y hápticos

Existen propuestas tecnológicas que permiten que el usuario pueda leer en Braille la información proveniente de la pantalla [3] o de un archivo texto [4] y así

mismo para transformar la escritura Braille hacia una impresora convencional [5]. Sin embargo, para la navegación web estos métodos no son prácticos. Hay también proyectos que han incorporado estímulos vibrotáctiles en los dispositivos móviles usando botones hápticos, con buena aceptación por parte de los usuarios [6].

Los lectores de pantalla son aplicaciones que permiten convertir texto digital en un discurso hablado con una voz sintetizada para escuchar el contenido de un sitio web mientras se navega con el teclado [7] y son muy populares entre las personas con discapacidad visual, pero no son útiles en páginas con contenido dinámico o imágenes sin un texto asociado.

Por otra parte, desde el punto de vista de recursos hápticos es posible considerar alguna interfaz de usuario vibrotáctil que de alguna manera pueda recibir y también enviar información en la interacción del discapacitado y la máquina. De [8] se puede resaltar la Emoti-Chair como un proyecto de gran interés, en donde se busca una sustitución sensorial, permitiendo a una persona con deficiencia auditiva, percibir las emociones que el sonido transmite a través de la música a una persona normal. Si bien es cierto, este trabajo está enfocado a personas con discapacidad visual, lo útil de este ejemplo es la forma como se hizo el mapeo entre las señales auditivas y sensoriales. En este trabajo, el mapeo sería de ciertas características visuales relevantes, a señales que el usuario pueda sentir.

Refactoring y transcoding

El refactoring nació como un proceso de transformación de código con el propósito de mejorar la calidad interna del mismo [9], dándole solución a un problema particular, denominado “bad smell”. Este proceso también se ha propuesto para mejorar otras cualidades del software, como es el caso de la usabilidad [9] y accesibilidad de aplicaciones web [10]. Por otro lado, el transcoding es una categoría de las tecnologías que existen para transformar contenido web inaccesible en accesible para personas con discapacidad visual, y funciona sobre la marcha [11]. Actualmente, el contenido web está pensado para mostrarse en cualquier tipo de dispositivo, existe la tendencia de utilizar imágenes en vez de texto, y de agrupar la información en categorías. Esto hace la información inaccesible para usuarios con discapacidad visual. Mediante el uso de anotaciones y comentarios semánticos, el transcoding pretende hacer accesible este tipo de contenidos.

Crowdsourcing y sistemas de recomendación

El crowdsourcing es un concepto que nació en el 2006, y trata sobre el aprovechamiento de la experticia y el conocimiento distribuido en usuarios de todo el mundo. Cuando una empresa decide sacar provecho al crowdsourcing, da a conocer públicamente una determinada necesidad y la comunica a usuarios que podrían estar interesados en aportar soluciones, a veces a cambio de alguna recompensa económica o como un servicio a la comunidad [11]. Los sistemas recomendadores pretenden “predecir” un ítem entre una lista de varios, y recomendárselo [12]. Uno de los pilares del éxito de un recomendador está en su precisión, que se basa en el historial de preferencias del usuario almacenadas en el sistema [13] las cuales pueden ser tomadas a partir de señales fisiológicas, información de contexto e incluso estrategias que permitan medir la percepción de usuario.

Propuesta

En el presente trabajo se tomará información de contexto para construir un perfil del usuario, la cual es solo uno de los tres tipos de entrada que recibirá el recomendador. El perfil del usuario se obtendrá a partir de un cuestionario que se leerá en voz alta para que el usuario pueda responderlo por teclado. Este cuestionario recopilará datos útiles como el grado de discapacidad visual que el usuario tiene, su habilidad para navegar por internet y su experiencia en el uso de la interfaz de la aplicación con la que pretende interactuar.

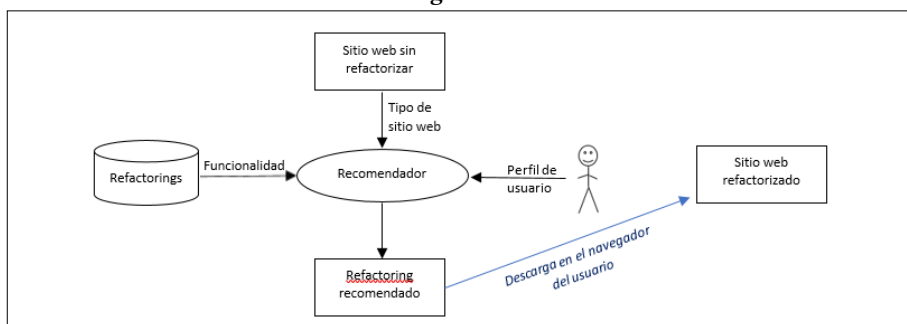
La población con la que se plantea trabajar es con estudiantes universitarios de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, y con estudiantes de la Universidad Nacional de La Plata. Ha sido elegido el perfil de estudiante porque estos son los que más datos pueden proporcionar a este trabajo debido a su cercanía y frecuencia en el uso de computadores. En una futura fase se contempla hacer experimentos con personas con discapacidad, pero que no tengan tanta experiencia en internet. La finalidad de esto es verificar que los resultados obtenidos sean de experiencias similares para las personas sin discapacidad, de ambos grupos de edades y experticia en la navegación por internet.

La estructura de una página web puede ser compleja de explorar, pero aun si ésta pudiera simplificarse para mayor facilidad de interacción para estos usuarios, ¿cómo podrían saber ellos qué nueva estructura es la que más les conviene si el usuario con discapacidad visual no está en condiciones de decidir el refactoring más conveniente para él? Esto se soluciona con un recomendador de refactorings. Pero el problema con un recomendador surge cuando no existe un historial almacenado de sus preferencias, lo cual se conoce como “arranque en frío”.

El diseño de componentes inteligentes a través de redes neuronales, permite construir sistemas con una capacidad de aprendizaje que se desarrolla a través de una fase de entrenamiento, con lo que luego es posible generar predicciones [14]. Esta característica de inteligencia es aprovechada en la interacción humano-computador (IHC) para mejorar diversos aspectos de la experiencia de usuario, en donde el sistema de información deja de ser rígido y predecible en su respuesta, y en adelante sus respuestas son más coherentes en consideración a las necesidades de usuario, sus condiciones de contexto y su caracterización particular.

Para las recomendaciones sobre refactorings, se propone diseñar una red neuronal, que tenga las siguientes entradas: la funcionalidad con la que aporta el refactoring, el tipo de sitio web visitado y el perfil del usuario. En principio, será necesario construir un modelo de datos, que le permita al recomendador contar con un entrenamiento inicial. En la Figura siguiente se muestra la interacción de estos elementos, los cuales dan como resultado el refactoring recomendado, que es el que se descarga en el navegador del usuario final.

Figura 1.



Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, dentro de la interacción entre el usuario y el recomendador, será vital plantear alguna estrategia para evaluar la efectividad del recomendador, y luego, ampliar los modelos de datos que permitan seguir construyendo aprendizaje en la red, con el principal objetivo de mantener un afinamiento continuo. Dicha red neuronal podrá ser diseñada para un sistema recomendador general, tal que las predicciones generadas apliquen para un grupo de usuarios; también es factible, diseñar un recomendador particular, de manera que las recomendaciones apliquen a un usuario específico.

Cuando un usuario de la comunidad, proponga un refactoring nuevo, tendrá que hacerlo describiendo las características del mismo mediante campos que

aún están por definirse en este trabajo, y luego el refactoring tiene que pasar por pruebas y control de calidad antes de encajar en la clasificación de refactorings que ya existe. una vez probado, éste se subirá a producción.

Debido a que en la actualidad no existe un repositorio de refactorings para ponerlos a disposición de los usuarios, está pensado recurrir a la intervención de una gran comunidad de voluntarios para implementarlo, usuarios que atiendan las necesidades de adaptación de distintos sitios web por medio del crowdsourcing y que estos refactorings se recomienden automáticamente a los usuarios. Ahora mismo no existe un repositorio con tales características. Para esto es necesario evaluar los problemas de accesibilidad referidos a la interacción del usuario con discapacidad visual, y conceptualizarlos como “accessibility smells”, lo cual permitirá identificar perfiles de usuarios con distintos grados de discapacidad visual y distintos criterios. Existe ya una colección de refactorings tanto de usabilidad como de accesibilidad que actualizar [15] y será necesario incorporar nuevos. Respecto a la interacción del usuario con la página web, se propone la incorporación no sólo recursos auditivos sino hápticos para que la combinación de estos converja en una interacción más rica y por ende más natural.

Para la validación de esta propuesta, se ha considerado algunos test que confirman lo antes mencionado. en cuanto a tests de usabilidad se ha considerado la nasa task load index [16], reforzado con un test modelo arousal-valence para registrar la mejora en usabilidad que los usuarios tendrán al navegar en la web.

Trabajos futuros

La hipótesis planteada es que la combinación de los refactoring residiendo en un repositorio para que sean recomendados en un sitio web, y los recursos sonoros y hápticos durante la interacción del usuario con una página web, mejorará el tiempo de navegación, disminuirá el esfuerzo mental realizado, se incrementará la personalización del usuario y mejorará la usabilidad en general para al final, conseguir la mejor experiencia para el usuario. La sugerencia para futuras investigaciones es que el usuario pueda indicar si está conforme o no con el refactoring aplicado y que pudiera probar con otro refactoring a fin de decidir quedarse con el que le permita sentirse más cómodo.

Referencias

- [1] A. Garrido, G. Rossi, and D. Distanto, “refactoring for usability in web applications,” *ieee softw.*, vol. 28, no. 3, pp. 60–67, may 2011.

- [2] A. Garrido, S. Firmenich, G. Rossi, J. Grigera, N. Medina-Medina, and I. Harari, "personalized web accessibility using client-side refactoring," *ieee internet comput.*, vol. 17, no. 4, pp. 58–66, jul. 2013.
- [3] O.N.C.E., "educación inclusiva. personas con discapacidad visual," organización nacional de ciegos de españa, 2017. .
- [4] Canalutv, "proyecto slacbraille," colombia, 2013.
- [5] "Perkins school for the blind," perkins brailier, 2017. [online]. available: <http://www.perkins.org/solutions/featured-products/perkins-brailier>.
- [6] P. M. Galdón Conejo, "mejora en el interfaz de un dispositivo móvil para personas con discapacidad visual mediante el diseño de iconos hápticos," universidad de Málaga, servicio de publicaciones y divulgación científica, 2014.
- [7] Webaim, "designing for screen reader compatibility," 2017. [online]. available: <http://webaim.org/techniques/screenreader/>.
- [8] M. Karam, G. Nespoli, F. Russo, and D. I. Fels, "modelling perceptual elements of music in a vibrotactile display for deaf users: a field study," in 2009 second international conferences on advances in computer-human interactions, 2009, pp. 249–254.
- [9] M. Fowler, "refactoring," 2013. [online]. available: <https://www.refactoring.com/>. [accessed: 24-jun-2017].
- [10] C. Asakawa and H. Takagi, "transcoding," 2008, pp. 231–260.
- [11] Y. Zhao and Q. Zhu, "evaluation on crowdsourcing research: current status and future direction," *inf. syst. front.*, vol. 16, no. 3, pp. 417–434, jul. 2014.
- [12] G. Linden, B. Smith, and J. York, "amazon .com recommendations," *ieeee comput. soc.*, 2003.
- [13] W. Wu, L. He, and J. Yang, "evaluating recommender systems," in seventh international conference on digital information management (icdim 2012), 2012, pp. 56–61.
- [14] S. K and S. S, "review on classification based on artificial neural networks," *int. j. ambient syst. appl.*, vol. 2, no. 4, pp. 11–18, dec. 2014.
- [15] A. Garrido, G. Rossi, N. M. Medina, J. Grigera, and S. Firmenich, "improving accessibility of web interfaces: refactoring to the rescue," *univers. access inf. soc.*, vol. 13, no. 4, pp. 387–399, nov. 2014.
- [16] Nasa, "nasa load text index." [online]. available: <http://www.nasatlx.com/>.

Avaliação de usabilidade de objetos de aprendizagem com realidade aumentada uma releitura das heurísticas de Nielsen

Beatriz de Almeida Pacheco,²⁷ Marcelo de Paiva Guimarães,²⁸
Ana Grasielle Dionísio Corrêa, Valéria Farinazzo Martins²⁹

Resumo

Os sistemas de Realidade Aumentada mesclam conteúdo virtual com o mundo real, com interação em tempo real e possuem características, como as condições de iluminação, uso de sensores e a posição do usuário. Esses sistemas são muito diferentes das aplicações convencionais que usam mouse e teclado; portanto, eles exigem uma avaliação de usabilidade para verificar se eles alcançam seus objetivos e dos usuários. Já quando se constroem objetos de aprendizagem, é necessário que se possa garantir um mínimo de qualidade destes, medidos por meio de critérios nos componentes pedagógicos, de conteúdo, técnicos e de

27. ICET - Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Paulista, São Paulo, Brasil. Correo electrónico: beatriz.pacheco@docente.unip.br.

28. Brazilian Open University (UNIFESP), Master Program of Faculty, Campo Limpo Paulista, São Paulo, Brasil. Correo electrónico: marcelodepaiva@gmail.com.

29. Faculdade de Computação e Informática, Programa de Pós-Graduação em Distúrbios do Desenvolvimento, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, Brasil. Correos electrónicos: ana.correa@mackenzie.br, valeria.farinazzo@mackenzie.br.

interação. Este trabalho traz uma discussão dos critérios de interação (usabilidade) que podem ser utilizados para avaliar objetos de aprendizagem no âmbito da Realidade Aumentada.

Palavras-Chave: Usabilidade; Objetos de Aprendizagem; Realidade Aumentada; Avaliação Heurística.

Introdução

Desde que os humanos começaram a construir ferramentas, houve interação entre homens e máquinas. Inicialmente, as pessoas eram ajustadas para se adequar às máquinas, ou seja, passavam por treinamentos complexos e demorados. No entanto, já durante a Segunda Guerra, novos equipamentos surgiram rapidamente, tornando tal exercício difícil ou até mesmo inviável. Dessa forma, percebeu-se a necessidade de análise e síntese ordenada das possibilidades de interação entre humanos e máquinas, para que as ferramentas projetadas pudessem se aproximar do entendimento do usuário e consequentemente reduzissem o tempo de adaptação ao uso.

Rocha e Baranauskas [1] definem Interação Homem-Computador como uma disciplina que trata o design (projeto), a avaliação e a implementação de sistemas interativos para o uso por pessoas, e também dos fenômenos que ocorrem ao seu redor, a partir do uso de tais soluções.

Ao se descrever a interação entre homens e computadores, a situação clássica que vem à mente é a de uma pessoa usando um programa gráfico, interativo, em uma estação de trabalho. Atualmente, percebe-se, entretanto, uma séria mudança de paradigmas no que concerne a tal modelo. Com a popularização da computação ubíqua e o surgimento de novos dispositivos computacionais e novas formas de interação, percebe-se que há uma variação no que se entende por interação e máquina, levando a um espaço rico de possíveis temas de pesquisa [2].

A Realidade Aumentada (RA), neste sentido, é uma tecnologia que “apresenta um mundo virtual que enriquece em vez de substituir o mundo real” [3]. Isso pode ser alcançado por meio de um dispositivo que sobrepõe objetos tridimensionais (3D) virtuais em cenas reais, e visualizados com dispositivos como monitores e smartphones.

O princípio básico de funcionamento da RA é capturar imagens do mundo real por meio de câmeras, reconhecer pontos de referência, adicionar e alinhar

objetos virtuais a elas, de modo que, se esta se mover no mundo real, os objetos virtuais se movem junto [4].

A RA tem sido utilizada de diversas formas, dentre elas como ferramenta de apoio ao processo de ensino-aprendizagem, uma vez que possibilita a aproximação do estudante com problemas reais, experimentando problemas de maneira fortemente interativa. Outra solução que tem sido amplamente utilizada para apoiar o processo de ensino-aprendizagem é a incorporação de RA nos objetos de aprendizagem (OA). Segundo o IEEE Learning Technology Standards Committee [5], OAs são definidos como entidades digitais ou analógicas, de qualquer natureza, que tenham como características a possibilidade de utilização, reutilização durante o processo de aprendizado suportado por tecnologias, assim, usar RA como entidade mediadora do aprendizado torna tais aplicações de presumível valor.

Embora a Horizon Report [6] tenha apontado RA como uma das tecnologias que irão influenciar a Educação nos próximos anos, uma dúvida se refere ao quanto estas aplicações de RA, no contexto educacional, têm seguido critérios mínimos que possam garantir sua qualidade em relação à sua usabilidade. Nestes termos, aplicações de RA não podem ser analisadas somente levando em consideração critérios estabelecidos por Nielsen [7] ou padrões como a ISO 9241-11, sem levar em conta as especificidades da tecnologia em voga. Aproximadamente 35% dos trabalhos estudados por Martins, Kirner e Kirner [8] utilizam critérios genéricos para avaliar RA e não conseguem, assim, resultados mais específicos nas avaliações delas.

Este trabalho tem por objetivos discutir e apresentar a avaliação de usabilidade de OAs com conteúdo de RA, levando em consideração suas especificidades, tais como a facilidade de manipulação de marcadores e grau de fidelidade da representação dos objetos virtuais adicionados nas cenas.

Este trabalho está organizado como segue. A seção II apresenta o referencial teórico com o objetivo de melhorar o entendimento do trabalho. A seção III traz os trabalhos relacionados. A seção IV traz a metodologia utilizada para obter os critérios de avaliação de usabilidade para OAs com conteúdo de RA. A seção V apresenta os resultados e discussões da metodologia aplicada. Finalmente, a Seção VI traz as conclusões.

Referencial teórico

Esta seção apresenta os temas necessários para o entendimento das demais seções deste trabalho: Usabilidade, Avaliação de Usabilidade, RA e OA.

Usabilidade

Usabilidade é uma qualidade que os produtos deveriam ter na perspectiva dos seus usuários. No entanto, muitos apresentam a falta dela, seja por razões históricas, culturais, organizacionais, financeiras, etc., que estão além do escopo deste trabalho. Felizmente existem métodos usuais e confiáveis para avaliar onde o design contribuiu com uma boa ou má usabilidade e também para julgar as mudanças que devem ser feitas para projetar um produto que seja fácil de usar e útil o suficiente para sobreviver ou mesmo prosperar no mercado.

Em geral, o que faz um produto ter sucesso é usá-lo. Rubin [9] apresenta a seguinte definição para o termo usabilidade: “quando um produto ou serviço é verdadeiramente utilizável, o usuário pode fazer o que ele quer fazer e da forma que ele espera poder fazê-lo sem obstáculos, hesitações ou perguntas”. Para ser utilizável, um produto ou serviço deve ser útil, eficiente, eficaz, satisfatório, fácil de aprender e acessível. Vamos falar sobre cada um desses atributos:

- Utilidade: diz respeito ao grau em que um produto permite que um usuário alcance seus objetivos com sucesso. Sem a utilidade, outros atributos de usabilidade não farão sentido. Se um sistema é fácil de usar, fácil de aprender a usar e até mesmo satisfatório no uso, mas não atinge os objetivos específicos de um usuário específico, então não terá sucesso. Curiosamente, a utilidade é o atributo mais frequentemente negligenciado durante experimentos e estudos feitos em laboratório.
- Eficiência: é a rapidez com que o objetivo do usuário pode ser alcançado de forma clara e completa e geralmente é uma medida de tempo. Por exemplo, pode-se querer definir um benchmark de teste de usabilidade que diz o seguinte “95% de todos os usuários poderão carregar o software em até 10 minutos”.
- Eficácia: refere-se à medida em que o produto se comporta da maneira que os usuários esperam e a facilidade com os usuários podem usá-lo para fazer o que pretendem. Isso geralmente é medido quantitativamente através da taxa de erro. A medida de teste de usabilidade para a eficácia, assim como para a eficiência, deve estar vinculada a alguma porcentagem do total de usuários. Estendendo o exemplo da eficiência, o benchmark pode ser expresso como “95% de todos os usuários poderão carregar o software corretamente na primeira tentativa”.
- Capacidade de aprendizado: tem a ver com a capacidade do usuário operar o sistema em algum nível definido de competência após uma quantidade predeterminada e período de treinamento. Também pode se referir à capa-

cidade de usuários não frequentes reaprenderem a utilizar o sistema após períodos de inatividade.

- Satisfação: refere-se à percepção, sentimentos e opiniões do usuário com relação ao produto ou serviço que ele usou, geralmente capturado por meio de questionamentos escritos e/ou orais. Os usuários são mais propensos a funcionar bem com um produto que atenda às suas necessidades e proporciona satisfação. Normalmente, os usuários são solicitados a classificar os produtos que eles usaram ou tentaram usar e isso geralmente pode revelar causas e motivos para os problemas de interação que ocorrem.
- Acessibilidade: pode ter dois significados; o primeiro como fornecer acesso aos produtos para atingir um objetivo; e o segundo diz respeito a como tornar os produtos utilizáveis por pessoas com deficiência. Considerar a acessibilidade para as pessoas com deficiência pode simplificar o design para as pessoas que enfrentam limitação temporária (lesões, por exemplo) ao mesmo tempo em que favorece o uso em situações como atenção dividida ou condições ambientais ruins, como luz brilhante ou luz insuficiente. Existem muitas ferramentas e conjuntos de diretrizes disponíveis na literatura para auxiliar a tornar o design acessível.

As metas e objetivos de usabilidade são tipicamente definidos em termos mensuráveis de um ou mais desses atributos. No entanto, é preciso advertir que fazer um produto utilizável não se limita a simplesmente gerar números sobre uso e satisfação. Embora os números possam dizer se um produto funciona bem ou não, há um elemento qualitativo difícil de capturar. Isso tem a ver com a interpretação dos dados para saber como solucionar um problema. Julgando as várias possíveis causas para um problema de design e sabendo quais são especialmente prováveis, muitas vezes significa olhar além dos dados individuais para projetar um tratamento eficaz. Ao incorporar métodos de avaliação, como testes de usabilidade ou avaliação heurística ao longo de um processo de design iterativo, torna-se possível criar produtos e serviços que sejam úteis e utilizáveis e possivelmente até agradáveis.

Avaliação de usabilidade

Cada vez mais, empresas e desenvolvedores de software têm se atentado para a importância de se avaliar a usabilidade de seus produtos de software. Na verdade, este tipo de avaliação deve acontecer durante todo o processo de desenvolvimento do sistema, utilizando os resultados obtidos como melhorias a serem, gradativamente, alcançadas na interface deste sistema [10].

Para se realizar a avaliação de usabilidade, vários métodos são propostos, que variam de acordo com a etapa do desenvolvimento em que são aplicados, a maneira de coletar dados e suas características, a análise realizada com base nos dados coletados, entre outros. Dentre estes métodos, é possível citar a avaliação heurística [11], que é um método de Inspeção de Usabilidade e foi utilizado neste estudo.

A Avaliação Heurística é realizada por especialistas e tem por objetivo examinar, de acordo com critérios estabelecidos, se a interface está de acordo com estes critérios (heurísticas). Depois de encontrados os problemas, é necessário, também, classificá-los em uma pontuação que varia de 1 a 5, onde 1 significa que o problema é menos importante até 5 que significa um erro catastrófico.

De acordo com Nielsen [11], são necessários três a cinco especialistas para realizar a Avaliação Heurística. Neste tipo de avaliação, primeiramente, a inspeção deve ser realizada individualmente. Assim o avaliador deve percorrer a interface várias vezes a fim de encontrar os problemas, ou seja, partes da interface que não estão em consonância com as heurísticas propostas. Então, ele deve classificar o problema (entre 1 e 5). Geralmente, uma sessão de inspeção dura até duas horas, mas, dependendo do tamanho ou complexidade da interface, é recomendável dividi-la em várias sessões abordando cenários específicos. Ao final da avaliação, todos os avaliadores apresentam suas listas de problemas, que são consolidados em uma única lista, depois de discutidas.

Nielsen [12] propôs 10 heurísticas no início dos anos 90, em que surgiam as interfaces gráficas. São elas:

- Visibilidade do estado do sistema: o sistema deve ser capaz de informar o que está acontecendo em tempo real para o usuário.
- Correspondência entre o sistema e o mundo real: o sistema deve utilizar sons, parte gráfica e tom de escrita que usuário costuma utilizar para se comunicar.
- Liberdade de controle fácil para o usuário: o sistema deve promover ao usuário a liberdade para ele realizar ações com exceção das regras que vão contra o negócio ou que interfiram em outra funcionalidade.
- Consistência e padrões: o sistema deve conter consistência e padrão visual (texto, cor, desenho do elemento, som, etc.).
- Prevenção de erros: o sistema deve fornecer meios de impedir que o usuário realize ações indesejadas.

- Reconhecimento em vez de memorização: o sistema não deve impor que o usuário se lembre como executar determinadas ações, por exemplo, o caminho para encontrar determinada funcionalidade.
- Flexibilidade e eficiência de uso: é necessário fornecer meios diferentes de realizar a mesma funcionalidade para ir de encontro a tipos diferentes de usuários, do leigo ao experiente.
- Estética e design minimalista: o sistema deve fornecer apenas informações essenciais para não sobrecarregar o usuário.
- Ajudar os usuários a reconhecerem, diagnosticarem e se recuperarem erros: as mensagens de erros tem que ser claras e próximas do conteúdo ou ação que causou o erro.
- Ajuda e documentação: embora o usuário não goste de utilizar ajuda e documentação, ela deve estar disponível, se necessário.

Estas heurísticas versam sobre critérios bastante genéricos, algumas vezes é necessária sua reinterpretação ou extensão para atender especificidades de novas formas de interação de sistemas interativos. Por exemplo, Salvador, Oliveira Neto e Guimarães [12] adaptaram estes critérios para a avaliação de interfaces baseadas em voz e Sutcliffe e Gault [13] para avaliar sistemas de Realidade Virtual.

Pode-se utilizar, dentro do processo de inspeção de usabilidade, checklists a fim de dar foco a importantes aspectos da interface que deveriam ser analisados com maior profundidade. Este é uma maneira de facilitar e orientar o trabalho de inspeção. Isso pode tornar a avaliação relativamente mais barata e que pode ser adaptada às diversas situações de avaliações; para isso, basta que se selecionem regras ergonômicas adequadas. Estas regras (checklists) são construídas a partir da experiência de avaliador, durante anos, no desenvolvimento de vários projetos na área ou ainda entendidas como regras de “bom senso” – Orth [13].

Realidade aumentada

Segundo Azuma [11], as aplicações de RA têm como características principais: (1) combinam do mundo real com o virtual; (2) suportam interação em tempo real; e (3) adicionam objetos tridimensionais (3D) nas cenas. Elas se diferenciam das aplicações de RV devido ao fato dos usuários manterem a consciência do mundo real durante o uso, enquanto nas aplicações de RV os usuários são inseridos em mundos totalmente sintetizados por computadores. Para o funcionamento, as aplicações de RA coletam e analisam o ambiente via câmera e executam ações de forma coordenada e proativa, como o disparo de animações

conforme a posição do usuário. Sempre que ocorre mudança na cena real, a aplicação trata as interações do usuário, realiza o mapeamento dos objetos e gera novas imagens para serem apresentadas para os usuários.

Geralmente as aplicações de RA exploram a visão e audição dos usuários por intermédio de agregação de imagens 3D e de sons como conteúdo. Contudo, a RA pode incluir também, como conteúdo, estímulos a qualquer um dos outros sentidos fundamentais dos seres humanos, no caso o tato, olfato e paladar. O desenvolvimento de aplicações de RA demanda um conjunto de subsistemas com diversos recursos, como:

- Interface: visa a apresentação da cena real com os objetos virtuais (modelos 3D, sons, texturas, vídeos) adicionados. Ela deve ser projetada de tal forma que proporcione interação amigável e seu uso o mais natural possível, de tal maneira que os usuários se sintam encorajados e se sintam a vontade para usá-la;
- Rastreamento: responsável pelo tratamento do posicionamento do usuário e dos objetos da cena. Comumente as aplicações de RA utilizam marcadores, porém não é obrigatório para todas elas, pois as sem marcadores (markerless) utilizam o recurso de reconhecimento de características de objetos para a inserção dos elementos virtuais na cena real;
- Mapeamento da cena: visa misturar o mundo real com os objetos virtuais conforme a posição dos elementos detectados na cena;
- Interação: tem como objetivo receber as interações dos usuários, como, por exemplo, a movimentação da câmera, processar e realizar as mudanças correspondentes na aplicação. O tratamento das interações deve ser em tempo real, dessa forma permitirá, por exemplo, que os objetos 3D sejam inseridos na cena no momento em que o marcador é apresentado para a câmera.

A tecnologia RA é nova e possui diversas características, como o uso de webcam e a mobilidade do usuário, o que torna as soluções de desenvolvimento tradicionais limitadas quando se trata delas. Na atualidade existem diversas ferramentas de alto nível que facilitam o desenvolvimento das aplicações de RA, como Unity 3D [11] e Ogre3D [12]. Essas ferramentas fornecem, por exemplo, soluções para rastreamento dos objetos das cenas e das posições dos usuários. Contudo, ainda não existe uma solução consolidada que determine todo o processo de desenvolvimento das aplicações de RA, incluído a verificação de sua usabilidade.

A maioria das aplicações educacionais com conteúdos de RA são criadas para serem utilizadas somente pelo professor que, geralmente, a desenvolveu. Isso

ocorre pois visa atender uma demanda imediata, sem considerar a possibilidade de reutilização por outros. Assim, o uso da aplicação limita-se a apenas um contexto, pois, devido a falta de recursos para redistribuição, o professor não a disponibiliza para outros. Então, a adoção de padrões, como os relacionados aos Objetos de Aprendizagem é uma alternativa para mudar tal situação.

Objetos de aprendizagem

Pode-se definir OA como entidades digitais ou analógicas, de qualquer natureza, que tenham como características a possibilidade de utilização, reutilização durante o processo de aprendizado suportado por tecnologias [12]. Tal termo, cunhado por Wayne [13], ainda é frequentemente empregado sem critérios claros, tanto nos ambientes educacionais, quanto nos de desenvolvimento. Ao longo desses mais de 20 anos de pesquisas na área, entretanto, algumas características desejáveis dos OAs foram definidas:

- Acessibilidade: o OA deve ser marcado com metadados para que ele possa ser armazenado e referenciado em um banco de dados;
- Reutilização: uma vez criado, um OA deve funcionar em diferentes contextos de instrução;
- Interoperabilidade: o OA deve ser independente dos meios de entrega e dos sistemas de gerenciamento de conhecimento.

Na área da Educação destacam-se outras características, dentre as quais uma premissa básica: a estruturação pedagógica do uso e mensuração de resultado.

Nesse sentido, os OAs devem ser os responsáveis pela conexão de conteúdo (o arcabouço conceitual a ser apreendido), contexto (o ambiente, as regras e os processos interativos envolvidos) e o aluno.

Moran [14], por exemplo, faz distinção entre OAs e Objetos de Ensino. Para ele, enquanto os OAs possuem mais interatividade, permitindo uma reflexão a partir das reações do objeto, desacomodando os conhecimentos já construídos e levando à formação de novos conceitos. Os OEs têm como objetivo a simples apresentação de um conteúdo pontual, não tendo como objetivo central o desenvolvimento de habilidades ou a construção do conhecimento.

Dessa maneira, para desenvolver um OA é necessário partir de um planejamento pedagógico; organizar conteúdo, prática e testes; definir o perfil do usuário; desenvolver regras e requisitos e; finalmente, escolher os recursos a serem utilizados no referido objeto.

Portanto, percebe-se aqui a necessidade da escolha dos recursos, e consequentemente, das tecnologias aplicadas, a partir de um entendimento profundo do conteúdo, aluno e contexto.

Trabalhos relacionados

Não foram encontrados, na literatura, trabalhos que tratassem da avaliação de usabilidade de objetos de aprendizagem com a utilização de RA. Os trabalhos encontrados trazem a avaliação de usabilidade em RA ou em OAs.

Martins, Kirner e Kirner [14] apresentam um estudo a partir de uma revisão sistemática numa base de mais de 900 artigos que tratavam de RA. Os autores encontraram 51 critérios para avaliação de usabilidade de sistemas de RA, divididos em nove categorias (Interação de Sistema, Interface de Aplicação, Representação, Aspectos Sensoriais e Comportamentais, Motivação e Esforço, Associação Espacial, Configurações e Aspectos Internos, Funcionalidades Gerais e Outros Atributos). O estudo aponta que a maioria dos artigos utilizados era sobre Sistema de RA na área Educação. No entanto, o estudo não traz as especificidades dos Objetos de Aprendizagem em RA.

Martins, Corrêa e Guimarães [15] apresentam duas técnicas de avaliação de usabilidade adaptadas a aplicações de RA - teste de usabilidade e avaliação heurística. A avaliação heurística traz os critérios propostos por Nielsen [16] e adaptados ao contexto de aplicações de RA e também outros critérios (precisão, facilidade de uso, configuração do ambiente, satisfação). O trabalho traz um estudo de caso mostrando como executar tais técnicas.

Carvallho [17] apresentou um modelo para o desenvolvimento, empacotamento e distribuição de aplicações de RA. O autor também apresentou uma ferramenta capaz de empacotar conteúdos de RA no formato de Objetos de Aprendizagem no padrão SCORM (Sharable Content Object Reference Model) e exportá-los para ferramentas compatíveis. Os autores testaram a solução em dois estudos de caso, comparando com o ensino tradicional e com objetos multimídia. Contudo, o modelo precisa ser aplicados em mais contextos para demonstrar a sua validade.

Com o amplo incentivo à construção e disponibilização de objetos de aprendizagem, torna-se necessário desenvolver metodologias de produção e avaliação desses materiais. Na literatura é possível encontrar diretrizes para a avaliação de usabilidade de objetos de aprendizagem em [18]. Os métodos utilizados têm sido os tradicionais utilizados na área de Interação Humano-Computador (IHC), tais como a Avaliação Heurística [19], design instrucional [20], além

de iniciativas em criar diretrizes específicas para a construção e avaliação deste tipo de material educacional digital [20] e de reusabilidade [21].

Algumas dessas iniciativas destacam as fases do processo de desenvolvimento e avaliação dos OAs, tais como definição do storyboard, criação do mapa de navegação do objeto e avaliação que consiste em testar o funcionamento e a usabilidade do OA em foco. Ao realizar uma avaliação de usabilidade é recomendado mensurar o grau de adequação ao público-alvo, qualidade do conteúdo, o nível de cumprimento dos objetivos, a facilidade de uso, forma de apresentação (layout, navegação) e as questões didáticas e pedagógicas associadas ao objeto de aprendizagem.

Ainda segundo Mussoi et al. [21], ao avaliar a usabilidade de um OA é importante considerar os seguintes fatores: usabilidade técnica e usabilidade pedagógica. A usabilidade técnica concentra-se na avaliação dos seguintes fatores: acessibilidade, memorização e aprendizagem, controle de uso, ajuda, layout gráfico, consistência, eficiência, sobrecarga de memória e erros. Enquanto que a usabilidade pedagógica concentra-se em: controle do aprendiz, aprendizagem cooperativa, aplicabilidade, valor agregado, motivação, avaliação de conhecimentos prévios, flexibilidade e feedback.

No entanto, muitos trabalhos apontam para uma série de dificuldades de utilização e reuso desses OAs, tornando-os simplesmente um conteúdo digital inoperante ou inacessível. Braga [22], por exemplo, identificaram uma série de fatores que podem impactar negativamente na qualidade de um OA e, consequentemente, sua reutilização: dificuldades pedagógicas; dificuldades de contextualização; dificuldades de recuperação; dificuldades de instalação; dificuldades de portabilidade; dificuldades na usabilidade; dificuldades na acessibilidade; baixa precisão; baixa confiabilidade.

Considerando todos esses aspectos inerentes à qualidade, usabilidade e reuso de um objeto de aprendizagem, torna-se imprescindível estabelecer diretrizes no desenvolvimento e na avaliação desses objetos para que sejam de fato efetivos para a educação.

Metodologia

A metodologia deste trabalho para propor critérios de usabilidade para OAs em RA se deu a partir da experiência dos autores em desenvolver e avaliar sistemas de RA, em pesquisar, desenvolver e avaliar OAs.

Estes critérios foram selecionados a partir do que Nielsen [23] propôs, reinterpretados e também em novos critérios [23] aplicados ao contexto de RA, RA para dispositivos móveis e também de OAs.

Para desenvolver métricas de usabilidade específicas para OAs em RA, foi desenvolvido um material no qual fosse possível adicionar questionamentos a partir dos critérios selecionados. Foi, então, preparado um minicurso de 3 horas de duração, para um público-alvo focado em OA, a fim de ensiná-los como realizar avaliações de usabilidade de Sistemas de RA. A cada critério apresentado, era discutido como este critério para RA poderia ser aplicado para OAs.

Dentre os critérios apresentados, é possível destacar:

- As 10 heurísticas de Nielsen [24] foram utilizadas, mas relidas no contexto de RA, de RA para dispositivos móveis e para OAs. Por exemplo, para a heurística “Estética e Design Minimalista” foram criados questionamentos, tais como:
 - É satisfatória ou é excessiva a quantidade de objetos virtuais na cena?
 - Conteúdos são dispostos na tela de forma simples e objetiva com relação ao contexto?
 - Design e disposição dos botões e objetos interativos do aplicativo são coerentes com a ação dos mesmos?
- Indicação de outros critérios para:
 - RA: Precisão, fácil configuração do equipamento e do sistema;
 - Dispositivos móveis: Fácil utilização, Legibilidade e layout, Compatibilidade entre diferentes plataformas, poucos passos para atingir o objetivo;
 - OA: Qualidade educacional.

Finalmente, foram apresentados dois OAs com RA que continham vários problemas de usabilidade a fim de que o público-alvo pudesse identificá-lo utilizando os critérios apresentados.

Resultados e discussões

Em uma audiência formada por educadores e desenvolvedores, em uma comunidade Latino-Americana ligada ao desenvolvimento de OAs com RA, oito pessoas tiveram acesso ao material e participaram das discussões fomentadas durante o curso a partir dos conceitos de usabilidade (testes e inspeção heurística). Foi solicitado que os participantes destacassem questões que eram inerentes

ao uso da Realidade Aumentada em dispositivos móveis para o incremento do processo de ensino-aprendizagem com a finalidade de mapeamento de aspectos que fossem característicos de tais aplicações. Dentre os questionamentos, aqui organizados a partir das heurísticas propostas por Nielsen [25], destacam-se:

Visibilidade do status do sistema:

- Proporção de comandos e objetos tridimensionais sobrepostos;
- Neutralidade das cores frente ao mundo real;
- Como e para onde devo apontar a câmera do celular;
- Orientações ao usuário sobre o que devem fazer.

Compatibilidade do Sistema com o mundo real:

- Persistência do posicionamento dos elementos sobrepostos ao mundo real independentemente da velocidade de movimentação da câmera.

Consistência e padrões:

- Posicionamento dos elementos de controle.

Liberdade e Controle do Usuário

- O usuário deve ter controle da atividade que está realizando, mas muitas vezes os controles são ocultos devido ao tamanho da interface.

Prevenção de Erros:

- Como disponibilizar orientação complementar em uma interface com poucos elementos visuais de controle.

Flexibilidade e eficiência de uso:

- Muitas vezes o processamento do sistema se apresenta lento devido ao uso da internet e necessidade de processamento em tempo real, o que causa travamentos do sistema.

Estética e design minimalista:

- Restringir o uso de elementos visuais (controle) e cores para que esses não prejudiquem a interação.

Reconhecer ao invés de lembrar:

- Como criar um sistema iconográfico que não interfira na interação principal.

Auxiliar os usuários a reconhecer, diagnosticar e recuperar ações erradas:

- Comandos simples de retorno ao estágio anterior devem aparecer?

Ajuda e documentação:

- Tutorial manual (impresso) de ajuda passo a passo;
- Como e por onde começar;
- Como achar os marcadores.

Além das complementações sugeridas para que a avaliação dos OAs em RA fosse aperfeiçoada, novas heurísticas, específicas, foram propostas. Dentre elas, pode-se apresentar:

Precisão:

- O sistema, com ou sem marcador, apresenta os objetos na posição adequada?
- Os objetos virtuais são misturados com o mundo real adequadamente (textura, escala)?
- O sistema de tracker é estável?

Fácil configuração do equipamento e do sistema:

- O sistema guia o usuário de quais são os passos para utilizá-lo? Habilitar câmera, imprimir marcador, etc.

Fácil utilização:

- É fácil interagir com o sistema mesmo tendo que segurar o equipamento?
- É fácil interagir com o sistema mesmo tendo um tamanho de tela reduzido (smartphones)?
- Existe fadiga muscular?

Legibilidade e layout:

- O usuário consegue identificar facilmente o que é para clicar e o que não é?
- O usuário consegue identificar quando precisa inserir alguma informação no sistema?
- O usuário consegue identificar quando precisa esperar o sistema executar uma tarefa?
- Compatibilidade entre diferentes plataformas:
- O sistema está disponível em diferentes plataformas?
- Oferece as mesmas funcionalidades em diferentes plataformas?

- Oferece as mesmas formas de interação em diferentes plataformas?

Poucos passos para atingir o objetivo:

- O usuário consegue acessar todos os recursos do sistema rapidamente?
- O usuário pode executar todas as funções com um único tipo de interação?

Qualidade educacional:

- Os objetos virtuais inseridos na cena juntamente com as ações possíveis contribuem para o processo de ensino-aprendizagem?

Pelo exposto acima, é possível perceber que as heurísticas de Nielsen são, de certa forma, bastante genéricas e, mesmo depois de duas décadas, continuam valendo. No entanto, pode-se perceber que as características intrínsecas aos sistemas de RA devem ser consideradas e adaptadas a estas heurísticas. Tais características referem-se, sobretudo a questões da inserção dos objetos virtuais em composição com objetos reais, a como realizar a interação de uma maneira intuitiva e fácil e Sistema iconográfico.

Em relação a avaliação ser para RA em dispositivos móveis, fatores também devem ser considerados, tais como: tamanho da tela reduzida e da informação tridimensional que deve ser apresentada; o fato de uma das mãos ficar segurando o aparelho ou existe fadiga muscular.

Finalmente, em relação à aplicações de RA educacionais, os grande ponto de avaliação se referem à qualidade educacional da aplicação e seu objetivo.

Conclusões

Conteúdos educacionais empacotados no formato de OA podem contribuir com todo o processo de ensino-aprendizagem, desde a facilitação de desenvolvimento, devido o reuso de material previamente elaborado, até a abertura de possibilidades de uso materiais em formatos que exigem tempo e conhecimento de ferramentas específicas para elaboração, como é o caso de RA. Por isso, é razoável promover o desenvolvimento de conteúdo educacional de RA no formato de OA.

Contudo, para que saiba realmente se os OAs com conteúdo de RA gera ganhos aos envolvidos, principalmente, aos aprendizes é necessário que os mesmos sejam avaliados. Para tanto, é preciso coletar, analisar e quantificar ou qualificar os resultados conforme um determinado padrão de qualidade previamente estabelecido.

Apesar da usabilidade ser um dos critérios pelo sucesso ou pelo fracasso das aplicações, pouco se conhece a respeito da opinião dos usuários e de suas satisfações e frustrações no uso de conteúdos educacionais com RA. Este trabalho apresentou critérios de usabilidade para OA em RA a partir de uma releitura das heurísticas propostas por Nielsen [26] e também de novos critérios específicos para RA e OA.

A importância deste trabalho se dá, exatamente, devido a falta de trabalhos sobre como avaliar OAs no contexto de RA, em questões de usabilidade. Se percebe que muitos OAs são construídos sem levar em consideração a real necessidade do uso da tecnologia de RA e também sem levar em conta as necessidades do público-alvo.

Pode-se perceber, neste trabalho, que as heurísticas de Nielsen [27] são bastante genéricas mas devem ser sofrer uma releitura para se adequar às especificidades das aplicações de RA educacionais e seu público alvo. Assim, foram necessárias outras heurísticas para contemplar outros aspectos deste tipo de aplicações.

Como trabalhos futuros, pode-se criar uma metodologia para a realização de testes de usabilidade, a fim de que usuários finais possam ser incluídos para avaliar os OAs que utilizam RA.

Referências

- [1] H. V. Rocha & M. C. Baranauskas, “Design e Avaliação de Interfaces Humano-Computador”, Universidade Estadual de Campinas, 2003.
- [2] T. Hewett, R. Baecker, S. Card, T. Carey, J. Gasen, M., Mantei, et al. ACM SIGCHI curricula for human-computer interaction. Technical Report. New York, NY,USA: ACM Press.1992.
- [3] S. Bryson et al.: Knowledge-Based Augmented Reality. Communications of the ACM, Vol. 26, No. 7, pp. 56-62 (1993).
- [4] R. Azuma, Y. Baillot, R. Behringer, S. Feiner, S. Julier, and B. MacIntyre. “Recent advances in augmented reality”. Computer Graphics and Applications, IEEE, vol 21(6), 2001, pp. 34-47.
- [5] IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2005) Learning Object Metadata. Disponível em: <http://grouper.ieee.org/groups/ltsc/wg12/> . Acesso: 02 fev. 2018
- [6] NMC, “NMC Horizon Project Short List: 2013 Higher Education Edition”, Austin, Texas, The New Media Consortium, 2012, Disponível em: <https://www.nmc.org/publication/nmc-horizon-report-2013-higher-education-edition/> . Acesso 15 dez. 2017.

- [7] J. Nielsen, "Heuristic Evaluation", In: J. Nielsen (ed.) Usability Inspection Methods, John Wiley, New York, 1994.
- [8] V. F. Martins, T. Kirner & C. Kirner, "Subjective Usability Evaluation Criteria of Augmented Reality Applications", Lecture Notes in Computer Science. 1ed.: Springer International Publishing, 2015, v. , p. 39-48.
- [9] J. Rubin and D. Chisnell, "Handbook of usability testing: how to plan, design, and conduct effective tests", John Wiley & Sons, 2008.
- [10] V. F. Martins, A. G. D. Correa & M. P. Guimarães, "Avaliação de Usabilidade para Aplicações de RA", Tendências e Técnicas em Realidade Virtual e Aumentada, v. 3, 2013, p. 138-156.
- [11] J. Nielsen, "Usability Engineering. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA, 1993.
- [12] V. F. Martins, J. S. Oliveira Neto & M. P. Guimarães, "Levantamento de Heurísticas para Avaliação de Interfaces do Usuário Baseadas em Voz". In: Interaction South America 09, 2009, São Paulo. Anais do Congresso de Design de Interação. São Paulo: IXDA - SP, 2009. v. 1. p. 41-51.
- [13] A. Sutcliffe; B. Gault. "Heuristic evaluation of virtual reality applications". In: Interacting with Computers 16, New York: Elsevier, 2004.
- [14] A.I. Orth. "Interface Homem-Máquina". Porto Alegre:AIO, 2005.
- [15] Unity 3D. Disponível em <https://unity3d.com/pt>. Acessado em 07 fev. 2018.
- [16] Ogre3D. Disponível em <https://www.ogre3d.org/>, Acessado em 07 fev. 2018.
- [17] P. T. Northrup, "Learning Objects for Instruction: Design and Evaluation: Design and Evaluation", Information Science Publishing, 300 pages, .2007.
- [18] J. M. Moran, et al. "Novas tecnologias e mediação pedagógica". 6. ed. Campinas: Papirus, 2000
- [19] B. A. Carvalho. "Modelo de Desenvolvimento de Aplicações de Realidade Aumentada para Empacotamento e Distribuição no formato de Objetos de Aprendizagem". Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Faculdade Campo Limpo Paulista, Brasil, 2017.
- [20] G. H. B. Campos; A. R. C. Rocha. "Avaliação da qualidade de Software Educacional". 1993. Em Aberto, 12 (57), pp.23-45.
- [21] M. S. Silveira, M. L. F. Carneiro, "Diretrizes para a Avaliação da Usabilidade de Objetos de Aprendizagem", In: Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE). 2012.
- [22] F. J. L. Gomes, J. V Lima & R. A. Nevado, "Definindo orientações de usabilidade para o desenvolvimento de objetos de aprendizagem para TV Digital". RENOTE-Revista Novas Tecnologias na Educação, v. 5, n. 2, 2007, pp. 1-9..

- [23] A. F. Ramos & P. K. Santos, “A contribuição do Design Instrucional e das Dimensões da Educação para o desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem”, In: Anais do Workshop de Informática na Escola, 2006, pp. 1-8.
- [24] S. C. Cazella, P. B., D. Schneider, K. K. Silva & R. Freitas, “Desenvolvendo um Sistema de Recomendação de Objetos de Aprendizagem baseado em Competências para a Educação: relato de experiências”, In: Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE), 2012, pp.1-10.
- [25] E. Reategui & M. D. Finco, “Proposta de diretrizes para avaliação de objetos de aprendizagem considerando aspectos pedagógicos e técnicos”. RENOTE- Revista Novas Tecnologias na Educação, v. 8, n. 3, 2010, pp. 1-10..
- [26] J. C. Braga, S. Dotta, E. Pimentel & B. Stransky, “Desafios para o Desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem Reutilizáveis e de Qualidade”, In: Anais do Workshop de Desafios da Computação Aplicada à Educação, 2012, p. 90-99.
- [27] E. M. Mussoi M. L. P. Flores & P. A. Behar, “Avaliação de objetos de aprendizagem”, In: Congresso Iberoamericano de Informática Educativa, Santiago, Chile, Anais, 2010.

Aplicación del diseño centrado en el usuario para el desarrollo de una herramienta web de prototipado

Alieski Véliz Vega, Omar Correa Madrigal,
Raynel Batista Téllez³⁰

Resumen

La reutilización del código fuente generado por herramientas de prototipado y el trabajo colaborativo son aspectos decisivos en el desarrollo de software. El objetivo del estudio es representar la aplicabilidad de técnicas y métodos del Diseño Centrado en el Usuario para el desarrollo de una herramienta web de prototipado digital capaz de generar prototipos funcionales en formato HTML, CSS y JS, reutilizables en la fase de implementación. Los resultados obtenidos en las pruebas realizadas a la herramienta denotan altos niveles de usabilidad y de satisfacción por parte de los usuarios, además de bajos niveles de errores funcionales y tiempos de respuesta aceptables.

Palabras clave: diseño centrado en el usuario; herramienta; prototipado; usabilidad.

30. Grupo de Investigación Visualización y Realidad Virtual, Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana, Cuba. Correos electrónicos: veliz@uci.cu, ocorrea@uci.cu, rainer@uci.cu

Introducción

La forma en que se desarrollan las aplicaciones y cómo interactúan los usuarios con ellas es un problema que enfrentan los equipos de desarrollo de software, debido a que en ocasiones los resultados obtenidos en los productos finales no son óptimos. Estudios realizados por otros autores consideran la poca comunicación existente entre los miembros del equipo de desarrollo y los clientes, y el desconocimiento de las características de los usuarios potenciales de la aplicación como causas principales de estos problemas[1]. Muchos proyectos de software fracasan porque no se realiza un estudio previo de los requisitos del usuario, no se hace una definición completa del alcance del proyecto y no se involucra al usuario activamente en el desarrollo del producto[2]. El prototipado es una de las formas de relacionarse con los usuarios y se basa en hacer bocetos del producto a desarrollar (prototipos en papel o digitales) y prototipos de baja o alta fidelidad. Los prototipos son, además, herramientas altamente útiles para hacer participar a los usuarios en el desarrollo y poder evaluar el producto en las primeras fases del desarrollo durante las etapas iniciales, es imposible realizar evaluaciones sin la ayuda de un prototipo [3].

En un estudio realizado a herramientas de prototipado de interfaces de usuario (Axure, ForeUI, Mockflow, Picodo, Microsoft Visio, Pencil Project, iPlotz, Balsamiq Mockups entre otras), a pesar de sus ventajas, se identificaron dificultades que afectan tanto el trabajo con la herramienta como la reusabilidad de los prototipos generados. Entre estas se encuentran aspectos referentes al diseño adaptable, dificultando en algunos casos la accesibilidad de las mismas y limitando su uso desde dispositivos móviles. Se confirmó que las herramientas estudiadas no ofrecen suficientes recomendaciones que ayuden a los usuarios a mejorar la usabilidad en su prototipo, para lograr una mejor experiencia de usuario.

En una encuesta preliminar realizada a equipos de desarrollo de software en Cuba se pudo comprobar que los Arquitectos de Información y Analistas presentan dificultades para trabajar sobre un mismo proyecto en tiempo real, y el prototipo generado no puede ser reutilizado en un marco de trabajo de desarrollo. La reutilización de los prototipos en la fase de implementación de los sistemas es otro aspecto que debe ser atendido, por la necesidad de disminuir la duración de los proyectos y garantizar la consistencia de los prototipos con el resultado final.

Desarrollo

El estudio permitió identificar reconocidas herramientas de prototipado, cuyas limitaciones y fortalezas fueron consideradas para el diseño e implementación

de la herramienta, para lo se aplicó el «Roadmap» propuesto previamente por los autores[4]. Esta guía consta de 5 fases: Análisis, Diseño, Implementación, Pruebas y Mantenimiento.

La fase de Análisis está enfocada en comprender el contexto de uso, establecer y priorizar los requisitos de usabilidad basados en las necesidades de los usuarios y elaborar principios de diseño que pueden regir la interacción usuario-sistema y sirvan como guías para el proceso de creación de interfaces centradas en el usuario. En esta se aplican las técnicas: Expectativas del usuario, Grupos de enfoque, Objetivos del proyecto, Tormenta de ideas y Encuestas.

La fase de diseño está encaminada a la construcción de los prototipos de interfaz de usuario. En esta se aplican las técnicas de DCU: Guion gráfico, Card sorting, Evaluación heurística, Grupo de enfoque y Prototipado de baja y alta fidelidad propiciando la participación de gran parte del equipo de desarrollo en la elaboración de las interfaces (enfoque diseño participativo).

Diseño Centrado en el Usuario: Una metodología que integra la Ingeniería del Software, la interacción persona-ordenador y la accesibilidad [5].

Card sorting: Es una técnica que permite extraer el modelo mental y los objetivos de los usuarios para adaptar la organización y clasificación de la información del sistema a construir a dicho modelo y objetivos [5].

El «Roadmap» propone que luego de concluida la fase de obtención de requisitos se procede a la realización de los prototipos de interfaz de usuario.

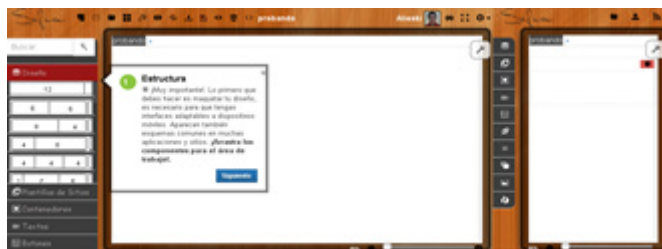
Prototipos de baja fidelidad: Implementan aspectos generales del sistema sin entrar en detalles. Permiten abarcar un espectro mayor de la interacción que hay que realizar[6].

Al culminar la realización de la técnica «Card sorting» y analizados sus resultados se procedió a la confección de los prototipos de baja fidelidad y a continuación se realizó la técnica de evaluación «Pensando en voz alta» a un grupo de enfoque con el objetivo de evaluar su usabilidad. Esta prueba, siendo uno de los métodos más sencillos y tradicionales en el campo de la evaluación de la usabilidad, es un método que consiste en expresar en voz alta nuestros pensamientos mientras una tarea de interés es realizada[7].

Prototipos de alta fidelidad: Representan aspectos más precisos. Sirven, por ejemplo, para detallar el proceso interactivo global de una o varias tareas concretas [8].

La Figura 1 muestra una imagen de las versiones computadora/dispositivo móvil de la interfaz que representa el área de trabajo para prototipar.

Figura 1.
Interfaz de usuario “Prototipar”



Validación y resultados

Según un listado publicado por All About UX [8], existen 88 formas diferentes de evaluar experiencia de usuario, entre ellas el método Emocard. La aplicación de esta técnica mostró que las tres tarjetas con mayor índice de selección fueron «excitado agradable», «promedio agradable» y «calma agradable». A pesar de que en la segunda etapa dos usuarios seleccionaron tarjetas negativas, la media de las selecciones fue positiva denotando que luego de concluir el trabajo con la herramienta los usuarios tuvieron una experiencia de uso positiva y se sintieron satisfechos.

Conclusiones

Las herramientas de prototipado actuales poseen grandes beneficios con respecto al proceso de desarrollo de prototipos al permitir en su mayoría realizar este proceso de forma ágil y sencilla. Sin embargo, poseen limitaciones sobre todo al incluir en su contexto de uso elementos de DCU. Los principales aspectos deficientes fueron la reutilización de código y el trabajo colaborativo.

Para el desarrollo de la herramienta se siguió un enfoque de DCU unido a la metodología de desarrollo XP, además de incluir aspectos fundamentales de usabilidad y elementos de diseño emocional. Se aplicaron técnicas de DCU con el objetivo de contribuir a elevar la usabilidad de la herramienta y los prototipos generados por esta. En este sentido, la herramienta proporciona consejos de usabilidad interactivos sobre aspectos de diseño de prototipos a partir de heurísticas y métricas de usabilidad propuestas en otros estudios[9].

Se evaluó la usabilidad de la herramienta teniendo en cuenta tres listas de chequeo heurísticas con una correlación exitosa, demostrando un alto nivel de usabilidad y confianza en los resultados obtenidos. La aplicación de la técnica «Emocard» para medir el placer de uso del usuario con la herramienta indicó como promedio que los usuarios tuvieron experiencias agradables al interactuar con la aplicación.

Referencias

- [1] Andrew Sears y Julie A. Jacko, *The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Applications*, Third Edition. CRC Press, 2002.
- [2] Yanetsi Maita, «Los Requerimientos y su importancia en el desarrollo del Software», *Colaborativa Postgrado UCV*. [En línea]. Disponible en: http://kuainasi.ciens.ucv.ve/red_educativa/blogs/20. [Accedido: 08-feb-2018].
- [3] Toni Granollers i Saltiveri, Jesús Lorés Vidal, y José Juan Cañas Delgado, *Diseño de sistemas interactivos centrados en el usuario*. Editorial UOC, 2011.
- [4] Andy José Rivas Franco, Abel Alejandro del Pino Moragues, y Raynel Batista Tellez, «Aplicación de los enfoques del Diseño Centrado en el Usuario (DCU) a la plataforma SO3», *Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana*, 2012.
- [5] Y. H. M. Sergio ortega Santamaría, «Informe APEI sobre usabilidad», *Guijón: Asociación Profesional de Especialistas en Informática*, 3.
- [6] Ian Sommerville, *Ingeniería del software*. Pearson Educación, 2005.
- [7] María Susana Ávila García, Marco Bianchetti, y Alfredo González Gaviña, «USO DEL MÉTODO “THINK ALOUD” EN LA INVESTIGACIÓN CUALITATIVA.», *Pist. Educ.*, vol. 39, n.o 127, ene. 2018.
- [8] «Emocards « All About UX». [En línea]. Disponible en: <http://www.allaboutux.org/emocards>. [Accedido: 08-feb-2018].
- [9] Iliannis Pupo Leyva, «Procedimiento para el aseguramiento y evaluación de la usabilidad basado en patrones arquitectónicamente sensibles para los sistemas de gestión del Centro de Informatización de la Gestión de Entidades», *Universidad de las Ciencias Informáticas*.

Herramienta para la evaluación de la satisfacción en pruebas de usabilidad bajo el enfoque de pensamiento en voz alta

Richard Stiven Marín Baos, Yeison Isaac Llanten Lucio
Gabriel Elías Chanchí Golondrino, Katerine Márceles Villalba³¹

Abstract

With the current growth in the number of applications consumed by users, usability has become a fundamental element to guarantee the quality of the software. One of the ways to evaluate the usability of an application is through the called user tests, which are developed in a usability laboratory. These tests are intended to obtain indicators of the three main attributes that define usability according to ISO 9241-11: efficiency, effectiveness and satisfaction. With respect to efficiency and effectiveness there are well-defined metrics that allow evaluating these attributes in a usability test, however, in the case of the satisfaction, the observation of user behavior (gestures, postures, facial expressions) is used by the test coordinator, making this attribute somewhat subjective. In this poster we propose a tool for monitoring the user's emotional behavior during a usability test under the thinking-aloud approach, taking into account the voice as input variable.

31. Facultad de Ingeniería, Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca. Popayán, Colombia. Correos electrónicos: yeikost42@unimayor.edu.co, yeison.1266@unimayor.edu.co, gchanchi@unimayor.edu.co, kmarceles@unimayor.edu.co

Keywords: emotions, satisfaction, thinking-aloud, usability, user test.

Introducción

Uno de los atributos más subjetivos de estimar en una prueba de usabilidad es el de la satisfacción. Lo anterior, teniendo en cuenta que por lo general se recurre a la percepción del evaluador con respecto al comportamiento de un usuario (gestos, expresiones faciales, etc.). En este artículo se propone una herramienta para la evaluación de la satisfacción en pruebas de usabilidad, aprovechando los datos capturados en un laboratorio de usabilidad mediante las pruebas de pensamiento en voz alta y co-descubrimiento, teniendo en cuenta para ello las características emocionales de la voz (arousal y valance). La herramienta propuesta ha sido llamada WDEV (Wolf Detector Emotions Voice) y hace uso en segundo plano de la librería de código abierto openEar, la cual permite la obtención de las variables arousal y valence a partir de una muestra de audio. Esta herramienta permite hacer un seguimiento del comportamiento emocional de un usuario en el tiempo, vinculando dichas emociones con las diferentes tareas realizadas en la prueba de usabilidad. A modo de evaluación, la herramienta WDEV fue utilizada para el análisis emocional de los datos obtenidos en una prueba de usabilidad diseñada y ejecutada sobre el portal web de la Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca (www.unimayor.edu.co).

Finalmente, el poster está organizado de la siguiente forma: en la sección 2 se presenta una descripción de la propuesta de la herramienta y en la sección 3 se muestran las conclusiones y trabajos futuros derivados de este trabajo.

Propuesta de la herramienta

En esta sección se presenta el modelo seleccionado para la clasificación de emociones, el diagrama de bloques y el prototipo final de la herramienta WDEV. La herramienta propuesta está diseñada para ser usada una vez termina una prueba de usabilidad, de tal modo que toma como parámetro de entrada el audio capturado a partir de la interacción en el usuario y la aplicación a evaluar. Así, esta herramienta es adecuada para ser utilizada en pruebas de usabilidad bajo el enfoque de pensamiento en voz alta y co-descubrimiento.

Modelo de emociones

Este trabajo se partió del modelo de emociones propuesto en [1], el cual es una adaptación del modelo de Rusell [2]. Los estados de ánimo considerados en el modelo de cinco emociones son: excitado, feliz, relajado, triste y enojado. Este modelo se empleó teniendo en cuenta su simplicidad y considerando que tiene

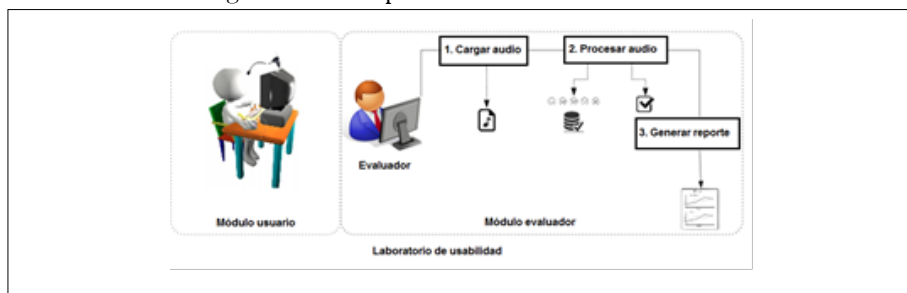
en cuenta los atributos musicales de arousal y valence para la clasificación de emociones.

Diagrama de bloques de la herramienta

En esta sección se presenta el diagrama de bloques de la herramienta para el seguimiento emocional del usuario en una prueba de usabilidad, teniendo en cuenta como variable fisiológica de entrada la voz. El diagrama de bloques de la herramienta está conformado por los siguientes módulos: cargar audio, procesar audio y generar reporte.

Para comenzar, el evaluador haciendo uso de la aplicación WDEV procede en el módulo de cargar audio, a subir el archivo de la prueba el cual debe estar en formato mp3 o wav. Posteriormente, en el módulo de procesar audio, la herramienta haciendo uso de las librerías FFmpeg y openEAR segmenta el audio y analiza la emoción asociada a cada fragmento de audio, de tal manera que en la interfaz de la herramienta se puede visualizar como la emoción va cambiando a lo largo del tiempo. Para realizar el proceso de clasificación de la emoción en el tiempo, se hace uso de los parámetros musicales de arousal y valence arrojados por la librería openEAR, los cuales una vez obtenidos permiten definir una emoción dentro del modelo de emociones determinado. Finalmente en el módulo generar reporte, la herramienta permite la visualización de manera gráfica del comportamiento emocional del usuario durante la prueba de usabilidad. Como aporte complementario, los datos del seguimiento emocional del usuario y las gráficas de los mismos, pueden ser exportados a los formatos csv y pdf.

Figura 1.
Diagrama de bloques de la herramienta WDEV



Fuente: propia

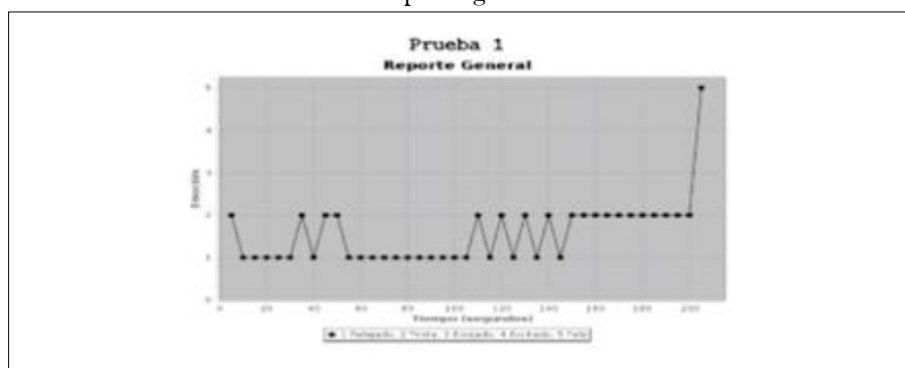
Prototipo final

A continuación en la figura 2, se muestra la interfaz principal de la herramienta WDEV, donde se aprecia las diferentes funcionalidades presentadas en el diagra-

ma de bloques. Esta herramienta admite formatos de audio mp3 y wav. En caso de que el formato sea MP3, la herramienta hace uso de la librería FFmpeg para convertir el archivo al formato WAV, además WDEV hace uso de openEAR en segundo plano, para obtener las variables arousal y valence.

De la misma manera se aprecia en la figura 2, los reportes gráficos generados por la herramienta, donde se obtiene un reporte general, y un reporte por cada tarea según el tiempo de duración ingresado por el evaluador.

Figura 2.
Reporte gráfico



Fuente: propia

Conclusiones y trabajo futuro

La herramienta WDEV es un aporte importante para el laboratorio de usabilidad, en el sentido que permite al evaluador de la prueba obtener indicadores que posibilitan la estimación de la satisfacción en las diferentes tareas de un test de usuario. Lo anterior gracias al análisis emocional que realiza la herramienta propuesta, a partir del audio capturado en una prueba de usabilidad bajo los enfoques de pensamiento en voz alta y/o co-descubrimiento. Así mismo, la herramienta propuesta, permite la obtención de los datos asociados al comportamiento emocional del usuario en formato csv y pdf.

Como trabajo futuro se pretende ampliar las funcionalidades de la herramienta para la detección en tiempo real de las emociones, en vista que sería de gran ayuda para los evaluadores, puesto que podrían observar las emociones que los usuarios presentan cuando están realizando una tarea.

Referencias

- [1] L. Solarte, M. Sánchez, G. Chanchí, D. Duran y J. Arciniegas, «Dataset de contenidos musicales de video, basado en emociones,» ingenierías USBMed, vol. 7, nº 1, pp. 37-46, 2016.
- [2] audeERING, «Intelligent Audio Engineering,» 2017. [En línea]. Available: <http://audeering.com/>. [Último acceso: Diciembre 2017].

Avances tecnológicos (móviles y de escritorio) para personas en situación de discapacidad auditiva. Revisión de la literatura científica latinoamericana, 2010-2017

Sandra Milena Gómez Muñoz³²

Resumen

El presente artículo explora y analiza diversas publicaciones científicas indexadas en bases de datos en el contexto latinoamericano, con el fin de exponer el impacto social y oportunidades laborales para personas con discapacidad auditiva gracias a los avances tecnológicos (móviles y de escritorio), entre el periodo 2010 al 2017. Inicialmente, se presenta un perfil de las personas con discapacidad auditiva en Latinoamérica seguidamente, se realiza una descripción de las tecnologías creadas para personas con discapacidad auditiva; finalmente, se exponen los avances tecnológicos para la integración educativa, social y laboral de las personas con discapacidad auditiva en el contexto latinoamericano. En la selección de los artículos se recurrió a la exploración en bases de datos como: Redalyc, Google Académico, ScienceDirect y Scielo, teniendo en cuenta términos de búsqueda, tales como: Tecnología, discapacidad auditiva,

32. Estudiante de IX semestre del Programa de Ingeniería de Sistemas, Corporación Universitaria de Comfacaucá – Unicomfacaucá. Popayán, Colombia. Correo electrónico: samygo-mez05@hotmail.com

inclusión, equidad, TIC, accesibilidad, usabilidad y herramientas tecnológicas; se seleccionaron aquellos artículos con información relevante desde la participación de la ingeniería de sistemas, avances y novedades enfocadas a personas con discapacidad auditiva del contexto latinoamericano.

Palabras claves: Tecnología, discapacidad auditiva, inclusión, equidad, TIC, accesibilidad, usabilidad, herramientas tecnológicas.

Introducción

El principal objetivo de esta revisión, consiste en exponer el impacto social y oportunidades laborales para personas con discapacidad auditiva gracias a los avances tecnológicos (móviles y de escritorio), entre el periodo 2010 al 2017. Inicialmente, se presenta un perfil de las personas con discapacidad auditiva en Latinoamérica seguidamente, se realiza una descripción de las tecnologías creadas para personas con discapacidad auditiva, a continuación, se identifican las ayudas técnicas y en telecomunicaciones (móviles) en la rehabilitación y habilitación para personas sordas; finalmente, se exponen los avances tecnológicos para la integración educativa, social y laboral de las personas con discapacidad auditiva en el contexto latinoamericano.

Para el área de ingeniería de sistemas, es muy relevante el tema de avances tecnológicos con respecto a la discapacidad auditiva, puesto que desde allí se pueden realizar numerosos productos, tanto hardware como software, que permitan mejorar las condiciones de vida de personas con discapacidad sensorial auditiva. Por otro lado, los artículos científicos de revisión exponen al lector información destacada sobre temas específicos, en este caso para revelar información sobre los avances tecnológicos para personas con dificultad auditiva, con el fin de motivar a quienes puedan aportar con sus habilidades y conocimiento a dicha población.

En este artículo se realiza una revisión bibliográfica de artículos científicos, para lo cual, se recurrió a la exploración en bases de datos como: Redalyc, Google Académico, ScienceDirect y Scielo, teniendo en cuenta términos de búsqueda, tales como: Tecnología, discapacidad auditiva, inclusión, equidad, TIC, accesibilidad, usabilidad y herramientas tecnológicas; se seleccionaron aquellos artículos con información relevante desde la participación de la ingeniería de sistemas, avances y novedades enfocadas a personas con discapacidad auditiva del contexto latinoamericano en un periodo de tiempo de 2010 a 2017 porque ha sido el tiempo en que la tecnología ha logrado un gran impacto para la sociedad en general.

Desarrollo

La discapacidad auditiva en América Latina

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), la discapacidad se define como “toda restricción o ausencia (debida a una deficiencia) de la capacidad de realizar una actividad en la forma o dentro del margen que se considera normal para un ser humano”, derivada de esta definición, establece que la discapacidad auditiva es “el estado en el cual existen trastornos o disminuciones en el funcionamiento auditivo así como dificultad para percibir el sonido, especialmente la intensidad y el tono del mismo” [1].

En el mundo, existen aproximadamente 360 millones de personas con pérdida de audición, lo cual representa un 5% de la población mundial. En Colombia, de acuerdo con el Observatorio Social de la Población Sorda Colombiana, el 1,1% del total de habitantes tiene una limitación para oír, o sea más de 450 mil personas para el año 2015 [2], [3]. En el contexto latinoamericano, de acuerdo con La Comisión Económica para América Latina y el Caribe - CEPAL, sostienen en [4], [5] que cerca del 12% de personas viven con al menos una discapacidad, lo que involucra a 66 millones de personas aproximadamente, según lo cual representa que muchas personas requieren de avances tecnológicos que les resuelva problemas de su diario vivir.

Esto significa que, existe una gran cantidad de personas que requieren adaptaciones tecnológicas y sociales para acceder a puestos de trabajo, interactuar en contextos donde no hay adaptaciones para personas con discapacidad auditiva y en entornos que les impiden satisfacer necesidades que todos damos por hecho, cuando no entendemos este tipo de discapacidad.

Así mismo, según estudios realizados por INSOR [5], la población con discapacidad auditiva vive en condiciones socioeconómicas que las ubica en riesgo de vulneración y exclusión social. Existe una brecha con respecto a la educación, lo cual deriva a no tener oportunidades laborales dentro del contexto; según el Registro para la localización y Caracterización de Personas con Discapacidad (RLCPD) [6], “el 41% del total de sordos son analfabetas; el 42% sólo ha alcanzado el nivel educativo de primaria y más preocupante aún, el 39% ni siquiera ha realizado ningún grado escolar”. Las cifras mencionadas dan certeza de que los procesos educativos están restringidos, generando aun mayor vulnerabilidad y exclusión para esta población. Pero, a su vez, permite reconocer los aportes y avances que existen a nivel tecnológico para hacer que estas personas gocen de nuevas oportunidades, reduciendo su brecha de vulnerabilidad.

Por otro lado, en [7] se describen las causas por las cuales se puede perder la audición, como son: biológicos, ambientales, comportamentales, atención de salud, sociales-culturales, interacción y económicos.

De igual modo, a nivel de investigación y formación es necesario incorporar el uso de las TIC para generar procesos sociales y económicos incluyentes para las personas que presentan algún tipo de discapacidad auditiva. Esto mismo se refleja a nivel nacional, puesto que son pocas las personas que se han beneficiado de los desarrollos tecnológicos por falta de conocimiento, de recursos económicos o por su misma discapacidad. De igual manera, en la Corporación Universitaria de Comfacaucá, Unicomfacaucá, en la facultad de ingenierías, se considera que hace falta crear soluciones para personas discapacitadas, desarrollos que permitan disminuir o eliminar algunas brechas existentes entre discapacitados y el mundo real.

En complemento, en [8] se expone que, a nivel mundial, se presenta un gran problema en la falta de comunicación y accesibilidad a la información en las personas con discapacidad auditiva, por lo cual se evidencia una desventaja social tanto en los países desarrollados como en desarrollo. Dicho inconveniente es experimentado en sectores como: atención médica, educación, gobierno local y la justicia; por lo tanto, hay mucho por hacer para que toda esta población sea incluida en la sociedad, para que disfrute de compartir con las demás personas, pueda acceder a la educación, empleo e integrarse en espacios socioculturales en su tiempo de ocio.

Actualmente, la tecnología realiza aportes significativos en la vida de las personas con dificultad auditiva logrando que se integren en los diferentes ámbitos de la misma, como por ejemplo: en el ámbito educativo, social y laboral [9]. Es posible afirmar que las TIC permiten conseguir nuevas realidades comunicativas para personas con discapacidad auditiva [10]. Al combinar las dos definiciones anteriores se tiene que las TIC pueden proporcionar grandes beneficios a esta población, tales como: la comunicación, comprensión y acceso a la información, lo cual se resume en la accesibilidad [11].

Tendencias tecnológicas para personas con discapacidad auditiva en el continente

Con el surgimiento de las TIC se han suplido diversas necesidades que tienen las personas con discapacidad auditiva, entre ellas según Koon y Vega [12], están las tecnologías del habla, sistemas multimedia interactivos y comunicaciones avanzadas. Todas las creaciones tecnológicas han impactado en la vida

de quienes tienen acceso a ellas, y, a la vez disminuyen la vulnerabilidad que dichas personas tienen debido a su discapacidad, pues cabe resaltar que gracias a los productos tecnológicos, estas personas desarrollan nuevas habilidades, las cuales les permite integrarse en nuevos contextos y superar sus condiciones de discapacidad.

Según García y cols [13], existen sitios web y herramientas de software que permiten la enseñanza del lenguaje de señas, las cuales varían según el país. A continuación, en la Tabla I. Se presenta la comparación de las herramientas E-Learning con respecto a su funcionalidad.

Tabla 1.
Comparación herramientas E-Learning para enseñanza
de lenguaje de señas [13]

Sistema Función	Herramienta de escritorio	Herramienta web	Diccionario	Traductor	Tutorial	Curso	Control de usuarios	Retraducción al usuario	LSM
Alfabeto de señas mexicano [6]		X			X				X
DicciSeñas [7]		X	X						
DIELEME [8]	X		X						X
Ensigna [9]		X	X			X	X	X	
eSIGN [10]		X		X					
GaNaS [11]		X		X					
Globus [12]	X							X	
Hablando con Julis [13]				X			X	X	
Lengua de señas colombiana [14]	X		X	X	X				
Mexican Sign Language / American Sign Language [15]	X			X					X
Signos del lenguaje mexicano [16]	X		X						X
SiSi [17]		X		X					
SueñaLetras [18]	X					X	X	X	
TextoSign [19]		X	X	X					

En la Tabla I. se puede evidenciar la comparación entre diferentes herramientas E-Learning para la enseñanza del lenguaje de señas con respecto a la funcionalidad de cada una, así, se deduce que la mayoría son herramientas web y seguidamente de escritorio, las cuales poseen como principales características un diccionario y un traductor. De igual manera, las herramientas que más características incorporan son la Lengua de señas Colombiana y Ensigna.

Avances tecnológicos para la integración educativa, social y laboral de las personas con discapacidad auditiva en el contexto latinoamericano.

Es muy gratificante saber que existen personas con la intención de ayudar a otros, por ejemplo, existen empresas dedicadas a realizar productos y actividades para que las personas discapacitadas puedan ser incluidas en múltiples ambientes, incluso la página web de comunicación de responsabilidad & sustentabilidad empresarial (ComunicaRSE) [14], informa que en Buenos Aires, Argentina

se realizó el V encuentro anual del club de empresas comprometidas por la discapacidad, especialmente para que los discapacitados sean incluidos en el ámbito laboral, este tipo de actos demuestra que si se puede ayudar a nuestros semejantes, pues existen múltiples áreas de conocimiento desde las que se puede aportar a la inclusión, sólo se necesita disposición y un poco de labor para ello.

De igual manera, en América Latina se requieren personas capacitadas para desarrollar diversas profesiones, lo cual es de gran facilidad ahora con el surgimiento de internet y en sí de la tecnología. Por ello, es necesario que las personas que poseen un tipo de discapacidad accedan a una formación especializada, contribuyendo así a un desarrollo general y uno particular, el primero hace referencia al desarrollo de cada país y el segundo a un desarrollo personal, este último se complementa en la siguiente información otorgada por INSOR [6], el cual sustenta que sólo el 12% de la población en edad de trabajar reporta estarlo haciendo, de los cuales la mayoría lo realiza en el sector agrícola, una gran parte se encuentra afiliada al Régimen de Seguridad Social en Salud (74%), y la principal vinculación es al régimen subsidiado, el 69.5 % del total registrado vive en áreas urbanas y, por último el 43% del total registrado vive en estrato 1.

Por otro lado, Padilla citado por Hurta y Agudelo, sostiene que:

La evolución de la inclusión educativa es un proceso similar en casi todos los países, pues comienza como educación especial, pasa por integración escolar y a través de diversas experiencias, se concluye que la inclusión educativa es la forma como las personas con discapacidad pueden luchar contra la discriminación [14].

Desde otro ángulo, en [15] se sostiene que “Tecno Ayudas” (Colombia) es una empresa comprometida con tecnologías y estrategias para que las personas en situación de discapacidad sean incluidas en los contextos educativo, social y laboral, la empresa mencionada está dedicada al diseño, producción y comercialización de productos de apoyo y servicios, dirigidos a incrementar, mantener y mejorar las capacidades funcionales de personas que padecen alguna discapacidad. Explorando en la página web se logró verificar que está comprometida con la inclusión de personas discapacitadas, puesto han desarrollado herramientas útiles para las diversas discapacidades; para la discapacidad auditiva, por ejemplo, crearon un dispositivo electrónico útil en la comunicación.

Otro ejemplo es el sitio web “Hablando con Julis” (Colombia), el cual está orientado a enseñar la lectoescritura a personas desde 3 a 85 años con alguna de las siguientes dificultades: parálisis cerebral, síndrome de Down, trastorno espectro autista (TEA), sordos, accidentes cerebro vasculares, personas en con-

dición de analfabetismo, dificultades en el habla, dificultades para leer y escribir, y por último, para personas iniciando su proceso para hablar, leer y/o escribir.

Además, se nombran algunas de las tecnologías creadas para la inclusión de las personas con dificultad auditiva, como son: Hand Talk, Cine para todos, El PC Vox, ISOTON, Pedius, Petralex, Ava, Visualfy, Signslator, MyEardroid, SignARTE, entre otras.

Desde otra perspectiva, Moran et al en [16], exponen que en México se han desarrollado proyectos del mismo tipo, entre ellos, FESORD: Aprendizaje a distancia de la Lengua de Signos, con entornos de la vida cotidiana: familia, escuela, ocio, salud, personas, viajes y vacaciones; otro es, Sueña Letras: Software diseñado para el aprendizaje de lectura y escritura de niños con déficit auditivo por tres medios: Lengua de señas, Alfabeto dactilológico y Lectura labial; Tablero interactivo de Lenguaje de Señas Mexicanas (LSM): Refuerza el aprendizaje en niños sordos.

Por tanto, se puede afirmar que cada vez son más las empresas que le apuestan a realizar dispositivos, aplicaciones móviles y de escritorio con el mismo objetivo: la inclusión de personas con discapacidad auditiva a los diferentes contextos, eliminando así la brecha que existe por la deficiencia en la comunicación.

Conclusiones

En América Latina falta apoderarse de los recursos tecnológicos para crear diversas soluciones, que aporten a la igualdad y en sí a la inclusión de personas con discapacidad auditiva. No obstante, como estudiante de ingeniería de sistemas es necesario aportar a la inclusión de dicha población en la sociedad, por lo que la investigación de corte de revisión documental, fortalece la posibilidad de identificar nuevas tecnologías y propuestas de investigación en donde la ingeniería de sistemas puede hacer aportes significativos.

Actualmente, se evidencia que algunas personas con este tipo de discapacidad se deprimen porque no pueden comunicarse con las personas normalmente, otras porque han sido víctimas de burla e incluso porque no pueden acceder a un empleo, educación especial o asistir a espacios sociales debido a su condición. Sin embargo, con los desarrollos tecnológicos se puede disminuir este problema, pues con la creación múltiple de tecnologías auxiliares, tales como: audífonos cocleares, aplicaciones web, aplicaciones móviles y aplicaciones de escritorio aquellas personas serán incluidas en múltiples contextos y, por lo tanto se disminuiría la cifra de pobreza existente a nivel mundial en personas con discapacidad auditiva.

En sumo, existen muchas personas esperando que se creen nuevos productos tecnológicos que les permita acercarse cada vez más a un mundo sin limitaciones, en el que puedan interactuar con las demás personas de forma exitosa. De igual manera, dichos productos permitirán a las personas con dificultad auditiva mejorar sus condiciones de vida, disminuyendo la pobreza y, por lo tanto contribuyendo al desarrollo del país.

Referencias

- [1] I. Nunan. Dificultad auditiva. Btb: Canadá, 2013
- [2] B. Mundial. Informe mundial la discapacidad. Educación, 218(219), 219. 2011.
- [3] J. Negrete, & C. Tróchez. Perfil de condiciones de vida de la población sorda colombiana. INSOR: Bogotá, Colombia, 2015.
- [4] CEPAL. Discapacidad en América Latina y el Caribe, desafíos para las políticas públicas. 2012, de Notas de la CEPAL, 2012.
- [5] N. CEPAL, Informe regional sobre la medición de la discapacidad. Una mirada a los procedimientos de medición de la discapacidad en América Latina y el Caribe. Grupo de tareas sobre medición de la discapacidad Conferencia Estadística de las Américas (CEA), 2014).
- [6] INSOR, Boletín territorial. Bogotá: Instituto Nacional para Sordos, 2015.
- [7] Ministerio De Salud y Protección Social- MINSALUD ABECÉ SALUD AUDITIVA Y COMUNICATIVA “Somos todo oídos”. Colombia: MINSALUD, 2017.
- [8] H. Collado. Situación mundial de la discapacidad. Marzo, 2013, de Universidad Nacional Autónoma de Honduras, 2013.
- [9] E. Vallejo, A. Escobar, H. Balanta, P. Rodríguez, A. Rodríguez, A. Molano, & L. Cuesta. TIC para la inclusión social: una apuesta por la diversidad. Bogotá D.C. Colombia: Colombia Digital, 2012.
- [10] J. Cabero. Impacto de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en las organizaciones educativas. Grupo Editorial Universitaria, 1998.
- [11] M. L. Guenaga, A. Barbier, & A. Eguiluz, La accesibilidad y las tecnologías en la información y la comunicación. TRANS. Revista de traductología, (11), 155-169, 2017.
- [12] R. A. Koon, & M. E. D. L. Vega. El impacto tecnológico en las personas con discapacidad. 2014.
- [13] N. A. García, J. E. Á. Estrada, C. M. J. López, O. O. Sánchez, A. D. J. M. Hernández, A. Vidalicia, & G. González. Sistema de Aprendizaje Electrónico para niños con discapacidad: Caso T'aan K'ab. CINTILLO LEGAL, 51, 2014.
- [14] ComunicaRSE. V Encuentro Anual del Club de Empresas Comprometidas por la Discapacidad, 2012.

- [15] L. Hurtado Lozano, & M. Agudelo Martínez, Inclusión educativa de las personas con discapacidad en Colombia. (Educational inclusion for the disabled in Colombia). CES Movimiento Y Salud, 2(1), 45-55, 2014.
- [16] I. Á. M. Moran, L. O. González, N. R. Vega, & G. Y. V. Cano, Síntesis de la evolución de las herramientas de apoyo para personas con discapacidad auditiva. Boletín Científico Investigium de la Escuela Superior de Tizayuca, 1(2), 2016.

Computación afectiva: prospectiva de aplicación en entornos de realidad virtual para rehabilitación emocional de trastorno por estrés pos-traumático (TEPT)

Roberto Encarnación Mosquera³³
César Alberto Collazos³⁴

Abstract

This article describes the way in which emotions become a crucial component that complements the work of human computer interaction (HCI) in the design and validation of applications created in virtual reality environments, applicable to the recovery processes of psychological disorders of being's humans, such as post-traumatic stress disorder (PTSD).

Keywords: affective computing, virtual reality, ptsd, emotion.

33. Facultad de ingenierías, Universidad Cooperativa de Colombia. Popayán, Colombia. Correo electrónico: roberto.encarnacion@ucc.edu.co

34. Departamento de Sistemas FIET, Universidad del Cauca. Popayán, Colombia. Correo electrónico: ccollazo@unicauca.edu.co

Introducción

En este artículo, se revisan una serie de estrategias para el diseño y desarrollo de aplicaciones informáticas de realidad virtual inmersiva, las cuales están orientadas a la rehabilitación de trastorno por estrés postraumático (TEPT). La computación afectiva que tiene sus bases en los procesos de diseño de HCI, da la pauta central de esta investigación, la cual es profundizar en el estudio y descripción de los factores a tener en cuenta en el diseño y desarrollo de aplicaciones interactivas de realidad virtual basadas en la computación afectiva, explorando los criterios de la jerarquía de las emociones y conductas que se deben tratar en las terapias cognitivo conductuales (TCC), se adopta la jerarquía de necesidades de la computación afectiva, pasando por la jerarquía de necesidades de la realidad virtual (RV).

Directrices para los tratamientos psicológicos.

El compendio diagnóstico de la American Psychiatric Association (DSM-V) [1], aporta novedades con respecto a la codificación, clasificación y diagnóstico de trastornos mentales que tienen amplios efectos sobre muchas especialidades. En este compendio, el TEPT está codificado con el número 309.8 para reconocerlo dentro de los códigos asignados para trastornos psicológicos. Por otra parte, en la clasificación estadística internacional de enfermedades y problemas relacionados con la salud (CIE10) [2], está codificado en F43.1 para reconocerlo dentro de la gama de trastornos definidos en este compendio. Como en el caso del DSM-V en esta clasificación se pueden identificar todos los rasgos característicos de una persona que padece TEPT [3].

Tratamiento cognitivo conductual

La terapia cognitiva afirma que los trastornos emocionales surgen de los pensamientos irracionales. Existe una distorsión sistemática en el procesamiento de la información, de este modo la perturbación emocional depende del potencial de los individuos para percibir negativamente el ambiente y los acontecimientos que les rodean.

La terapia cognitivo conductual (TCC) tiene varios objetivos:

1. Aprender a evaluar las situaciones relevantes de forma lógica y realista.
2. La terapia cognitivo conductual provoca un cambio en la atención del paciente, para tener en cuenta todos los datos relevantes en esas situaciones negativas.

3. Aprender a formular explicaciones alternativas, lógicas y racionales para poder obtener un resultado adaptativo en las interacciones sociales.
4. Cambiar los pensamientos, de forma que cuando se detecta un pensamiento automático irracional, se cambie por el pensamiento racional y lógico que se ha elaborado.
5. La TCC, lleva a cabo experimentos conductuales que proporcionen oportunidades para verificar que llevan a un comportamiento más adaptativo en la interacción con otras personas y en la resolución de problemas.

La figura 1 muestra una jerarquía típica de procesos de tratamiento considerados en TCC de exposición, se nota la evaluación de las consecuencias de las acciones en el medio ambiente. Este es un primer criterio a considerar en el planteamiento de las recomendaciones de diseño para App de RV.

Situación disparadora (A)

Pensamientos ¿Qué pienso acerca de lo que está pasando? (B)

Emociones ¿Qué siento?

Conductas ¿Qué hago?

Consecuencias ¿Cómo me encuentro después de haber actuado así?

Organismos y factores medio - ambientales

Realidad virtual y tratamientos psicológicos

La realidad virtual (RV) permite simular la “realidad” en ambientes tridimensionales soportados por un computador, que, dotado de las interfaces necesarias, da la posibilidad al usuario de “estar” en los entornos generados de modo que puede interactuar con los objetos virtuales. La experiencia de “inmersión”, de sentirse ahí, de experimentar como algo real esa vivencia es lo que se ha denominado como “presencia” [10] en los entornos de RV.

Realidad virtual y trastornos de ansiedad

La exposición se puede poner en escena a través de la imaginación del estímulo que provoca la ansiedad (exposición del imaginario); o poniendo a la persona en un contexto en el cual se exponga a una situación de la vida real que le produce ansiedad (exposición en vivo). Aquí la estrategia terapéutica que está involucrada es la identificación de las claves que activan la ansiedad y que están asociadas con la situación a la que se tiene temor. La persona se expone

entonces a dichas claves y, con la ayuda del terapeuta, la persona aprende cómo hacer frente a la ansiedad en la situación, hasta que la ansiedad poco a poco disminuye y desaparece [4].

Tratamiento de fobias mediante realidad virtual

Probablemente el mayor desarrollo de aplicaciones actuales de realidad virtual sobre trastornos mentales es el de las fobias, se afirma que los pioneros en concebir la idea de utilizar la RV para trastornos psicológicos fue el grupo de North, M..M; North,S.M. y Coble, J.B. en el año de 1992 [5].

Aplicabilidad y utilidad clínica de la realidad virtual en TEPT en violencia criminal

Existe la referencia de trabajos más recientes, donde se han aplicado las terapias con RV con resultados alentadores. El trabajo realizado por Anabel de la Rosa Gómez y Georgina Cárdenas López de la universidad nacional Autónoma de México pone de manifiesto esta premisa [6]. En el estudio se muestran resultados de eficacia del tratamiento del Trastorno por Estrés Postraumático (TEPT) por violencia criminal mediante realidad virtual. La muestra clínica estuvo conformada por 20 participantes de Cd. Juárez, México, que voluntariamente aceptaron integrarse a la investigación, con edades entre 18 y 65 años. Todos los participantes cumplían los criterios del manual Diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales (DSM-IV-TR) para TEPT y fueron distribuidos aleatoriamente a dos condiciones de tratamiento:

- (a) tratamiento de exposición prolongada mediante realidad virtual (TERV; n=10)
- (b) tratamiento de exposición prolongada mediante imaginación (TEI; n=10).

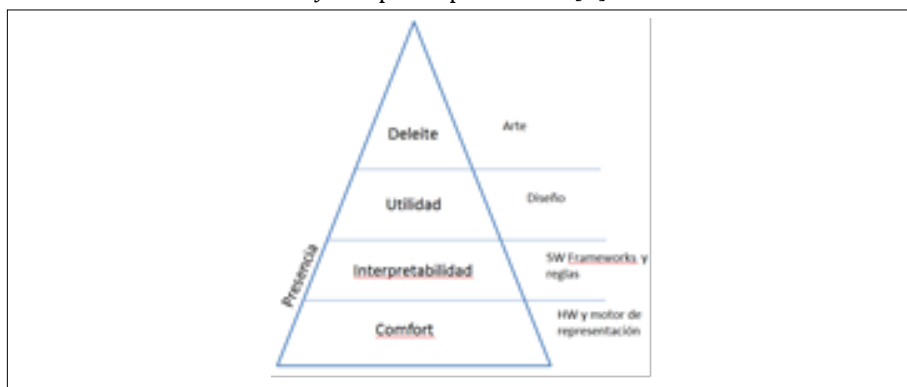
La intervención se realizó en 12 sesiones [7], dos sesiones semanales, en modalidad presencial e individual, de 90 min. Se emplearon dos escenarios virtuales para la exposición en el tratamiento del TEPT. Se apreció mejoría en las medidas de TEPT, ansiedad y depresión para los dos grupos que recibieron el tratamiento. No obstante, solo se alcanzaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de tratamiento en las medidas de diagnóstico y la subescala de evitación, obteniendo ganancias terapéuticas superiores en la Terapia de Exposición por Realidad Virtual (TERV).

Jerarquía de necesidades de realidad virtual

Acorde con la teoría de las necesidades básicas y de la esencia humana de Maslow se establece una jerarquía equivalente de las necesidades en realidad virtual: Comfort, la facilidad de interpretación, utilidad y deleite.

La figura 2, muestra la jerarquía equivalente, asumida por Beau Cronin [8] al hacer una analogía con la jerarquía de Maslow, la cual propone las necesidades y factores que motivan a las personas; esta jerarquía se modela identificando cuatro categorías de necesidades y se construye considerando un orden jerárquico ascendente de acuerdo a su importancia para la supervivencia y la capacidad de motivación.

Figura 1.
Jerarquía equivalente [8]



Comfort

Integra algunos requisitos muy básicos, muchos de los cuales se refieren a la representación precisa del entorno simulado en respuesta inmediata a la cabeza y los movimientos corporales. Este nivel consiste en satisfacer nuestras expectativas profundamente inconscientes sobre la naturaleza de nuestras aportaciones sensoriales y cómo interactúan con nuestras acciones.

Interpretabilidad

Es indispensable satisfacer la necesidad de que el entorno simulado sea coherente: para que los sentidos puedan asimilarlo, que contenga señales suficientes para orientarnos sin ser abrumadores, y para seguir la lógica que normalmente se encuentra en la experiencia cotidiana. La RV tiene la capacidad de romper algunos lineamientos de las reglas de la física: podemos volar, exhibir una fuerza sobrehumana e incluso deformar el tiempo y el espacio. Pero estas experiencias

mejoradas deben ser extensiones cuantitativas y metafóricas de la vida normal, que al usuario dan esa sensación de presencia en el entorno simulado[9].

Utilidad

Este es un concepto muy específico de la aplicación, pero realmente se reduce a valorar las siguientes premisas:

- ¿la experiencia de realidad virtual cumplió con su propuesta de valor básico? [10].
- ¿La película cuenta una historia que tiene sentido? Se debe agregar sentido a la experiencia de usuario en realidad virtual UX- VR.
- ¿La sesión de presencia permitió una comunicación rica y de alta fidelidad?
- ¿El recorrido virtual le dio una idea precisa del contexto de exposición de la terapia?

Deleite

Define es el reino del arte del diseño:

- ¿La experiencia de usuario lo dejó pensando durante días después?
- ¿Fue la sesión de presencia casi tan buena como visitar el sitio que ocasionó el evento traumático?
- ¿Le impacto tanto la experiencia que el usuario desea volver a la siguiente terapia?
- ¿Por qué querrían los usuarios continuar usando la experiencia, o recomendarla a otros si no es útil y agradable?

Estos niveles también son aceptables de manera interesante y no obvia, para los sistemas de estimulación cerebral soportadas en experiencias inmersivas de realidad virtual.

Frameworks

Hay tres frameworks principales para elegir, al momento de diseñar para RV: Mozilla A-Frame, Daydream VR y Unity VR / Unreal SDK.

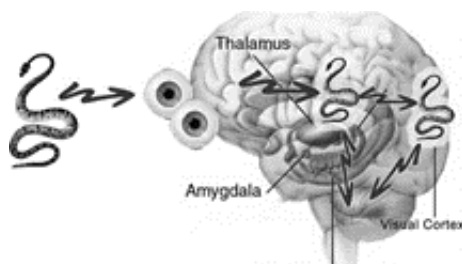
1. Mozilla A-Frame es utilizado para aplicaciones de realidad virtual y se puede usar en plataformas como Google Cardboard, Samsung Gear y Oculus Rift.

2. Daydream VR es para Realidad Virtual de rango medio y funciona únicamente con teléfonos móviles.
3. Unity VR / Unreal SDK son para equipos de gama alta que incluyen Oculus Rift, HTC Vive y HoloLens (AR).

Emociones

Las experiencias emocionales no residen en nuestras mentes o cerebros únicamente, estos son experimentados por todo nuestro cuerpo: en cambios hormonales en nuestro torrente sanguíneo, señales nerviosas que van a los músculos tensándose o relajándose, corriendo por la sangre a diferentes partes del cuerpo, posturas corporales, movimientos, expresiones faciales [11]. La figura 3 muestra uno de los procesos emocionales que se encuentran básicamente en el medio de la mayoría de los mecanismos de procesamiento, desde el lóbulo frontal en el cerebro, a través del tronco del encéfalo hasta el cuerpo y la espalda [12].

Figura 2.
Modelo de miedo de LeDoux al ver una serpiente [12]



En HCI, se destaca la importancia de considerar las emociones de los usuarios de forma explícita en los procesos de diseño y evaluación. En términos generales, la investigación de HCI se establece en tres direcciones diferentes con tres perspectivas teóricas muy diferentes sobre la emoción y el diseño.

1. La primera perspectiva, ampliamente conocida y muy influyente, es la de Rosalind Picard y su grupo en el MIT, adoptada posteriormente por muchos otros grupos, en Europa, en particular por la red HUMAINE. El enfoque de diseño inspirado cognitivamente que denominó *Affective Computing* en su novedoso libro de 1997.
2. El segundo enfoque de diseño podría verse como una reacción contraria a la Computación afectiva. En lugar de partir de una perspectiva más tradicional de la cognición y la biología, el enfoque de Interacción afectiva comienza

desde una perspectiva constructiva y culturalmente determinada sobre la emoción. Sus defensores más conocidos son Phoebe Sengers, Paul Dourish, Bill .

3. Finalmente, el enfoque de distinguir las emociones de la interacción general, lleva por mal camino. En cambio, ver la emoción como parte de un conjunto más amplio de experiencias para las que podemos diseñar; es denominado el movimiento Tecnología como Experiencia[13]. En cierto sentido, esto es con lo que los diseñadores y artistas tradicionales siempre han trabajado [14], creando experiencias interesantes donde una emoción particular es una fuerza cementante y congruente que une las diferentes partes del sistema general de piezas de arte y visor /artista. Los defensores de esta dirección son, por ejemplo, John McCarthy, Peter Wright, Don Norman y Bill Gaver [15].

Computación afectiva

El campo de la inteligencia artificial (AI) recogió la idea de que el pensamiento racional humano depende del procesamiento emocional. “Affective Computing” de Rosalind Picard tuvo un efecto importante en los campos de AI e HCI [16]. El enfoque más discutido y extendido en el diseño de aplicaciones de informática afectiva es construir un modelo cognitivo individual de afecto a partir de lo que a menudo se denomina “primeros principios”, es decir, el sistema genera sus estados afectivos y expresiones correspondientes de un conjunto de principios generales en lugar de tener un conjunto de pares señal-emoción cableados[17].

De acuerdo con Kirsten Boehner [18], el enfoque de interacción para el diseño contiene:

1. Reconoce el afecto como un producto social y cultural.
2. Confía y apoya la flexibilidad interpretativa.
3. Evita tratar de formalizar lo no formalizable.
4. Admite una amplia gama de actos de comunicación.
5. Se enfoca en las personas que usan sistemas para experimentar y comprender las emociones.
6. Se enfoca en diseñar sistemas que estimulen la reflexión y el conocimiento del afecto.

Kristina Hook y su grupo de investigación modifican dos de estas consideraciones:

1. Modificación de # 1: El enfoque de interacción reconoce el afecto como un producto social, corporal y cultural incorporado.
2. Modificación de # 3: el enfoque interaccional es no reduccionista.

El primer cambio está relacionado con los aspectos corporales de las experiencias emocionales. Pero apuntando explícitamente hacia ellos, se agregan algunas de las experiencias físicas y corporales que podría conllevar una interacción con un sistema interactivo afectivo. También toman una posición ligeramente diferente con respecto al principio de diseño número tres, “el enfoque interaccional evita tratar de formalizar lo no formalizable”. Para evitar formas reduccionistas de dar cuenta de las experiencias subjetivas o estéticas, Boehner y sus colegas intentan proteger estos conceptos afirmando que la experiencia humana es única, interpretativa e inefable.

Consideraciones

Para abordar el desarrollo de aplicaciones interactivas que estén relacionadas con procesos de rehabilitación psicológica de TEPT, es indispensable que exista un equipo multidisciplinar de expertos psicoterapeutas, para lograr una adecuada interpretación de los requerimientos por parte de los diseñadores del software.

Las actitudes, la toma de decisiones, los comportamientos humanos ante los traumas obedecen a una serie de jerarquías que determinan el proceso para el logro de una experiencia placentera o deleite del usuario.

Para los procesos de diseño de aplicaciones que requieren detectar o identificar reacciones que no son necesariamente físicas si no psíquicas, es indispensable considerar el modelo OCC- de Russell, de modo que se logre acoplar los comportamientos con el aprendizaje en el proceso terapéutico con realidad virtual.

Existe una clara convergencia entre la jerarquía de necesidades de la realidad virtual, la terapia cognitivo conductual y la interacción afectiva, dado que esta última maneja una serie de enfoques asociados con las experiencias emocionales, que en últimas son las que se normalizan para lograr mejoría en los tratamientos de TEPT.

Conclusiones

En el caso de tratamientos psicológicos de recuperación de traumas tales como el estrés postraumático, mediante la aplicación de terapias cognitivo conductuales de exposición, se debe trabajar el diseño de modo que cumpla con dar valor al usuario, por ejemplo, el perder el miedo a enfrentarse a escenarios que ocasionaron el trauma.

En la utilidad se conciben los artefactos más robustos de la jerarquía de necesidades dado que está muy ligada a la estructura básica de lo que será la satisfacción del usuario acorde con la ISO/IEC 25010 dentro de las subcategorías de calidad en uso, la utilidad contribuye a la satisfacción y pone una serie de indicadores que se relacionan con esta jerarquía.

El desarrollo debe garantizar el deleite, al conquistar primero las necesidades de menor nivel a través de la ingeniería, el diseño y la atención al detalle.

Si se quiere obtener un producto mínimo viable - MVP, es necesario cubrir una la verticalidad de la esta jerarquía de necesidades de RV, extendiéndose desde Comfort hasta el deleite.

Los niveles jerárquicos planteados son coherentes con la necesidad de poder generar deleite a los usuarios que han padecido eventos traumáticos que les causan evitación, aislamiento y miedo.

Referencias

- [1] F. Villar, «CAPITULO 6 - PSICOLOGÍA COGNITIVA Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN,» de Psicología Evolutiva y Psicología de la Educación, Barcelona, Universidad de Barcelona, 2003, pp. 322-323.
- [2] J. A. G. Higuera, 2013. [En línea]. Available: http://www.psicoterapeutas.com/trastornos/depresion/tratamientos_depresion.html .
- [3] A. De la Rosa Gómez y G. Cárdenas López, «Trastorno por estrés postraumático: eficacia de un programa de tratamiento mediante realidad virtual para víctimas de violencia criminal en población mexicana,» Anuario de Psicología, vol. 42, nº 3, pp. 377-391, 2012.
- [4] A. Association, Guía de consulta de los criterios diagnósticos del DSM-5, Chicago: American Psychiatric Publishing, 2014.
- [5] O. M. d. I. Salud, Clasificación estadística internacional de enfermedades y problemas relacionados con salud, Ginebra: OMS, 2003.

- [6] C. g. d. l. p. d. españa, «Infocop online,» Consejo general de la psicología de españa, 11 04 2012. [En línea]. Available: http://www.infocop.es/view_article.asp?id=3922.
- [7] J. A. Garcia Higuera, «Psicoterapeutas.com,» 2009. [En línea]. Available: http://www.psicoterapeutas.com/trastornos/depresion/tratamientos_depresion.html
- [8] Weathers,F.W.,Blake,D.d, T.M. (2015). The Clinician-Administered PTSD Scale for DSM-5 (CAPS(5) – Past Month [Measurement instrument].
- [9] Universidad Complutense de Madrid,Inventario de Ansiedad Estado-Rasgo, Intrumento- Material de Prácticas.
- [10] J. Gutierrez Maldonado, «Aplicaciones de la realidad virtual en psicología clinica,» Universidad de Barcelona, Barcelona, 2002.
- [11] C. Botella, A. García-Palacios, S. Quero, R. M. Bolaños y M. Bretón-López, «Realidad Virtual y tratamientos psicológicos: Una revisión,» Psicología Conductual, Valencia, 2006.
- [12] R. C. Kessler y K. McGonagle, «Life-time and 12-month prevalence of DSM-III-R mental disorders in the United States: Results from the comorbidity survey,» Archives of General Psychiatry, 1994.
- [13] S. Rachman, «Emotional processing,» Behaviour Research and Therapy, vol. 18, pp. 51-60, 1980.
- [14] C. Botella y S. Quero, «Cybertherapy, Internet and Virtual Reality as Assessment and Rehabilitation Tools for Clinical Psychology and Neuroscience,» Virtual Reality and Psychotherapy, pp. 37-54, 2004.
- [15] K. Moore, B. Wiederhold, M. Wiederhold y G. Riva, «Panic and agoraphobia in a virtual world,» CyberPsychology & Behavior, vol. 5, pp. 197-202, 2002.
- [16] F. Vincelli, Y. Choi, E. Molinari y B. Wiederhold, «Experiential cognitive therapy for the treatment of panic disorder with agoraphobia: definition of a clinical protocol,» CyberPsychology & Behavior, vol. 3, pp. 375-385, 2000.
- [17] B. Rothbaum, S. Hodges, R. Kooper, D. Opdyke, J. Williford y M. North, «Virtual reality graded exposure in the treatment of acrophobia: A case report,» Behavior Therapy, vol. 26, pp. 547-554, 1995.
- [18] S. Bouchard, J. St-Jacques, G. Robillard, S. Coté y P. Renaud, «Efficacité de l'exposition en réalité virtuelle Pour le traitement de l'acrophobie: Une étude préliminaire,» Journal de Thérapie Comportementale et Cognitive, vol. 13, pp. 107-112, 2003.

Propuesta de un sistema tutor inteligente para la enseñanza de la lectura como apoyo al docente de educación especial

Dafne Ifigenia Pinedo Rivera³⁵

Jaime Muñoz Arteaga³⁶

Sandra Cano³⁷

Abstract

En la actualidad, cada vez son más las escuelas que han comenzado a incorporar el uso de la tecnología en las aulas como medio de apoyo para la enseñanza de ciertas competencias, permitiendo que el niño aprenda de diferentes maneras y dándole al maestro otras herramientas de aprendizaje para el niño. Sin embargo, en la educación especial, los docentes se enfrentan a un constante manejo de información, que va desde el diagnóstico del alumno hasta la selección de las actividades más adecuadas para el niño. Debido a esta problemática, se plantea el uso de Sistemas Tutores Inteligentes (STI) para brindar apoyo tanto al docente, como al niño de educación especial. Actuando como un tutor particular del estudiante mediante la creación de un sistema adecuado para cubrir las

35. Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes, México. Correo electrónico: dafne.pinedo@gmail.com

36. Institut de Recherche en Informatique de Toulouse, Toulouse, France. Correo electrónico: Jaime.Munoz-Arteaga@irit.fr

37. Grupo LIDIS, Universidad San Buenaventura, Colombia. Correo electrónico: sandra.cano@gmail.com

necesidades de estos niños, orientado a ayudar a niños de educación especial en la enseñanza de la lectura.

Keywords: Sistemas Tutores Inteligentes; Educación especial; E-learning; Competencia lectora.

Introducción

El desarrollo de los sistemas tutores inteligentes (STI) comenzó durante los años ochenta y fueron desarrollados con la idea de impartir conocimiento a través de la guía del estudiante en el proceso de aprendizaje por medio de alguna forma de inteligencia. [1] Para la realización de estos sistemas, se pensó en un sistema que tuviera un comportamiento similar al de un tutor humano, para asistir al estudiante con ayudas cognitivas, y que fuera capaz de adaptarse al comportamiento del estudiante, identificando la forma en la que el estudiante aprende y de esta forma poder ofrecer ayuda cuando el estudiante lo requiera. Por lo tanto, un sistema tutor inteligente es un sistema de software que utiliza técnicas de inteligencia artificial (IA) para representar el conocimiento, además de interactuar con los estudiantes para enseñarles dicho conocimiento. [2]

Los primeros STI fueron hechos en base a las ideas propuestas por Carbonell [3] y a los paradigmas de programación convencionales. Dando como resultados a Scholar[3], Why[4], Sophie[5], Guidon[6], West[7], Buggy[8], Debbbugy[7], Steamer[7], Meno[9], Proust[10] y Sierra[11]. De ahí, se han surgido más STI enfocados hacia diversas áreas como ingeniería de software, educación, salud, entre otros.

En ámbitos de la educación básica, también se han generado diversos trabajos que involucran el crear tutores inteligentes para asistir alguna competencia en específico, entre los trabajos podemos destacar el de Romero [12] y Rodríguez [13] y Gonzales [14] No obstante, en el área de la educación especial son pocos los trabajos existentes que aborden la creación de STI para asistir las necesidades de niños de educación especial.

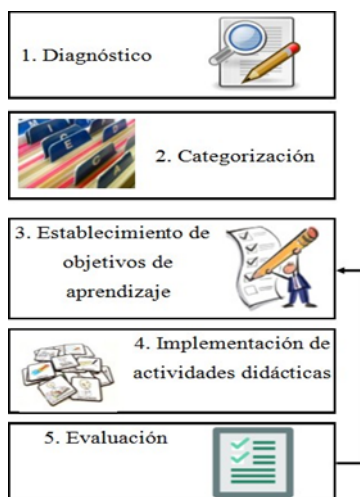
En México, la educación especial está destinada para alumnos y alumnas que presentan necesidades educativas especiales, con mayor prioridad a aquellos con discapacidad o aptitudes sobresalientes, atendiendo a los educandos de manera adecuada, dependiendo de sus propias condiciones, y aplicando métodos, técnicas y materiales específicos para atender las necesidades de cada uno de los niños. Esta educación incluye orientación a los padres o tutores, así como, a los maestros y personal de escuelas de educación básica regular. [15]

En ámbitos de la educación especial, los docentes son los encargados de guiar al alumno de educación especial durante su proceso de enseñanza, no obstante, los maestros se enfrentan al manejo de una gran cantidad de información y contenido educativo dependiendo de la discapacidad del niño. Existen ya diversos trabajos que abordan las ventajas de la utilización de sistemas para apoyar a niños con discapacidad, como se presenta en el artículo “Applying the information search process model to analyze aspects in the design of serious games for children with hearing impairment” [16] y “Sistemas Tutores Inteligentes como apoyo en el proceso de aprendizaje” [17].

En México, las instancias que se encargan de dar apoyo a niños de educación especial tienen un proceso general para diagnosticar al niño. Este proceso está compuesto por diversas etapas, en cada etapa el maestro genera información pertinente a las necesidades educativas de cada niño.

La Figura 1 describe el proceso de diagnóstico elaborado por las instancias de educación especial en México, como primer paso los docentes de educación especial elaboran un diagnóstico del niño, el cual consiste en diferentes pruebas que son realizadas por los psicólogos y por el docente de educación especial, estas pruebas tienen la finalidad de detectar que problemas de aprendizaje tienen el niño y detectar si es que posee alguna discapacidad.

Figura 1.
Proceso de asistencia a la enseñanza



Una vez elaborado el diagnóstico del niño se realiza la categorización, en este paso, en base a los resultados obtenidos en el diagnóstico se decide si el niño

posee o no una discapacidad, se indican los problemas de aprendizaje, en caso de tener y las debilidades de aprendizaje detectadas en el niño durante las pruebas. A partir de este informe, el docente de educación especial establece los objetivos de aprendizaje necesarios en base a las deficiencias detectadas en el diagnóstico y teniendo en cuenta la discapacidad o problema de aprendizaje que posea el niño.

Cuando se han establecidos los objetivos de aprendizaje, el docente determina que actividades son las ideales, para reforzar las deficiencias en la lectura del niño e implementar dichas actividades a lo largo de un período. Por último, el docente realiza una evaluación al niño para verificar si el niño ha cubierto o no los objetivos de aprendizaje definidos en el paso 3, si el niño no ha alcanzado dichos objetivos se redefinen los objetivos de aprendizaje y se establecen nuevas actividades. Estas y otras actividades son realizadas por los docentes de educación especial, generando que los maestros hagan manejo de un gran número de información por cada niño que se diagnostica. Además, cada maestro es encargado de prestar atención a un cierto número de niños, por lo que esta información se ve multiplicada.

Con base a lo anterior, se decidió realizar un sistema tutor inteligente que apoyará en la enseñanza de la lectura a niños con necesidades especiales y que, además, fuera un apoyo para el docente de educación especial.

Fundamentos

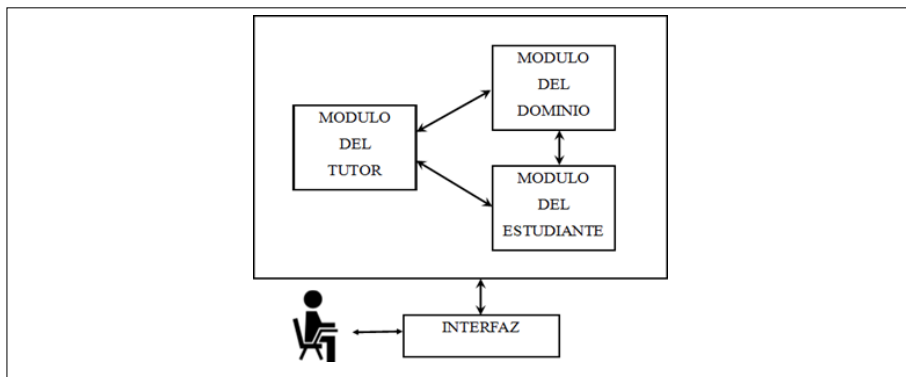
Los STI permiten la emulación de un tutor humano a fin de poder determinar: qué enseñar, cómo enseñar y a quién enseñar [17]. Esto se logra gracias a la existencia de tres módulos dentro del STI, Cataldi y Lage [18] mencionan la existencia de tres grandes módulos, estos son: módulo de dominio, módulo del estudiante, módulo del tutor y una interfaz gráfica. (Figura 2):

La figura dos presenta la arquitectura general propuesta para el STI y las interacciones que existen entre módulos. A continuación, se describen a grandes rasgos las características de cada módulo.

Módulo de dominio

Este módulo es el encargado de almacenar todos los conocimientos dependientes e independientes del campo de aplicación del STI. También administra la base de datos del STI, los conocimientos o los contenidos del sistema, a través de actividades, preguntas, ejercicios, elementos didácticos; como lo son: imágenes multimedia, sonidos, video, entre otros.

Figura 2.
Arquitectura general de un STI



Módulo del tutor

Este módulo contiene los objetivos a ser alcanzados y los planes utilizados para alcanzarlos. Además, selecciona los problemas, monitorea el desempeño, provee asistencia y selecciona el material de aprendizaje adecuado para el estudiante. Por último, integra el conocimiento acerca del método de enseñanza, las técnicas didácticas y el dominio a ser enseñado.

Módulo del estudiante

Este módulo tiene por objetivo realizar el diagnóstico cognitivo del alumno, y el modelado de éste para una adecuada retroalimentación del sistema, este módulo incorpora los diversos estilos de aprendizaje del alumno, un estado de conocimientos para saber dónde se encuentra el alumno en sus avances y un perfil del estudiante que contiene toda la información necesaria del estudiante que será de utilidad para el STI.

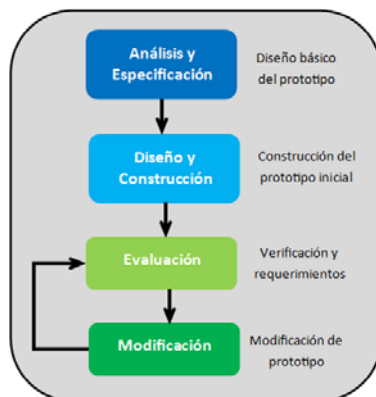
Por último, la interface de usuario, la cual tiene la función de establecer un canal de comunicación entre el usuario y el sistema, la interfaz gráfica está compuesta por elementos multimedia, actividades, entre otros.

Diseño del STI

El sistema se hizo tomando en cuenta la descripción de los módulos anteriores. Dada la extensión del sistema, se optó por desarrollar un módulo a la vez, haciendo diversas entregas del sistema. Para el desarrollo de este sistema se optó por el desarrollo de prototipos, este modelo fue escogido debido a que tiene la ventaja de ser un desarrollo rápido centrándose en los aspectos que serán visi-

bles para el usuario final, además permite la ejecución de evaluaciones con el usuario para recibir retroalimentación del sistema y verificar que realmente se haya cumplido con los objetivos y requisitos definidos para el sistema. La Figura 3 muestra la metodología de desarrollo por prototipos utilizada.

Figura 3.
Metodología de desarrollo en prototipo



Como se observa en la figura, se tienen cuatro pasos durante el desarrollo del prototipo. La etapa de análisis y especificación corresponde al establecimiento de requerimientos (objetivos, parámetros del sistema, definición de actividades, entre otros), la etapa diseño y construcción, corresponde a la programación del prototipo propuesto en la etapa anterior, la etapa de evaluación, se establecen cuestionarios o se seleccionan diversas técnicas para poder comprobar que realmente se hayan cumplido con los objetivos establecidos en el paso uno, por último el paso modificación, permite realizar cambios en el prototipo si es que se requieren.

Para la primera entrega, se realizó el módulo del dominio. Dentro de este módulo se encontrarían los siguientes submódulos: parámetros básicos del sistema, conocimientos y elementos didácticos del STI.

Parámetros del sistema

En este apartado se define las discapacidades o problemas de aprendizaje hacia los cuales el STI puede hacer frente, para esta primera iteración del sistema se concentró en dar atención a el trastorno de atención o TDA, se escogió este problema de aprendizaje, ya que en la educación básica es muy común encontrar a niños que posean este problema de aprendizaje.

Conocimientos

El objetivo del STI aquí propuesto es ayudar en la enseñanza de la lectura a niños con necesidades especiales. Para realizar esta enseñanza se ha recurrido al método global, fundamentado en la teoría de Decroly [19]; este método se caracteriza por centrarse en el aprendizaje de los niños, a través de la observación, asociación y expresión de ideas. Dentro de este método, se argumenta que el niño percibe las cosas, y el lenguaje en su aspecto global, es decir, que la lectura es una actividad de interpretación de las ideas y el análisis de las partes debe de ser un proceso más adelante.

El método propone tres etapas para la enseñanza de la lectura:

1. Comprensión: Que consiste en presentar vocabulario para hacer que el niño relacione conceptos.
2. Imitación: Reside en presentar al niño frases cortas, oraciones y discursos orales.
3. Elaboración: Reconocimiento de palabras por sílabas y reglas gramaticales.
4. Producción: Explicación de lo leído con la elaboración de preguntas y respuestas (comprensión lectora).

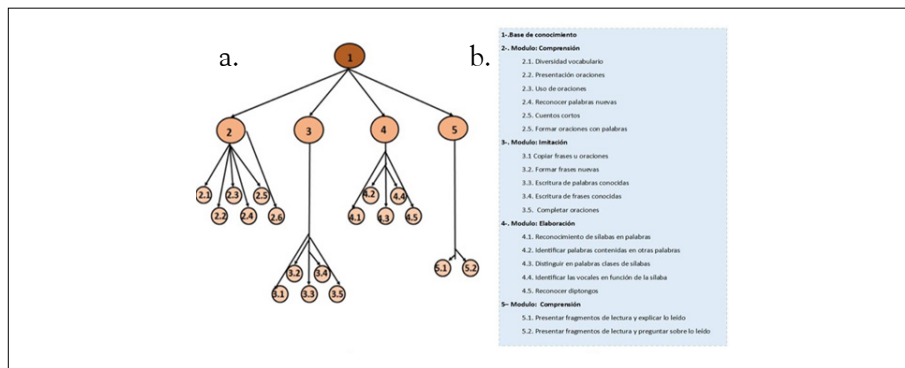
En cada una de estas etapas se incorporaron diversas actividades que refuerzan los conocimientos de lectura al niño. Para la selección de dichas actividades se recurrió a los docentes y pedagogos, para pedir su apoyo al momento de decidir qué actividades eran mejor. Una vez seleccionadas las actividades se ordenaron de forma que el STI pudiera tener fácil acceso a estas; esto fue en forma de árbol binario. La Figura 4 presenta la base de conocimientos generada para la enseñanza de la lectura, que incorpora las actividades que cada etapa debe de tener para que el niño mejore la competencia de lectura.

La Figura 4 inciso a) presenta una estructura de árbol binario, que es la que se utilizó para representar el conocimiento del que hará uso el STI. Como se puede observar, los módulos se encuentran numerados para representar que el niño debe de ir escalando de forma ordenada en la base de conocimientos del STI. También, al hacer uso de una estructura de árbol binario se obtiene la ventaja de que cuando se realice una evaluación sobre los contenidos que el niño ha revisado, el sistema podrá obtener de una manera más sencilla en qué nivel es en que se encuentra el niño.

La figura 4 presenta cada uno de los módulos necesarios para la enseñanza de la lectura; definidos por el método global.

Figura 4.

a) Estructura y b) actividades incorporadas en la base de conocimientos del STI



Este método consiste en el reconocimiento y comprensión global del significado de las palabras. Las actividades fueron seleccionadas basándose en las opiniones de los expertos de educación especial.

Elementos didácticos

Los elementos didácticos son aquellos recursos de aprendizaje que actúan como mediadores y que ayudan el desarrollo y enriquecimiento del alumno, favoreciendo el proceso de enseñanza y aprendizaje y facilitando la interpretación de contenido que el STI debe enseñar. Estos recursos se encuentran almacenados en repositorios, los cuales son:

- Sonidos: Dado que la aplicación tiene como objeto enseñar a leer, se incorporan grabaciones con las instrucciones de las actividades para que el niño pueda entender lo que debe realizar.
- Imágenes: Sirven para esclarecer lo que el alumno debe de realizar en cada actividad.

Las figuras 5 y 6 muestran estos elementos ya incorporados en las interfaces finales del STI.

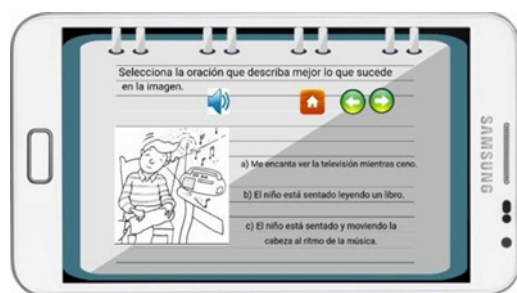
Conclusiones

El uso de STI en ámbitos de la educación ha sido utilizados por diversos autores con anterioridad, generando sistemas que den apoyo a educación básica en diferentes aspectos. Dada la problemática presentada en el actual trabajo, se da una propuesta de apoyo mediante la creación de un STI que sea capaz de

Figura 5.
Interface de la aplicación interactiva para asistir la lectura



Figura 6.
Interface de la aplicación interactiva para asistir la lectura



adaptarse a las preferencias del estudiante, obteniendo así mejores resultados en su proceso de enseñanza- aprendizaje.

El STI diseñado para este trabajo pretende atender a las necesidades de niños de educación especial, además de facilitar el trabajo al docente de educación especial, al disminuirle la carga de trabajo para que pueda utilizar este tiempo en atender a otros niños o en dar atención más especializada a cada niño. Por cuestiones de espacio, en el presente trabajo solo se expuso el módulo de dominio, perteneciente a la primera fase de desarrollo.

Trabajos futuros

En este trabajo se presentó una propuesta de un STI para dar apoyo a docentes de educación especial, en específico para ayudar a la enseñanza de la lectura. Adecuaciones, se pretende agregar otras discapacidades a las cuales el STI pueda hacer frente, como lo podría ser discapacidad intelectual, e incorporar también otros problemas de aprendizaje, como lo serían la dislexia. Con esto

se pretende que el STI tenga una mayor cobertura de necesidades especiales, y que pueda ser utilizado por más niños y por ende ser de apoyo a los docentes.

También se considera incorporar otro tipo de competencias, como los son la lectura y escritura. De igual forma, elaborar una evaluación al STI para verificar que realmente ayude en la adquisición de la competencia lectora a niños con discapacidad, esta evaluación se pretende hacer basándose en la propuesta hecha en el trabajo "Evaluation framework for ICT-based learning technologies for disabled people"[19].

Agradecimientos

Este trabajo fue posible gracias al convenio existente entre la Universidad Autónoma de Aguascalientes con el USAER número 23, éste ha brindado la información necesaria y permite el acceso a las aulas, y la interacción con los niños.

Referencias

- [1] M. Urretavizcaya, "Sistemas inteligentes en el ámbito de la educación" Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial, vol. 12, pp 5-12, 2001.
- [2] L. Sancho. (2002), Sistemas Tutores Inteligentes: Una alternativa para el uso de computadoras en educación (1ra ed.)[Online]. Available: www.uned.ac.cr/servicios/global/ensenanza/instruccion/articulos/sistema.s.html
- [3] J. Carbonell, "AI in CAI: "An Artificial-Intelligence Approach to Computer-Assisted Instruction". IEEE Transactions on Man-Machine Systems, vol. 11, pp 190-202, 1970.
- [4] A. Stevens and A. Collins, "The goal structure of a Socratic tutor". ACM Proceedings of the 1977 annual conference, pp 256-263, October 1977.
- [5] R. Burton and J. Brown, An investigation of computer coaching for informal learning activities. London: Academic Press, 1981.
- [6] W. Clancey, Intelligent tutoring systems: A tutorial survey. USA: McGraw-Hill, 1991.
- [7] E. Brown and B. Palincsar, Guided, Cooperative learning and the individual knowledge acquisition. Washington D.C: Cambridge, 1989.
- [8] J. Brown and R. Burton, "Diagnostic Models for Procedural Bugs in Mathematical Skills". Proceedings of the ACM. National Conference, vol 2, pp. 155-192, 1978.
- [9] B. Wolf, Context Dependent Planning in a Machine Tutor, University of Massachusetts Amherst, MA, USA, 1984.

- [10] W. Johnson, "Intention-based diagnosis of novice programming errors", *IEEE Expert*, vol. 2, no. 3, pp.94-94, 1987.
- [11] K. VanLehn, *Foundations of Intelligence Tutoring Systems*, Hillsdale, N.J: Erlbaum, 1988.
- [12] O. Romero, *Análisis, diseño e implementación de un sistema tutor inteligente para la enseñanza asistida de la aritmética en educación básica primaria*. Bogota: Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2002.
- [13] R. Rodriguez, J. Castillo and A. Lira, "Diseño de un sistema tutorial inteligente", *Revista de Innovación Educativa*, vol. 5, no. 1, pp. 36-47, 2013.
- [14] C. Soledad, "Sistemas Inteligentes en la Educación: una revisión de las líneas de investigación y aplicaciones actuales": *Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa (RELIEE)*, vol. 10, no. 4, 2004.
- [15] Secretaria de Educación Pública (SEP). (2010), *Educación Especial*[Online]. Available: <http://www.educacionespecial.sep.gob.mx/2016/index.html>
- [16] S. Cano, J. Muñoz, C. Collazos, D. Alghazzawi, H. Fardoun and V. Bustos, "Applying the information search process model to analyse aspects in the design of serious games for children with hearing impairment", *Universal Access in the Information Society*, pp. 1-13, 2017.
- [17] Y. Molina, E. Millan & Y. Pascuas, "Sistemas Tutores Inteligentes como apoyo en el proceso de aprendizaje": *Redes de Ingeniería*, vol. 6, pp. 25-44, 2015.
- [18] Z. Cataldi and F. Lage, "Modelado del estudiante en Sistemas Tutores Inteligentes", *Revista Iberoamericana en Educación y Educación en Tecnología*, no. 5, pp. 29-38, 2010.
- [19] F. Rodríguez, *El método Decroly*. Madrid: Junta para ampliación de estudios e investigaciones científicas, 1925.

Maker movement in education: maker mindset and makerspaces

Carina S. González-González³⁸
Luis Gonzalo Aller Arias³⁹

Abstract

According to constructionist models, students learn best by making tangible objects. Makerspaces build on a holistic constructivist ideology to form a constructionist approach to education, and are the ideal environment to build maker mindset. So, we present a preliminary study about the characteristics of makerspaces and maker mindset to promote learning to code, computational thinking in children according the constructivism approach.

Keywords: Human Factors, Human Computer Interaction, Computational Thinking, Makerspaces

Introduction

The Makerspace movement (Halverson et al., 2014) [1], started a decade ago, has spread out around the world with different formats, organizations and structures (hackerspaces, techshops, fablabs, classrooms makerspaces, libraries makerspaces, etc.) (Preddy, 2013) [2], (Hira, Hoslyn & Hynes, 2014) [3]; (Thompson, 2014) [4]. Main characteristics of Maker movement includes the following:

38. Departamento de Ing. Informática y de Sistemas Universidad de La Laguna, La Laguna, Tenerife. Correo electrónico: cjgonza@ull.edu.es

39. Kreitek Makerspace La Laguna, Tenerife. Correo electrónico: gonzalo@foton.es

- Contemporary culture based on technology and doing things yourself.
- Born from the need to create, innovate, interests related to real problems using science, engineering, technology, arts and mathematics (STEAM).
- Promotes invention and innovation through the design of prototypes.
- Promotes the creation of spaces where people can formulate and share information with other makers.
- It does not pursue economic purposes or business models, its driving force is the passion to do and to share ideas and collective creations.
- Promotes learning in less structured environments and learning by services.

Research on how learning happens in makerspaces is still emerging and it is needed more research to understand how learning is happening in makerspaces, into and outside schools (Lindstrom, Thompson & Schmidt-Crawford, 2017) [5].

In addition, the research on makerspaces also needs reinforce the idea that the “most important benefits of maker- centered learning is providing children with a sense of self, and community that empowers them to shape their world” (Agency by Design, 2015 Agency by Design. (2015, January) [6].

Moreover, learning to code is the 21st century literacy. Computational thinking (Wing, 2006) [7], closely related to programming, requires thinking and solving problems with different levels of abstraction and is independent of hardware devices. Makerspaces can contribute to develop these 21th century skills using STEAM.

This work is aimed to study the characteristics of the maker-based learning approach, with the goal to design a methodology that incorporates in the learning processes tools and methods for the development of creative thinking -design and prototyping of tangible interactive objects (making)-, and for computational thinking. This paper describes the preliminary study of the characteristics of the maker mindset and makerspaces in education.

Maker mindset

Learning by Making

Makerspaces build on a holistic constructivist ideology to form a constructionist approach to education (Kurti, Kurti & Fleming, 2014) [8], following the principles of Jean Piaget and Seymour Papert: learning by doing or, in this case, “learning by making” [9]. Constructivist and constructionist principles,

through their emphasis on active educational opportunities, have led to the development of the maker culture and STEAM focused approaches to student learning and engagement (Hamir, S. et al 2015) [10]. Thus, learner knowledge is built by creating and interacting with physical objects. So, makerspaces are a big opportunity to bring media literacy and 21st skills to people, as formal (into schools) or informal education (into communities). But, teachers and communities needs guides, tools and training and more research about how to design makerspaces to promote make-based learning in different contexts (schools, libraries, communities, etc.) and users (children, adolescents, adults) are also needed.

Making tangible objects: supporting imagination

Moreover, according to constructionist models, students learn best by making tangible objects. In this sense, Papert argued that “media matters”, due to particular properties physical objects offered to children limit or enhance what they can build, create, and learn (Blikstein, 2013) [11]. Research has shown that objects with perceptual and manipulative affordances affect the imagination young children (2-5 years old). However, most studies accept that “objects act as tools of psychological development that have immediate effects on children’s behaviors” (Chuk & Quek, 2013) [12]. Thus, or for an object to be effective in supporting imagination, it should allow to move “from action in response to objects present in the perceptual field to action generated and controlled by ideas” (Chu et al., 2015) [13].

Tinkering and peer-supported making

Peer-supported making and tinkering activities have been shown positive effects in learning (Bers, Strawhacker & Vizner, 2018) [14]. Constructionist “learning-by-making” pedagogies can be particularly positive to introduce STEAM competences to learners, mixing a project-based pedagogical practices in an informal environment, and reinforced by feedback-in-practice. Thus, Makerspaces contributes to the students feel the makerspace like a “family or a group of friends”.

Makerspaces in education

Examples of makerspaces

Anyone can be maker, then the movement moves from the personal to social: from do it yourself (DIY) to do it together (DYT). As we mentioned before, there

are different types of makerspaces, such as Fablabs, Makerspaces, Hackerspaces, Hacklabs, Innovation Labs, etc., and there is not consensus in the differences of each one, but all of them follows the main maker movement characteristics, although some of them has economic purpose, but not as their main goal (Fig. 1).

Figure 1.

Different types of maker spaces. Source <http://lahoramaker.com/2016/02/01/la-hora-maker-010-fablabs-makespaces-hackerspaces-y-hacklabs>



Figure 2.

Kreitek Makerspace (Tenerife, Spain). Space adequated for adult experiential learning



Figure 3.

Early Childhood Makerspace at Eliot-Pearson Department. Tufts University



Figure 4.

Inmersive space Ciencia MIX (Affective Lab, University of Zaragoza, Spain).
Tangible tables, collaborative games, immersive games, hybrid toys,
interactive, immersive and pervasive games, etc



Figure 5.

A community Makerspace in Cambridge (Boston). “Tinkering studio”
with activity stations offering different resources and materials
(electric, recycling, etc.) for making learning.



Makerspaces can be oriented to different users, such as adults (Fig. 2) or children (Fig.3-5). Also, it can be immersive and entirely tech-based (Fig.4) or crafting / tinkering based (Fig. 5). The organization, tools and resources can be different too. For example, in the community Makerspace in Cambridge (Boston) (Fig. 4), it has several corners and spaces for making which allows learning through the projects, collaboration, creativity, innovation, tinkering and engineering practices. Also, there are facilitators to support and ensure that this kind of active learning can be achieved. This space (Fig. 4) is designed for the community involvement from an environmental education point of view. Also, it allows the development of children's creativity using the discovery method with an interdisciplinary approach, where children enjoy playing part in the design process of projects (i.e. study the problem, planning, measuring, drawing, model making, construction and building, experiment, evaluation, modification and destruction). According to Petrich, Wilkinson and Bevan (2013) [15], this space can be considered "tinkering studio", where exploration is driven by children: different kind of materials are available in the space, active work with others can be possible by the space design and where tinkering facilitators can participate in making activities, as well as community makers. Here, can be observed evidences of active learning: engagement (active participation, observation, reflection), intentionality (idea, goal, plan), innovation (new tinkering strategies, creation, use of materials) and solidarity (sharing, supporting, collaboration with other learners). There are different kind of materials available, not just electronic or digital ones, but every day common materials and tools (sewing machines, iron, fabrics, costumes, etc.). Also, it is possible to find several stories and narratives integrated in the space, like Doctor Who (and time-lapse kit) or Calvin and Hobbes.

All these makerspaces are outside schools, but it is possible to transform and adapt spaces into schools to create a makerspace. Following we present some guidelines to create a makerspace in the school.

Makerspaces in schools

Although, Makerspaces has emerged as a powerful learning force in the non-academic community, however schools have recognized it as a potent learning opportunity.

Makerspaces are supposed to be multi-purpose spaces, so, normally in a school the libraries are the most adequate space to be transformed into a makerspace. However, computer labs and media centers are also suitable places for Makerspaces. Teachers can use these spaces in their classes or in projects in

collaboration with other teachers from other subjects. In order to facilitate the creation process, students need flexible large work areas, and a diverse tools and materials for arts, crafts, engineering, and technology. Besides, students need a flexible furniture to facilitate collaboration, creativity, and openness. Making a project may take several classes to complete. So, take into account the furniture to storage the materials for projects is essential.

Table 1.
Creating a makerspace in the school

Elements	Strategies	Examples
Places	Think about the most favorable spaces to make a maker community in the school	Library, computer room, classroom, etc.
Tools and furniture	Make an inventory of tools and materials and budgets (see the approximate cost to see its viability)	Electronics, 3D printing, lockers, tables, etc.
Security	Plan security, signage and common rules	Policy statement designed by users of makerspace
Roles and Functions	Define roles and functions of the teachers, students, and mentors of the Makerspace.	For teachers: The Project manager, The Principal investigator, the Coach, the Research Librarian. For students: main functions and rules for work in team. For mentors: facilitators functions
Didactic strategies	Think different maker practices, how they are	i.e. Curriculum guide [16]

Elements	Strategies	Examples
	integrated in the curriculum in a transversal way and pedagogical approaches can be carried out in the Makerspace	

Conclusions

Many countries are revising their educational curricula in order to incorporate 21th century skills, including as new literacy the programming, digital competences and computational thinking. This paper aims to contribute in the

understanding of the maker movement and its impact to the education, mainly in the areas of STEAM, and in informal and formal contexts.

Learning in school remains controlled by traditional pedagogies and curriculum which are opposed to the way of learning in makerspaces. So, the introduction of the maker movement in schools can be an opportunity for teachers to change the establishment. But teachers need to be trained in this new movement for transforming the school, with practical guides for the introduction into their curricula the maker-based learning approach. So, we are working on the design of a methodology that incorporates in the learning processes tools and methods for the characteristics of maker mindset and makerspaces.

References

- [1] Halverson, Erica Rosenfeld & Kimberly M. Sheridan. (2014). The maker movement in education: Designing, creating, and learning across contexts. *Harvard Educational Review*, 84(4), 492.
- [2] Preddy, L. (2013). *School library makerspaces : Grades 6- 12*. print.
- [3] Hira A., Hoslyn C. & Hynes M. (2014). Classroom Makerspaces: Identifying the Opportunities and Challenges. *IEEE Frontiers In Education Conference*. DOI: 10.1109/FIE.2014.7044263
- [4] Thompson, G. (2014). The maker movement connects to the classroom. *Education Digest*, 80(3), 34.
- [5] Lindstrom D., Thompson A. & Schmidt-Crawford D. (2017). The Maker Movement: Democratizing STEM Education and Empowering Learners to Shape Their World. *Journal of Digital Learning in Teacher Education* Vol. 33, Iss. 3, 2017.
- [6] Agency by Design (2015). *Maker-Centered Learning And The Development Of Self: Preliminary Findings Of The Agency By Design Project*. Retrieved February 11, 2018 from: http://www.agencybydesign.org/wp-content/uploads/2015/01/Maker-Centered-Learning-and-the-Development-of-Self_AbD_Jan-2015.pdf
- [7] Wing, J. M. (2006). "Computational thinking" (PDF). *Communications of the ACM*. 49 (3): 33. doi:10.1145/1118178.1118215.
- [8] Kurti R., Kurti D., & Fleming L.(2014). The philosophy of educational makerspaces. Part 1 of making an educational makerspace. *Teacher Librarian*, 41(5), 8.
- [9] Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. New York: Basic Books
- [10] Hamir, S., Maion, S., Tice, S., & Wideman, A. (2015) ETEC 512. Constructivism in Education. Retrieved February 11, 2018 from <http://constructivism512.weebly.com>

- [11] Blikstein P. (2013). Gears of our childhood: constructionist toolkits, robotics, and physical computing, past and future. Conference: Interaction Design & Children'13. DOI: 10.1145/2485760.2485786
- [12] Chu S.I & Quek F. (2013). Things to Imagine With: Designing for the Child's Creativity. Conference: Interaction Design & Children'13. DOI: 10.1145/2485760.2485793 ·
- [13] Chu S.L., Quek F., Bhangaonkar S., Boettcher Ging A. & Sridharamurthya K. (2015). Making the Maker: A Means- to-an-Ends approach to nurturing the Maker mindset in elementary-aged children. *International Journal of Child- Computer Interaction* 5 (2015) 11–19.
- [14] Petrich, M., Wilkinson, K., & Bevan, B. (2013). It looks like fun, but are they learning. *Design, make, play: Growing the next generation of STEM innovators*, 50-70. New York: Routledge.
- [15] Bers M., Strawhacker A., Vizner M. (2018) "The design of early childhood makerspaces to support positive technological development: Two case studies", *Library Hi Tech*, Vol. 36 Issue: 1, pp.75-96, <https://doi.org/10.1108/LHT-06-2017-0112>

Capítulo 2

La colaboración como motor innovador de la educación

Desarrollo de pensamiento algorítmico con procesos colaborativos e inmersivos

Javier Alejandro Jiménez Toledo,⁴⁰ César Collazos⁴¹
Manuel Ortega Cantero, Miguel Ángel Redondo Duque⁴²

Resumen

Este artículo presenta los resultados obtenidos al combinar una estrategia de aprendizaje colaborativo con un ambiente inmersivo mediante herramientas de realidad aumentada para el desarrollo de pensamiento algorítmico con estudiantes de un primer curso de programación. La investigación se desarrolló bajo un diseño cuasi experimental con aplicación de post pruebas y cuyos datos obtenidos fueron analizados con la distribución de probabilidad T de Student. Finalmente se evidenció que la estrategia interactiva propuesta favorece efectivamente el desarrollo de pensamiento algorítmico.

Keywords: Pensamiento algorítmico, colaborativo, inmersividad, programación de computadores.

40. Facultad de Ingeniería, Institución Universitaria CESMAG. Pasto, Colombia. Correo electrónico: jajimenez@iucsmag.edu.co

41. Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad del Cauca. Popayán, Colombia. Correo electrónico: ccollazo@unicauca.edu.co

42. Departamento de Tecnologías y Sistemas de Información, Universidad de Castilla La Mancha. Ciudad Real, España. Correo electrónico: Manuel.Ortega@uclm.es, Miguel.Redondo@uclm.es

Introducción

En los últimos decenios se han producido progresos en los mecanismos de aprendizaje, que en síntesis pueden agruparse en tres avances principales: revolución de la Informática y las Comunicaciones, Progreso de la Pedagogía y Fomento de la enseñanza de STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) en niveles preuniversitarios [1].

Es evidente la preocupación existente en los docentes de los primeros cursos de programación con relación a los resultados obtenidos en el proceso de aprendizaje y a la vez son muchos los inconvenientes que debe enfrentar un estudiante de primer curso de esta disciplina [2], por ello, el inicio en el aprendizaje de la programación siempre ha sido un proceso complejo ya que es una disciplina totalmente diferente a lo que se ha visto desde entonces por parte del programador novato porque la programación exige cambiar de manera radical el modo de pensar y analizar las cosas y aun habiendo adquirido los conocimientos teóricos necesarios se ha detectado una gran dificultad de aplicar esos conocimientos en la resolución de problemas prácticos [3]. La enseñanza de la programación no se puede transmitir directamente desde instructores a los alumnos, debe ser adquirida activamente por los estudiantes [3]. A su vez, la enseñanza de los fundamentos de programación es un campo estudio que ha tomado gran importancia debido al auge del software en todos los procesos del accionar humano, hasta tal punto de estar presente en dispositivos con wearable thechnology [4]. Pese al estado tecnológico actual existen aún problemas relacionados con la fundamentación de los futuros constructores de software cuyo origen se inicia desde el primer curso de programación recibido, el cual es clave en el proceso de formación que tendrá un desarrollador de soluciones software en su etapa de aprendizaje y más tarde en su vida profesional [4]; tales inconvenientes se presenta por múltiples situaciones que van desde la carencia de habilidades para programar, el desconocimiento de la materia y hasta la insuficiencia de disciplina en programación [5]. Además, un problema recurrente en el aprendizaje de la programación es que, aunque los profesores explican la gramática, los estudiantes no pueden crear software por sí mismos e inclusive algunos estudiantes renuncian al aprendizaje [6]. La inspiración del aprendizaje del estudiante y su adecuación puede estar influenciada por varios factores ambientales que incluyen el enfoque de aprendizaje y la presión social de los compañeros de clase [7][8].

Muchos autores han propuesto diversas estrategias para el aprendizaje de los fundamentos de programación, algunos docentes inician esta enseñanza con contextos relacionados al campo de la matemática y la geometría [9], otros

llevan al estudiante a plantear soluciones a problemas a través de un proceso cíclico de “prueba y error” [10], algunos enseñan a programar en un lenguaje de programación particular, utilizando su sintaxis y su semántica, y otros emplean un lenguaje algorítmico lo bastante general como para permitir su traducción posterior a cualquier lenguaje de programación [11]. Asimismo, otros docentes utilizan una metodología de enseñanza/aprendizaje basada en la resolución de problemas, que a veces implica la aplicación de técnicas como la programación en pares [12][13].

Por su parte, el pensamiento algorítmico consiste en la resolución de problemas, el diseño de los sistemas, y la comprensión de la conducta humana haciendo uso de los conceptos fundamentales de la informática [14]. Existen distintas iniciativas y herramientas educativas para enseñar el pensamiento algorítmico [15] como: ChildProgramming [16], Scratch [17], Alice [18], EDCIA [19], VPL [20], Entorno de integración de PBL y CSCL para la enseñanza de algoritmos y programación en ingeniería [21], Cupi2 [22], una herramienta y técnica para la enseñanza de la programación [23], Greenfoot [24], JeCo [25], ProLearn [26], PL-Detective [26], College [27], OOP Anim [28], DPE [29], ELP [30], BlueJ [31], Habipro [32], Algoarena [33], Sigacle [34], entre otros.

Por otro lado, el aprendizaje colaborativo es el uso instruccional de pequeños grupos de tal forma que los estudiantes trabajen juntos para maximizar su propio aprendizaje y el de los demás [35] donde cada miembro del grupo de trabajo es responsable no solo de su aprendizaje, sino de ayudar a sus compañeros a aprender, creando con ello una atmósfera de logro [36].

En el aprendizaje colaborativo los estudiantes trabajan colaborando, este tipo de aprendizaje no se opone al trabajo individual ya que puede observarse como una estrategia de aprendizaje complementaria que fortalece el desarrollo global del alumno, además, se establece que los métodos de aprendizaje colaborativos traen consigo una renovación en los roles asociados a profesores y alumnos, en el caso de los profesores se establece tres tipos: Profesores como Mediador cognitivo, Instructor y Diseñador Instruccional [37].

Por su parte, Brown y Atkins [38] establecen que los objetivos que persigue el aprendizaje colaborativo se centran en el desarrollo de estrategias de comprensión y explicación, de preguntas y respuestas. La discusión y el debate sirven, en primer lugar, para desarrollar las habilidades de comunicación con otros y la utilización precisa del lenguaje. En segundo lugar, genera el desarrollo de competencias intelectuales y profesionales, como por ejemplo: analizar, razonar, pensar críticamente, sintetizar, diseñar, etc. y, por último, el aprendizaje

colaborativo también promueve el crecimiento personal de los estudiantes, que incluye el desarrollo de estrategias de comunicación y pensamiento, el desarrollo de la autoestima, dirige el propio aprendizaje, aprende a trabajar con otros y a conocerse a sí mismo y a los demás [39].

Para Jonhson, Jonhson y Holubec el aprendizaje colaborativo es el uso instruccional de pequeños grupos de tal forma que los estudiantes trabajen juntos para maximizar su propio aprendizaje y el de los demás [40], al mismo tiempo, Brufee considera al aprendizaje colaborativo como la composición de elementos de consenso a través de la colaboración en el aprendizaje, la participación voluntaria en el proceso, el aprendizaje no fundacional, el cambio en la relación profesor-estudiante, la importancia del trabajo y diálogo entre pares donde se discute la autoridad del profesor y la validez de los contenidos gracias al método [41].

Por otro lado y a pesar de que el concepto de Realidad Aumentada (RA) se remonta a la década de 1960, el primer sistema formal de RA no se desarrolló hasta los años 90 por la compañía Boeing [42]. La definición más popular sobre RA es la dada por Milgram y Kishino quienes indican que “entre un entorno real y un entorno virtual puro está la llamada realidad mixta y esta se subdivide en 2, la realidad aumentada (más cercana a la realidad) y la virtualidad aumentada (más próxima a la virtualidad pura)” [43]. Asimismo, la realidad aumentada es una tecnología para fusionar el entorno real con un entorno virtual, y se basa en la superposición de objetos virtuales sobre la realidad en tiempo real [44], permitiendo una interacción del usuario con el mundo físico y real que lo rodea [45].

Por lo tanto la RA es un sistema interactivo que tiene como entrada la información del mundo real y superpone a la realidad nueva información digital en tiempo real, esta información virtual pueden ser imágenes, objetos 3D, textos, videos etc. [46]. Durante este proceso, la percepción y el conocimiento que el usuario tiene sobre el mundo real se ve enriquecido [47].

Por lo anterior y ante las necesidades de un mundo cambiante que demanda el refuerzo de procesos creativos e innovadores, la formación de constructores de software se convierte en uno de los ejes estratégicos para una nación que quiera insertarse en la sociedad del conocimiento y potenciar su desarrollo [48].

Es así como en este artículo se presentan los resultados obtenidos de implementar una estrategia didáctica que combina aprendizaje colaborativo e inmersivo mediante técnicas de realidad aumentada para la enseñanza para el desarrollo de pensamiento algorítmico con estudiantes de primer curso de programación aplicado al capítulo de procesos de captura y salida de datos en el programa

académico de Ingeniería de Sistema de la Institución Universitaria CESMAG (Colombia).

El presente artículo se encuentra estructurado en cuatro partes: en la presentación se incluyen elementos del marco teórico, problema y antecedentes del proceso investigativo; en la metodología se describe las etapas y roles utilizados en el desarrollo de la presente estudio; los resultados evidencian la metodología de investigación planteada con los resultados conseguidos en el grupo de control y experimental y finalmente las conclusiones y trabajos futuros evidencian los hallazgos obtenidos y los próximos estudios derivados.

Metodología

El proceso metodológico llevado cabo tomó como base la unidad de estudios denominada “análisis y diseño de procesos de captura y salida de datos” para el curso de “Introducción a la programación” del primer semestre de Ingeniería de Sistemas de la Institución Universitaria CESMAG.

Figura 1.
Proceso metodológico



En la Figura 1 se muestran tanto los roles (docente y estudiante que a la vez tiene los sub-roles de analista y diseñador) y las actividades propuestas en el proceso metodológico llevado a cabo en el presente estudio, en donde el rol docente asume características de mediador cognitivo, instructor y diseñador instruccional para la realización de una configuración inicial por cada temática orientada. Por otra parte, el estudiante tiene dos sub roles: Analista y diseñador, orientado por principios colaborativos que le permitan interactuar con los demás compañeros en los casos de estudio planteados.

Apoyados en el modelo presentado por Collazos y Mendoza [49] [50], el docente como diseñador instruccional es quien realiza la planeación tanto de las

unidades temáticas como de las actividades de aprendizaje y evaluación que se llevarán a cabo durante el desarrollo del curso [50].

A su vez, el docente como mediador cognitivo, es el encargado de validar el conocimiento adquirido por el estudiante mediante la utilización de diversas estrategias de seguimiento que deben ir desde la observación directa con la cual se puede evidenciar el interés y los alcances conceptuales logrados, la utilización de preguntas de verificación, la realización de actividades de aprendizaje y evaluación que permitan directamente comprobar el aprendizaje de las temáticas.

Finalmente, el docente como profesor instructor se apoya en la clase magistral como estrategia didáctica en la que se encarga tanto de la enseñanza de las unidades temáticas en este caso de la asignatura de Introducción a la programación, como de desarrollar en los estudiantes habilidades sociales, de trabajo en grupo y fundamentalmente actividades colaborativas, modelando habilidades interpersonales positivas y conllevándolos a su práctica [50]. Asimismo, el rol estudiante de acuerdo a las recomendaciones de Collazos y Mendoza [50], deben tener las siguientes características:

- Ser responsables con el aprendizaje para hacerse cargo de su propio conocimiento y autorregulación.
- Definir los objetivos del aprendizaje y los problemas que son significativos para entender qué actividades específicas se relacionan con sus objetivos y a la vez usar estándares de excelencia para evaluar qué tan bien han logrado dichas metas.
- Estar motivados para aprender y poseer pasión para resolver problemas y así poder entender ideas y conceptos abstractos.
- Ser colaborativos para entender que el aprendizaje es social y estar “abiertos” a escuchar las ideas de los demás y a articularlas efectivamente.
- Ser estratégicos para que estén continuamente desarrollando y refinando el aprendizaje y las estrategias para resolver problemas.

El proceso metodológico de la figura 1 contempla los siguientes elementos:

Configuración inicial. En la cual el docente prepara previo a la sesión de clase los materiales y saberes necesarios para abordar la unidad de aprendizaje “Captura y salida de datos”. En esta etapa se llevaron a efecto las siguientes actividades:

- Identificación del curso: área, componente, créditos, semestre, docente.
- Descripción del curso

- Competencia central.
- Definición de unidades de aprendizaje con sus correspondientes subtemas.
- Diseño de ejemplos.
- Estimación del tiempo para desarrollo de temática explicativa.
- Planeación de recursos y materiales necesarios para las actividades propuestas.
- Planeación de la distribución física de los estudiantes en el aula de clase
- Diseño de tareas y evaluaciones.

Modelado inmersivo. El docente realiza una motivación inicial que consiste en inculcar en el estudiante desde su primer curso de programación la existencia de una serie de fases importantes en la construcción de software (independiente de las metodologías de construcción de software existentes) las cuales debe identificar desde etapas tempranas. Es así como entre las fases iniciales propuestas para un primer curso de Introducción a la programación se recomienda:

- Fase de recolección de requerimientos: El docente debe informar al estudiante la importancia de recolectar información como una etapa importante en la construcción de proyectos de software. Es necesario que el docente concientice al estudiante de llevar a cabo un buen proceso de recolección de información para así tener una mayor probabilidad de éxito del proyecto.

Para el presente estudio se tomó el artefacto presente en la tabla 1 como mecanismo de recolección de requerimientos.

Tabla 1.
Formato de recolección de requerimientos

Nombre del sistema	Requerimientos
Se asigna un nombre al enunciado dado por el docente	Se enuncian los requerimientos utilizando palabras claves

Fase de análisis. Es necesario que el docente le informe al estudiante que después de apropiarse y realizar la fase de recolección de requerimientos (que para efectos de la presente propuesta metodológica se tomará a través del enunciado del problema) es necesario un proceso de análisis de la información.

En esta fase se proponen dos artefactos: Diagrama de entrada/salida y un boceto de una interfaz gráfica de usuario. Esta propuesta considera el objeto de análisis más elemental a la hora de concebir un proyecto de software que es el “diagrama-

ma de entrada salida”, con el cual es posible identificar elementos claves como estructuras condicionales, estructuras repetitivas, clases, variables generales, variables de clase, métodos y otros elementos necesarios en los fundamentos de programación.

Además, en esta fase se construyó una serie de ejemplos que fueron implementados mediante un software de realidad aumentada que toma el diagrama de entrada salida y lo presenta como un boceto inicial de una interfaz gráfica de usuario dotada con elementos técnicos propicios de un entorno de desarrollo gráfico como se aprecia en la figura 2. A su vez, dicho software también aumenta la realidad al tomar como base la interfaz gráfica y presentar los comandos y sintaxis de escritura del código fuente en el lenguaje de programación C++.

Figura 2.

De entrada/salida a interfaz de usuario con realidad aumentada

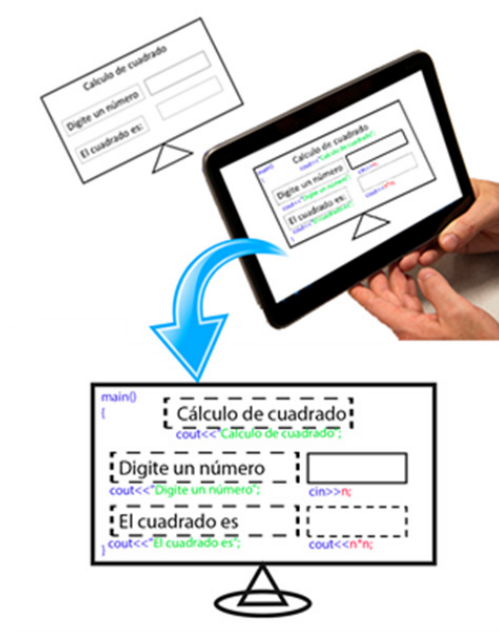


Fase de diseño. En esta fase el docente le informará al estudiante quien ya tiene claro la fase de recolección de requerimientos y la fase de análisis, que es importante construir un modelo que cumpla con los requerimientos exigidos y con los elementos realizados en la fase de análisis. El artefacto considerado en esta fase es el diagrama de flujo para modelar algoritmos.

Al igual, el software de realidad aumentada permite transformar los elementos del diagrama de flujo o boceto de interfaz gráfica en comandos bajo una notación en lenguaje de programación C++ como lo muestra la figura 3.

Fase de codificación. El docente informará al estudiante que después de un proceso de diseño de software adecuado, la fase de codificación tendrá un alto porcentaje de éxito. Además, se debe destacar la importancia que tiene la realización de diseño en todo proceso ingenieril. El artefacto para esta fase es el pseudocódigo.

Figura 3.
De entrada/salida a código con realidad aumentada



En este modelado inmersivo, el docente debe antes de la sesión de clase preparar las situaciones que les presentará a los estudiantes para que a través de un entorno colaborativo mediado por Jigsaw haya una apropiación significativa de la unidad de competencia tratada. En esta etapa se deben llevar a efecto las siguientes actividades: descripción del curso, definición de objetivos individuales y grupales, diseño de ejemplos y tareas, estimación del tiempo para realización de ejercicios y tareas, planeación de recursos y materiales necesarios para las actividades propuestas, conformación de los equipos de trabajo y planeación de la distribución física de los estudiantes en el aula de clase.

Aprendizaje Colaborativo. Una vez el estudiante ha adquirido los fundamentos de modelado inmersivo de la presente propuesta, se procede a la realización de ejercicios mediante un proceso de aprendizaje colaborativo con el método Jigsaw. Para ello el docente ejecutó la planeación realizada en la configuración inicial organizando el salón de clase de tal manera que los estudiantes queden reunidos en grupos de dos y distribuidos en todo el recinto, demás el docente será el encargado únicamente de presentar los enunciados para cada ejercicio propuesto. Cada ejemplo debe ser analizado por los dos estudiantes cada uno en el sub rol de analista y diseñador. Para ello una vez presentado el enunciado del

ejercicio, cada estudiante propondrá una solución desde su rol y la compartirá con su compañero de grupo base, luego cada uno se reunirá con otro “par” de otro grupo para analizar cada propuesta y concluir una sola y posteriormente esos dos se reunirán con otros “pares” hasta que la mitad del grupo quede reunido bajo un rol y la otra mitad con el otro rol los cuales obtendrán una solución al ejercicio, finalmente cada estudiante volverá a su grupo base para compartir la solución con su compañero y entre los dos proponer la solución final.

Retroalimentación. Es realizada por parte del docente al terminar cada ejercicio y consiste en concluir junto con los estudiantes la solución final y las consideraciones importantes y pertinentes tanto al ejercicio como al tema tratado. Luego de realizar la retroalimentación, el docente presentará el siguiente ejercicio y es necesario intercambiar los roles entre los dos integrantes de cada grupo.

Resultados

La metodología de investigación planteada se desarrolló bajo el paradigma positivista por lo que se fundamentó en el conocimiento científico, con enfoque cuantitativo que permitió examinar datos de manera numérica, utilizando el método empírico analítico porque los datos fueron tratados con técnicas estadísticas y bajo un tipo de investigación descriptiva y con un diseño experimental con dos grupos (control y experimental) como se muestra en la figura 4.

Figura 4.

Diseño experimental

G_1	X	O_1
G_2	-	O_2

La investigación fue realizada con dos grupos de estudiantes diferentes para el primer curso de Introducción a la programación. Así, el primer grupo experimental G1 fue conformado por 27 estudiantes de primer semestre de Ingeniería de Sistemas correspondientes al periodo académico II-2017 a quienes se les aplicó el tratamiento experimental X y finalmente se le aplicó una prueba posterior O_1 . El grupo de control G2 estuvo conformado por 23 estudiantes del periodo académico I -2017 del mismo semestre y asignatura del grupo experimental a quienes no se les aplicó tratamiento experimental y las notas obtenidas del tema de estudio fueron consideradas como O_2 .

Una vez aplicado el tratamiento investigativo para el grupo experimental y el método tradicional en el grupo de control, se procedió a la realización de cuatro actividades evaluativas que consistieron en la aplicación de dos talleres grupales

(colaborativamente mediante Jigsaw en el grupo experimental y grupalmente en el grupo control) con la participación de dos estudiantes (40%) y dos seguimientos individuales (60%) con el propósito de establecer cuantitativamente el proceso de apropiación de dicha temática y cuyos resultados se aprecian en la tabla 2.

Tabla 2.
Promedio de notas

Grupo	Periodo	Promedio
G ₁	II-2017	4.4
G ₂	I-2017	3.9

Con los resultados obtenidos se utilizó la técnica de datos denominada Análisis Paramétrico mediante la distribución de probabilidad T de Student, con la que es posible comprobar una hipótesis examinando las diferencias entre dos muestras independientes y pequeñas que en procesos investigativos provienen de los datos obtenidos por el grupo de control frente al grupo experimental y que para el presente estudio se parametrizó con un nivel de significancia del 5%. En la tabla 3 se muestran los resultados para el curso de introducción a la programación.

Tabla 3.
Prueba T de Student

Ítems	Grupo Experimental	Grupo Control
Media	4,356296296	3,883478261
Varianza	0,48250114	0,536514625
Observaciones	27	23
Varianza agrupada	0,50725732	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	48	
Estadístico t	2,339594925	
P(T<=t) una cola	0,011756184	
Valor crítico de t (una cola)	1,677224196	
P(T<=t) dos colas	0,023512367	
Valor crítico de t (dos colas)	2,010634758	

La tabla 3 evidencia el éxito de los resultados de la aplicación del tratamiento experimental consistente en modelado inmersivo en un ámbito colaborativo, donde los resultados estadísticos obtenidos para el grupo experimental G1 adquiere un

valor estadístico t (2,339594925) mayor tanto al valor crítico de t de una cola (1,677224196) como al valor crítico para dos colas (2,010634758) y el valor de P (para una y dos colas) es menor al 5% (0,011756184 y 0,023512367 respectivamente), lo cual concluye que la diferencia de notas entre grupo experimental y grupo de control es estadísticamente significativa para $t=5\%$.

Por lo tanto, el análisis estadístico anterior demuestra la incidencia que tiene el tratamiento experimental frente al grupo de control, estableciendo que al incorporar estrategias didácticas adecuadas se obtienen resultados académicos que benefician de una manera directa a los estudiantes.

Conclusiones y trabajos futuros

El componente colaborativo llevado a cabo permitió mayores niveles de interacción entre los mismos estudiantes y a la vez entre ellos y el conocimiento, mejorando las relaciones interpersonales del grupo.

En el estudio se pudo comprobar que la combinación de procesos interactivos inmersivos con elementos de aprendizaje colaborativo generan tiempos más prolongados de captura de atención por parte del estudiante.

La conclusión principal radica en que al construir una estrategia didáctica que tome la rigurosidad de una temática y la conjugue con procesos tecnológicos vivenciales en los estudiantes (realidad aumentada) junto con un método de participación activa (Jigsaw), se obtienen resultados más alentadores en esta difícil tarea que tenemos los docentes de primeros cursos de programación al guiar a los estudiantes en el descubrimiento y fortalecimiento del pensamiento algorítmico que será de vital importancia en su rol como futuro constructor de software .

Finalmente, en el primer curso de programación de las disciplinas que forman futuros constructores de software, se hace necesario involucrar aspectos didácticos que coloquen al estudiante como elemento central y activo del proceso de aprendizaje y que lo incluyan de una manera totalmente activa en la construcción de su lógica algorítmica.

Como trabajo futuro se contempla la inclusión del estudio de estructuras condicionales, cíclicas, de datos homogéneos y recursivos utilizando aprendizaje colaborativo y modelado inmersivo que permitan al estudiante de los primeros cursos de programación adquirir los aprendizajes de una manera significativa a sus condiciones vivenciales.

Agradecimientos

Agradecimiento especial a la Institución Universitaria CESMAG y a su Vicerrectora de Investigaciones PhD (c) María Eugenia Córdoba por el apoyo incondicional y de igual manera a los integrantes del grupo de investigación IDIS de la Universidad del Cauca y CHICO de la Universidad de Castilla La Mancha.

Referencias

- [1] M. Ortega et al., “IProg: Development of immersive systems for the learning of programming,” *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, vol. Part F1311, p. 6, 2017.
- [2] J. Jiménez, C. Collazos, J. Hurtado, and W. Pantoja, “Estrategia colaborativa en entornos tridimensionales como estrategia didáctica de aprendizaje de estructuras iterativas en programación computacional,” *Investigium IRE Ciencias Soc. y Humanas*, vol. 6, no. 2, pp. 80–92, 2015.
- [3] M. González De Rivera Fuente and M. Paredes Velasco, “Aprendizaje con programación Colaborativa,” *Aprendiz. con Program. Colab.* 5, vol. 2, pp. 1–33, 2008.
- [4] M. Ben-Ari, “Constructivism in Computer Science Education,” *J. Comput. Math. Sci. Teach.*, vol. 20, pp. 24–73, 2001.
- [5] C. Vidal, Zerintia. Innovando con Madrid tour. *Revista de turismo y patrimonio cultural*, 1 (2). .
- [6] G. Hernández, R. Jiménez, and Á. Martínez, “Creencias docentes sobre la importancia de la didáctica en la orientación de la enseñanza del primer curso de programación de computadoras,” *Rev. Univ. docencia, Investig. e innovación*, vol. 2, pp. 87–103, 2012.
- [7] M. Oviedo, “La enseñanza de la programación,” UPIICSA, México, 2002. [Online]. Available: <http://bibliotecadigital.conevyt.org.mx/colecciones/documentos/somece2002/Grupo4/Oviedo.pdf>. [Accessed: 21-May-2014].
- [8] Y. Hayashi, K. Fukamachi, and H. Komatsugawa, “Collaborative Learning in Computer Programming Courses That Adopted the Flipped Classroom,” *Int. Conf. Learn. Teach. Comput. Eng.*, pp. 209–212, 2015.
- [9] M. Sakhumuzi and O. Emmanuel, “Student perception of the contribution of Hackathon and collaborative learning approach on computer programming pass rate,” in *2017 Conference on Information Communication Technology and Society (ICTAS)*, 2017, pp. 1–5.
- [10] O. Revelo Sánchez, C. Collazos Ordoñez, and J. Jiménez Toledo, “El trabajo colaborativo como estrategia didáctica para la enseñanza/aprendizaje de la programación: una revisión sistemática de literatura,” *TecnoLógicas*, vol. 21, no. 41, pp. 13–28, 2017.
- [11] G. Bett et al., “Desarrollo de Juegos como Estrategia Didáctica en la Enseñanza de la Programación,” *Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba*,

2013. [Online]. Available: <http://conaiisi.frc.utn.edu.ar/PDFsParaPublicar/1/schedConfs/4/120-429-1-DR.pdf>. [Accessed: 22-May-2014].
- [12] M. Murillo Rivera, "EXPLORING THE TEACHING-LEARNING PROCESS," *Actual. Investig. EN Educ. Explor.*, vol. 6, pp. 0–28, 2006.
- [13] A. F. Szpiniak and G. A. Rojo, "Enseñanza de la programación," 2007.
- [14] F. Jurado, A. I. Molina, M. A. Redondo, and M. Ortega, "Cole-Programming: Shaping Collaborative Learning Support in Eclipse," *IEEE Rev. Iberoam. Tecnol. del Aprendiz.*, vol. 8, no. 4, pp. 153–162, 2013.
- [15] J. M. Wing, "Computational Thinking. It represents a universally applicable attitude and skill set everyone, not just computer scientists, would be eager to learn and use," *Commun. ACM*, vol. 49, No. 3, 2006.
- [16] E. Espino and C. González, "Estudio sobre diferencias de género en las competencias y las estrategias educativas para el desarrollo del pensamiento computacional," *Rev. Educ. a Distancia.*, vol. 46, pp. 1–20, 2015.
- [17] J. A. Hurtado, C. A. Collazos, S. T. Cruz, and O. E. Rojas, "Child Programming: una estrategia de aprendizaje y construcción de Software basada en la l{ú}dica, la colaboraci{ó}n y la agilidad," *Rev. Univ. RUDIC*, vol. 1, no. 1, 2012.
- [18] MIT, "Scratch." p. <http://wiki.scratch.mit.edu>, 2008.
- [19] U. C. Mellon, "Alice," <http://alice.org/index.php>. 2003.
- [20] C. Fracchia, N. Baeza, and A. Martins, "ECDIA : Entorno Colaborativo para el Diseño e Implementación de Algoritmos," 2011.
- [21] J. A. Jiménez, M. A. Pavony Meneses, A. F. Álvarez, and Serna, "enseñanza de algoritmos y programación en ingeniería Integration environment of PBL and CSCL for teaching algorithms and programming in engineering," *Rev. Av. en Sist. e Informática*, vol. 5, no. 3, pp. 189–194, 2008.
- [22] J. A. Villalobos Salcedo, "Proyecto Cupi2 – una solución integral al problema de enseñar y aprender a programar 10°," pp. 1–37, 2009.
- [23] R. Pérez Calderón, "Una Herramienta y Técnica p ara la E nseñanza de la P rogramación," 2008.
- [24] M. Kölling, B. Quig, A. Patterson, and J. Rosenberg, "The Blue] system and its pedagogy 1," vol. 13, no. 4, pp. 1–12, 2003.
- [25] N. Myller, *Collaborative Software Visualization for Learning : Theory and Applications*. 2009.
- [26] L. Concepts, A. Diwan, W. M. Waite, and M. H. Jackson, "PL-Detective : A System for Teaching Programming," 2005.
- [27] M. Á. Redondo, "Aprendizaje en grupo de la programación mediante técnicas de colaboración distribuida en tiempo real," pp. 351–357, 2004.

- [28] M. Esteves and a. J. Mendes, "A simulation tool to help learning of object oriented programming basics," 34th Annu. Front. Educ. 2004. FIE 2004., pp. 811–816, 2004.
- [29] C. Jo and A. J. Arnold, "A Portable and Collaborative Distributed Programming Environment The architecture of DPE," 2003.
- [30] N. Truong, P. Bancroft, and P. Roe, "A Web Based Environment for Learning to Program," vol. 16, 2003.
- [31] U. University Carnegie Mellon, "Alice.org," 2003. [Online]. Available: http://www.alice.org/index.php?page=what_is_alice/what_is_alice. [Accessed: 22-Apr-2014].
- [32] A. Vizcaíno, J. Contreras, J. Favela, and M. Prieto, "An Adaptive , Collaborative Environment to Develop Good Habits in Programming," pp. 262–271, 2002.
- [33] H. Suzuki and H. Kato, "Identity formation / transformation as the process of collaborative learning through AlgoArena," CSCL '97 Proc., pp. 280–289.
- [34] W. S. Humphrey, Introduction to the Personal Software Process, Addison We. 1997.
- [35] D. W. Jonhson, R. Jonhson, and E. Holubec, "Circles of learning (4th ed.)," 1993.
- [36] I. T. Monterrey, "Aprendizaje Colaborativo, técnicas didácticas," Programa de Desarrollo de Habilidades Docentes, 2008.
- [37] C. Collazos, L. Guerrero, and A. Vergara, "Aprendizaje Colaborativo: un cambio en el rol del profesor," 2012.
- [38] A. Escribano González, "Aprendizaje cooperativo y autónomo en la enseñanza universitaria," Enseñanza Teach. Rev. Interuniv. didáctica, vol. 13, pp. 89–104, 1995.
- [39] G. Lavigne, M. P. Vasconcelos Ovando, J. O. Sandoval, and L. M. Salas, "Explotación preliminar del aprendizaje colaborativo dentro un entorno virtual," vol. 12, no. 3, pp. 1–20, 2012.
- [40] D. W. Johnson and F. P. Johnson, "Joining Together: Group Theory and Group Skills," in Needham Heights, MA: Allyn & Bacon, 1997.
- [41] K. A. Bruffee, Collaborative Learning Higher Education, Interdependence and the Authority of Knowledge. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, Second Edition, 1999.
- [42] S. Feiner, B. Macintyre, and D. Seligmann, "Knowledge-based augmented reality," ACM, vol. 36, no. 7, pp. 53–62, 1993.
- [43] K. Hsiao and H. Rashvand, "Body Language and Augmented Reality Learning Environment," Fifth FTRA Int. Conf. Multimed. Ubiquitous Eng., pp. 246–250, 2011.
- [44] H. Kato and M. Billinghurst, "Marker tracking and HMD calibration for a video-based augmented reality conferencing system," in Augmented Reality. (IWAR '99) Proceedings. 2nd IEEE and ACM International Workshop on, 1999, pp. 35–51.

- [45] J. De La Torre Cantero, N. Martín Dorta, J. L. Saorín Pérez, and C. Carbonell Carrera, *Realidad Aumentada, Un Enfoque Práctico con ARToolKit y Blender*, Bubok Publ. Madrid (España), 2012.
- [46] C. Arribas, M. Gutiérrez, C. Gil, and C. Santos, “Recursos digitales autónomos mediante realidad aumentada,” *Rev. Iberoam. Educ. a distancia RIED*, vol. 17, pp. 241–274, 2014.
- [47] MIT, “Faster Maintenance with Augmented Reality,” *Technol. Rev.*, vol. 12, 2009.
- [48] K. P. Rodríguez Serrano, M. A. Maya Restrepo, and J. S. Jaén Posada, “Educación en Ingenierías: de las clases magistrales a la pedagogía del aprendizaje activo,” *Ing. y Desarro.*, vol. 30, no. 1, pp. 125–142, 2012.
- [49] E. Aronson, N. Blaney, C. Stephan, J. Sikes, and M. Snapp, *The Jigsaw Classroom*. Beverly Hills: Sage, 1978.
- [50] C. Collazos and J. Mendoza, “Cómo aprovechar el ‘aprendizaje colaborativo’ en el aula,” *Educ. y Educ.*, vol. 9, no. 2, pp. 61–76, 2006.

Pensamiento computacional como base de la formación contable

Javier Alejandro Jiménez Toledo⁴³
Deixy Ximena Ramos Rivadeneira⁴⁴

Resumen

Este artículo presenta los resultados de investigación obtenidos al diseñar una estrategia didáctica desde el área informática para el desarrollo del pensamiento computacional en la formación de Contadores Públicos. La investigación se desarrolló bajo el paradigma positivista, con enfoque cuantitativo, utilizando el método empírico analítico, bajo un tipo de investigación correlacional y con un diseño experimental basado en G1 X O2 y G2 – O3. Los datos obtenidos fueron analizados con técnicas de análisis paramétrico mediante las cuales se comprobó que la diferencia de los resultados cuantitativos obtenidos en el proceso académico entre los grupos experimentales y los grupos de control fue estadísticamente significativa, lo que concluyó el éxito del tratamiento experimental.

Keywords: Pensamiento computacional, formación contable, Contador Público, estrategia.

Introducción

La informática le permite un ahorro significativo de tiempo al Contador Público en tareas de clasificación y registro de datos, lo que le permite encargarse de

43. Facultad de Ingeniería, Institución Universitaria CESMAG. Pasto, Colombia. Correo electrónico: jajimenez@iucsmag.edu.co

44. Facultad de Ciencias Contables y Administrativas, Institución Universitaria CESMAG. Pasto, Colombia. Correo electrónico: dxramos@iucsmag.edu.co

actividades como el análisis y la interpretación de la información que brindan los programas informáticos, además, la informática le brinda al Contador destrezas en el uso de paquetes y programas computacionales, lo que conlleva a un análisis y síntesis de la información, capacidad de razonamiento, capacidad de percepción en las operaciones cotidianas de la empresa para lograr máxima eficiencia y cumplimiento de metas y habilidad de visualizar a la empresa como una unidad. Gracias a la informática, la contabilidad se puede aplicar en todo tipo de empresa, en organizaciones del Estado y en entidades sin ánimo de lucro, convirtiéndose ésta en una poderosa herramienta de información [1].

Por lo tanto, es oportuno que en el currículo de formación profesional para un Contador Público se tenga en cuenta enfoques basados en la solución de problemas que conlleven a estos futuros profesionales a ser reflexivos, autónomos, críticos, capaces de poseer, interpretar, usar el conocimiento y de participar en nuevos modelos de producción intelectual [2].

El área que abarca un Contador Público es muy amplia, no solo se dedica a llevar contabilidades de empresas, sino también, puede estar relacionado con diversas actividades como son los procesos de producción, acciones en la rama industrial, entre otras, además está facultado para dar fe pública de hechos propios del ámbito de su profesión, dictamina sobre estados financieros y realizar las demás actividades relacionadas con la ciencia contable en general, realizando actividades que implican organización, revisión y control de contabilidades, certificaciones y dictámenes sobre estados financieros, certificaciones que se expidan con fundamentos en los libros de contabilidad, revisoría fiscal, prestación de servicios de auditoría, así como todas aquellas actividades conexas con la naturaleza de la función profesional del Contador Público, tales como: la asesoría tributaria, la asesoría gerencial, en aspectos contables y similares [3], pero una cosa muy cierta es que, si alguna herramienta es importante para el Contador Público, que le ayude a agilizar y mejorar su trabajo es la computadora [4].

Por su parte, la aplicabilidad del software en la actualidad, como herramienta de gestión en diversos sectores de accionar humano, es sin duda una actividad importante en la formación y ejercicio profesional de muchas disciplinas que apoyadas en la automatización de procesos fortalecen los resultados del desempeño disciplinar. Por lo anterior, el desarrollo del pensamiento computacional juega un papel importante en la formación de muchos profesionales, entre ellos el Contador Público, quien por su ejercicio contable requiere de la utilización de herramientas de procesamiento numérico que van más allá de simples cálculos aritméticos y que son la base de procesos complejos que dan pie a la toma de decisiones gerenciales [5].

A su vez, el término Pensamiento Computacional fue popularizado por Jeannette M. Wing en el 2006 [6] desde entonces, ha venido cobrando gran importancia por ser considerado como una habilidad del Siglo 21, la cual deben desarrollar todas las personas para lograr ser competitivos en una economía global [6]. Existen distintas iniciativas y herramientas educativas para enseñar el pensamiento computacional [7] como ChildProgramming [8], Scratch [9], Alice [10], entre otros, lo que ha conllevado a que los sistemas educativos estén incorporando en sus currículos oficiales nuevos conocimientos relacionados con el pensamiento computacional [11].

Por otro lado, desde hace mucho tiempo se han realizado estudios que demuestran los problemas de la inadecuada incorporación de procesos computacionales en la formación del Contador Público, es así como Salmas en su artículo titulado “Impacto de la informática en la formación del Contador Público” concluye que la débil preparación académica en Informática del Contador Público lo limita en su ejercicio profesional, además, su función privativa de organizar sistemas y métodos de contabilidad constantemente es invadida por técnicos de programación de computadoras y profesionales de otras disciplinas provocando insatisfacción gerencial, y finalmente determina que la carencia de un lenguaje común revela la existencia de “informáticos que no saben Contabilidad y Contadores que no conocen informática” [12], lo cual contradice el principio que establece que el objetivo de la educación contable es la formación de contadores profesionales y competentes [13].

Dadas las condiciones tecnológicas actuales como producto de las exigencias del mercado, las nuevas realidades exigen a la profesión y disciplina contable consideraciones y recambios, lo cual ha suscitado enormes problemas, hasta llegar al incesante debate alrededor de la crisis de los procesos de formación contable, la falta de consideración de la dimensión disciplinar de la Contabilidad en un contexto dinámico que surge por la dificultad para mejorar la percepción de la realidad con nuevas herramientas cognoscitivas y que a diario se ve abocado por un cúmulo de exigencias de la sociedad que permanentemente se transforma a ritmos insospechados [14]. Es así, como en el caso particular de la Institución Universitaria CESMAG, específicamente en el programa de Contaduría Pública y por la experiencia vivenciada al orientar el componente informático, se tiene identificado la debilidad que presentan la gran mayoría de estudiantes al enfrentarse ante problemas básicos que requieren de un análisis inicial para así comprenderlos y modelarlos en herramientas computacionales como las hojas de cálculo, pero que en el intento fallan debido a que se enfatizan en tratar

de aplicar las opciones que le brinda el software y no en la comprensión del problema para finalmente automatizarlo de una manera lógica y ágil.

Con este estudio se construyó una estrategia didáctica que, utilizando elementos propios del pensamiento computacional, incorporó en la formación de Contadores Públicos el desarrollo de habilidades de análisis y diseño a partir de elementos o de formas específicas de pensamiento que le permitan modelar desde el componente informático diversas soluciones de su campo de aplicación a través de la utilización de hojas de cálculo.

Metodología

Debido a que el objetivo general planteado en esta investigación consistió en construir una estrategia didáctica para el desarrollo del pensamiento computacional en la formación de Contadores Públicos desde su componente informático y acorde con la definición de Ruiz que propone descomponer un todo en sus partes para estudiar en forma intensiva cada uno de sus elementos, así como las relaciones entre sí y con el todo [14], el presente estudio contempló las siguientes etapas para la construcción de dicha estrategia didáctica: preparación, recolección de información, análisis y diseño y generación de resultados que se describen continuación:

Etapas de preparación. Correspondió a la organización del proyecto de investigación en torno a los objetivos planteados, en esta etapa se revisó minuciosamente el cronograma de actividades planteado y aprobado y se ajustó según las condiciones iniciales de inicialización del proyecto.

Etapas de Recolección de información. Para caracterizar los procesos llevados a cabo en la enseñanza del componente informático fue necesario recopilar información de los syllabus a nivel regional, nacional e internacional del curso con el fin de establecer los elementos de competencia necesarios para abordar el saber conocer. De igual se analizaron y determinaron las prácticas de aplicación del pensamiento computacional que mejor se ajustan a las realidades y necesidades de formación del Contador Público

Etapas de análisis y diseño. En esta fase se analizó y diseñó la ruta metodológica que involucró técnicas de pensamiento computacional en el área informática de formación de Contador Público cuya solución sea aplicable a través de hojas de cálculo.

La ruta metodológica se realizó en dos etapas: en análisis de la información recolectada y el diseño del modelo. En la tabla 1 se presenta el resumen de la

propuesta metodológica para el desarrollo del pensamiento computacional en la formación de Contadores Públicos desde el componente informático, la cual se fundamenta en la metodología ágil de desarrollo de software denominada Método de desarrollo de sistemas dinámicos (Dynamic Systems Development Method DSDM) mediante la construcción de un Black-Box y sus respectivos diagramas de flujo antes de la utilización de la hoja de cálculo.

Tabla 1.
Resumen metodología

Metodología	
Modelado funcional	Diseño y construcción
Blackbox	Diagrama de flujo

La estrategia didáctica consistió en presentar al estudiante un enunciado el cual se analizó (Modelado funcional) mediante un artefacto (Black-Box) cuyo propósito fue determinar los requerimientos funcionales presentes en el ejercicio para luego modelarlos (Diseño) a través de un diagrama de flujo para finalmente asociarlos a la estructura de una hoja de cálculo (Construcción).

Generación de resultados. Una vez construida la propuesta metodológica, se validó con estudiantes del programa de Contaduría Pública de la Institución Universitaria CESMAG (Colombia) utilizando un grupo de control y otro experimental con el propósito de realizar una medición cuantitativa de acuerdo a las notas obtenidas las cuales fueron analizadas por modelos estadísticos que permitieron determinar la correlación existente entre ellas.

La investigación se desarrolló bajo el paradigma positivista, con enfoque cuantitativo, utilizando el método empírico analítico, bajo un tipo de investigación correlacional y con un diseño experimental basado en G1 X O2 y G2 – O3 donde se tomó dos grupo de usuarios: un grupo de experimental (G1) a quienes se les aplicó el tratamiento experimental (X) que consistió en la propuesta metodológica basada en pensamiento algorítmico, para luego aplicarles una postprueba (O2) con el propósito de determinar la incidencia del tratamiento. Además, se contó con otro grupo de control (G2) a quienes no se aplicó tratamiento experimental (X) y finalmente se les aplicó una postprueba O3. Los datos obtenidos fueron analizados con la distribución de probabilidad T de Student con la que se comprobó que la diferencia de notas entre los grupos experimentales y los grupos de control fue estadísticamente significativa, lo que concluyó el éxito del tratamiento experimental.

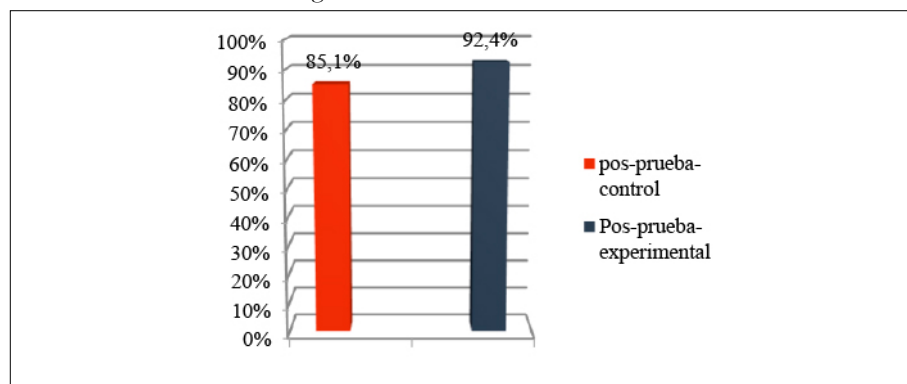
Resultados

El grupo de control fue conformado por los 25 estudiantes de sexto semestre del programa de Contaduría Pública de la Institución Universitaria CESMAG correspondientes al I periodo académico 2017 a quienes no se les aplicó tratamiento experimental y se trabaja con la metodología de enseñanza tradicional para luego aplicar la postprueba que consistió en el desarrollo de un cuestionario con el propósito de medir los conocimientos obtenidos.

Asimismo, El grupo experimental fue conformado por los 28 estudiantes de sexto semestre del programa de Contaduría Pública de la Institución Universitaria CESMAG correspondientes al II periodo académico 2017 a quienes se les aplicó tratamiento experimental que consistió en la propuesta metodológica basada en pensamiento computacional y finalmente se les aplicó la postprueba utilizada en el grupo de control.

Los resultados se muestran en la figura 1 que demuestra el número de preguntas correctas obtenidas en la postprueba del grupo de control vs el grupo experimental.

Figura 1.
Preguntas Correctas Post-Prueba



En la figura 1 se observa que el grupo de experimental obtuvo mayor cantidad de aciertos en sus respuestas que el grupo de control en el módulo de entradas y salidas referentes a procesamiento algorítmico.

Finalmente, se realiza un análisis estadístico para determinar mediante la distribución de probabilidad T de Student (la cual se utiliza para examinar la disimilitud entre dos muestras independientes y pequeñas) la diferencia que existe entre las respuestas correctas obtenidas por el grupo experimental y las del grupo de control en el cual se evidencia que los resultados estadísticos obte-

nidos por el grupo experimental G1 tienen un valor estadístico t (3,432465321) mayor tanto al valor crítico de t de una cola (1,812461123) como al valor crítico para dos colas (2,228138852) y el valor de P (para una y dos colas) es menor al 5%, lo cual concluye que la diferencia de respuestas correctas entre grupo experimental y grupo de control por cada unidad de estudio es estadísticamente significativa para $\alpha=5\%$ como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1.
Prueba T de Student

Ítems	Grupo Experimental	Grupo Control
Media	4,6731	3,5674
Varianza	0,1635	1,5910
Observaciones	28,0000	25,0000
Varianza agrupada	1,0472	
Diferencia hipotética de las medias	0,0000	
Grados de libertad	42,0000	
Estadístico t	3,43247	
$P(T \leq t)$ una cola	0,0006	
Valor crítico de t (una cola)	1,8125	
$P(T \leq t)$ dos colas	0,0011	
Valor crítico de t (dos colas)	2,2281	

Conclusiones y trabajos futuros

De acuerdo al análisis estadístico realizado demuestra la incidencia que tiene el tratamiento presentado en esta investigación en el grupo experimental frente al grupo de control, estableciendo que al incorporar estrategias didácticas adecuadas se obtienen resultados académicos que benefician de una manera directa a los estudiantes.

Los resultados de las respuestas correctas obtenidas en los dos grupos, están por encima del 80%, lo cual demuestra que hay una buena apropiación de conocimientos por parte de los estudiantes en forma general.

Los resultados de la postprueba con respuestas erróneas tanto en el grupo de control como en el experimental disminuyeron considerablemente, demostrando el interés de los estudiantes por las temáticas.

Como trabajo futuro se contempla la inclusión del estudio de estructuras condicionales, macros, filtros y demás elementos de gestión de datos necesarios en formación de un Contador Público.

Agradecimientos

Agradecimiento especial a la Institución Universitaria CESMAG y a su Vicerrectora de Investigaciones PhD (c) María Eugenia Córdoba por el apoyo incondicional y de igual manera a los integrantes del grupo de investigación Tecnofilia y Luca Paccioli.

Referencias

- [1] Padrón Villalobos Consultores, "La importancia de la informatica en la contaduría," 2014. [Online]. Available: <http://padronvillalobos.com/la-importancia-de-la-informatica-en-la-contaduria/>.
- [2] M. Márquez, "El desempeño docente de los Contadores Públicos a la luz de la sociedad del conocimiento," *Actual. Contab. FACES*, vol. 11, no. 17, pp. 40–56, 2008.
- [3] Congreso de Colombia, "Ley 43 de 1990," 1990, p. 21.
- [4] C. Arteaga, "La informática como herramienta de la profesión contable," Universidad Veracruzana, 2008.
- [5] C. Selby and J. Woollard, "Computational Thinking: The Developing Definition," *SIGCSE 2010*, pp. 6–9, 2010.
- [6] L. Y. Gómez, "Competencias Mínimas En Pensamiento Computacional Que Debe Tener Un Estudiante Aspirante a La Media Técnica Para Mejorar Su Desempeño En La Media Técnica De Las Instituciones Educativas De La Alianza Futuro Digital Medellín," UNIVERSIDAD EAFIT, 2014.
- [7] E. Espino and C. González, "Estudio sobre diferencias de género en las competencias y las estrategias educativas para el desarrollo del pensamiento computacional," *Rev. Educ. a Distancia.*, no. 46, pp. 1–20, 2015.
- [8] J. A. Hurtado, C. A. Collazos, S. T. Cruz, and O. E. Rojas, "Child Programming: una estrategia de aprendizaje y construcción de Software basada en la lúdica, la colaboración y la agilidad," *Rev. Univ. RUDIC*, vol. 1, no. 1, 2012.
- [9] MIT, "Scratch," 2008. .
- [10] U. C. Mellon, "Alice," <http://alice.org/index.php>. 2003.
- [11] J. Valverde, M. R. Fernández, and M. del C. Garrido, "El pensamiento computacional y las nuevas ecologías del aprendizaje," *RED - Rev. Educ. a Distancia*, vol. 46, pp. 1–18, 2015.

- [12] O. Zegarra, "El impacto de la informática en la formación del Contador Público: realidades y expectativas," *Quipukamayoc*, pp. 63–72, 1993.
- [13] M. G. Farias, T. Elizondo, R. Elizondo, and M. Cavazos, "# CPKM . De la información contable a la gestión del conocimiento en las organizaciones con apoyo de las tecnologías de información # CPKM . From accounting information to knowledge management in organizations with the support of information technologies," *Entreciencias*, vol. 3, no. 7, pp. 201–212, 2015.
- [14] R. Ruiz, *El Método Científico y sus Etapas*, Primera ed. México: Biblioteca las casas, 2007.

Diseño de un sistema interactivo colaborativo para el aprendizaje de la lectoescritura para niños con discapacidad cognitiva moderada

Catalina Ruiz, Sandra Cano⁴⁵

Resumen

Se presenta una propuesta de investigación para el desarrollo de un sistema interactivo colaborativo como un aporte en la implementación de una metodología utilizada para la enseñanza de lectoescritura a niños con discapacidad cognitiva moderada usando el método ABCDEspañol. Se aplica la metodología de diseño centrado en el usuario para diseñar un sistema interactivo que involucre elementos físicos y digitales de manera interactiva, de tal manera que se logre motivar al niño durante su aprendizaje.

Palabras clave: Discapacidad cognitiva moderada, ABCD Español, sistema interactivo, lectoescritura.

Introducción

La discapacidad se refiere a la existencia de una condición limitada debido a algún tipo de problema que la persona pueda presentar, sea de índole físico o mental. La discapacidad es una deficiencia que limita la capacidad de realizar una o varias actividades que se consideran parte de la vida cotidiana [1]. Ésta se clasifica en 4 niveles de profundidad, tales como: leve, moderada, profunda

45. Grupo LIDIS, Universidad de San Buenaventura, Cali. Correos electrónicos: catalinaruizv@gmail.com, Sandra.cano@gmail.com

y severa. Sobre todo, las personas con un grado moderado de discapacidad intelectual suelen reflejar un CI de entre 35-50 [2], que son las que se trabajan para esta propuesta de investigación.

Existe un rango muy amplio de personas que presentan diversas discapacidades, sin embargo, la tecnología ofrece ilimitadas oportunidades para estas personas con necesidades especiales en entornos educativos, laborales y sociales [3], por lo que gracias a los avances y logros que se han alcanzado en la actualidad, se reconoce la importancia que tiene la tecnología en la inclusión social de estas personas, de igual manera el aporte en la creación de aplicaciones y programas para la realización de terapias, procesos de aprendizaje, entre otros factores.

Principalmente, los niños con discapacidad cognitiva moderada ya que tienen un retardo mental, presentan un desarrollo más lento y limitado en procesos cognitivos como la atención y memoria a corto y largo plazo [4]. Estos niños se caracterizan porque el ritmo de aprendizaje es lento en comparación a un niño en condiciones normales, requieren de acompañamiento para la realización de ciertas actividades, presentan dificultad en el desarrollo de habilidades en relación al lenguaje y comportamiento social en general, entre otros aspectos. Esto exige contemplar estrategias de enseñanza diferentes para mejorar su aprendizaje.

La persona humana desarrolla diversidad de formas para comunicarse con la sociedad a través de la escritura y lectura. Ambos componentes son fundamentales para que el individuo pueda seguir aprendiendo a lo largo de su vida, además de facilitar la apertura de nuevas vías de comunicación de la persona para con su entorno, incluyendo la sociedad misma en la que se desenvuelve [5]. Por lo que, el hecho de que una persona tenga una discapacidad no la hace ajena a tener las mismas necesidades de comunicación, aprendizaje y desarrollo en su entorno, es por esto que los docentes buscan metodologías para que los niños puedan acceder al conocimiento, de igual manera trabajar en pro de que las tecnologías se adapten a sus necesidades.

Para adaptarse a una cultura escolar influyen las condiciones sociales de los alumnos, la programación curricular, estrategias de aprendizaje poco participativas, la no cooperación entre pares, entre otros aspectos, representando el origen de muchas de las barreras creadas por niños y jóvenes frente a la participación y aprendizaje escolar, sin embargo cabe destacar que entre todo esto, los alumnos con discapacidad constituyen el colectivo que históricamente ha estado más expuesto a las consecuencias de la segregación y exclusión [6].

En la discapacidad intelectual las personas presentan dificultades en el desarrollo de actividades tanto a nivel social como educativo y personal. Estas personas

suelen poder beneficiarse de trabajos poco cualificados y bajo la supervisión de otros. También pueden tener autonomía en el cuidado propio y su desplazamiento, pero sus habilidades conceptuales se desarrollan con lentitud, sin embargo su comunicación es eficiente. Las personas con esta discapacidad establecen relaciones con el entorno y con personas ajenas, pueden responsabilizarse de sus propias decisiones y participar en la vida social, aunque con ayudas y con un periodo de aprendizaje prolongado.

En este proyecto se quiere brindar la oportunidad de mejorar la implementación de una metodología para la enseñanza de lectoescritura a niños con discapacidad cognitiva moderada, integrando la tecnología que brindará una mayor interacción y una mejor retroalimentación para los niños. De igual manera se quiere aportar a la formación de estas personas que merecen ser incluidas dentro de la sociedad.

Por otro lado, un sistema interactivo colaborativo implica un aprendizaje colaborativo. Este método de aprendizaje se refiere a la actividad de pequeños grupos desarrollada en el salón de clase. Dentro de cada equipo los estudiantes intercambian información y trabajan en una tarea hasta que todos sus miembros la han entendido y terminado, aprendiendo a través de la colaboración y desarrollando habilidades, actitudes y valores tales como: capacidad de análisis y síntesis, habilidades de comunicación, actitud colaborativa, disposición a escuchar, tolerancia, respeto y orden, entre otras más [7].

Esos sistemas que actúan de interconexión entre personas y que favorecen la realización de las tareas y el alcance de los objetivos propuestos es lo que se denomina Sistemas Interactivos [8].

Este artículo presenta la siguiente estructura. En la sección 2 se describen trabajos que han propuesto y que están relacionados con la investigación. En la sección 3 se realiza una breve descripción del problema. En la sección 4, se describe brevemente el concepto de aprendizaje colaborativo. En la sección 5, se describe la metodología del diseño del sistema interactivo. Por último, en la sección 5 se despliega unas conclusiones y trabajo futuro.

Trabajos relacionados

Los niños con discapacidad tienen unos objetivos educativos. La diferencia con un niño sin discapacidad radica en la necesidad de realizar algunas adaptaciones para poder suplir las necesidades de estas personas y lograr un entorno propicio para su participación[9].

Hoy en día, la tecnología ha asumido el reto de crear o proporcionar aquellas técnicas específicas necesarias para que aquellas personas con necesidades educativas especiales puedan tener acceso a una educación y un aprendizaje óptimo.

Se han realizado algunas investigaciones donde se integran las tecnologías de la información (TICs) como una alternativa para ser un apoyo en los procesos de educación. Divermates [10], es un proyecto que va dirigido a niños con Síndrome de Down. Éste pretende ser una herramienta didáctica que acerque el conocimiento de las matemáticas a los niños y los docentes. Divermates[10], implementa un sistema de interacción mediante interfaces accesibles que se adapten a las condiciones de los niños.

Este proyecto se compone de una pizarra que permite escribir los números y contiene un borrador que cumple su función tal y como lo realizaría en papel, facilitando así al niño la comprensión de lo que está haciendo. Este proyecto también cuenta con un diagnóstico automático de errores, el cual permite categorizarlos partiendo de una tabla base que contiene el tipo de errores que pueden ser cometidos por el niño, permitiendo así formular métodos para erradicarlos. Finalmente, incluye también un sistema de auto-aprendizaje, donde existe una retroalimentación para que el niño logre de manera autónoma enriquecer sus conocimientos y trabajar en pro de aquello que debe mejorarse.

Un proyecto propuesto por Durango et al.[11], el cual usa objetos reales para el desarrollo de terapias. La metodología se realiza de tal manera que el niño pueda interactuar con estos objetos. El sistema interactivo va dirigido hacia niños con necesidades especiales, y es utilizado por los terapeutas para la asociación de diversos elementos reales con su respectiva representación gráfica en pro de brindarle a los niños una herramienta para aprender un nuevo sistema de comunicación alternativo. El sistema interactivo fue diseñado en el contexto del Centro de Desarrollo Infantil y Atención Temprana (CDIAT), donde fue expuesto a una prueba piloto con niños con algún tipo de discapacidad cognitiva, entre ellas deterioro específico del lenguaje, trastorno del espectro autista o dificultad para la atención, arrojando resultados favorables respecto a la agilidad con la que los niños logran el objetivo de aprendizaje, que en este caso es la asociación de las frutas tangibles y reales con su respectiva representación gráfica a través del panel interactivo, utiliza una pulsera simple hecha de papel aluminio y velcro que proporciona un circuito eléctrico cerrado entre la fruta y la placa Arduino.

Por otro lado, Lozano et al.[12], involucra dos técnicas de interacción, las cuales son: Co-Brain Training y TraInAb. Estas técnicas están basadas en interfaces

de usuario tangibles, diseñadas bajo la tecnología NFC (en inglés, Near field communication) que en español traduce comunicación de campo cercano. Estas dos técnicas de interacción suponen dar forma física a la información digital. Es por esto, que se dice que estas técnicas son una combinación de elementos hardware y software que proporciona una forma para que los usuarios lleven a cabo una única tarea. Se pretende simular la forma en la que por lo general el usuario trabaja en su entorno, es decir, concentrarse en una tarea en particular e interactuar con los objetos cotidianos dentro de su espacio.

El sistema propuesto por Lozano et al. [12] tiene como objetivo dar mecanismos simples y novedosos de interacción para entornos distribuidos. El uso de la interacción tangible debe ser simple e intuitiva, utilizar elementos comunes que son asimilados fácilmente por los usuarios y éstos no necesitan un conocimiento previo del sistema o dispositivo para utilizarlo.

Proponen dos prototipos para la evaluación de estas técnicas. En primer lugar está el prototipo Co-Brain Training [13]. Éste es un juego colaborativo e interactivo basado en una interfaz de usuario distribuido y tangible con el fin de apoyar la formación cognitiva. Las técnicas de interacción consisten en llevar el dispositivo móvil cerca de una interfaz tangible.

En segundo lugar está TraInAb [14] es un juego interactivo y de colaboración diseñado para estimular a las personas con discapacidad intelectual. El usuario puede interactuar con el sistema a través de objetos cotidianos, como cartas, juguetes, monedas, entre otros. Los usuarios sólo tienen que llevar el objeto o interfaz tangible hacia el dispositivo móvil.

Por último, un proyecto propuesto por estudiantes de la Universidad de San Buenaventura de Cali como trabajo de grado en el programa de ingeniería Multimedia, donde crearon el juego ABCD-Español [15] de manera digital a partir de un juego físico llamado ABCDEspañol, el cual fue creado por Javier González [15].

Dentro de la aplicación se han desarrollado algunos niveles similares a los relacionados con el juego físico. Estos niveles contienen un conjunto de imágenes o palabras que los niños deben asociar sea la relación: imagen a imagen, imagen a palabra o palabra a palabra.

Las imágenes o palabras se asemejan a una ficha similar a la del juego físico, el niño debe arrastrar esa ficha hasta la posición correcta, de hacerlo de manera acertada la ficha se mantiene en posición, de equivocarse la aplicación se lo hace saber al niño dándole la oportunidad de intentarlo nuevamente.

La aplicación cuenta con un temporizador que lleva el tiempo que el niño tarda en terminar el nivel, y así mismo una metodología de premiación por medio de estrellas.

Descripción del problema

Hoy en día, el instituto Tobías Emanuel en Cali - Colombia, cuenta con niños con discapacidad cognitiva (moderada y profunda), con los cuales se ha incorporado desde hace casi dos años una metodología de enseñanza para la lectoescritura llamada ABCD Español, propuesta por el profesor Javier González [16].

Inicialmente, esta metodología fue diseñada para alfabetizar adultos. Sin embargo, ha sido implementada con niños sin discapacidad y ha generado muy buenos resultados.

ABCD-Español, cuenta con un tablero donde se depositan un conjunto de fichas compuestas por una palabra y un dibujo correspondiente, de igual manera el juego dispone de una serie de plantillas en papel similares a las de un juego de lotería, estas plantillas incorporan niveles de complejidad. Cada plantilla tiene una serie de dibujos y palabras sea a color o sin color y otras que poseen palabras incompletas.

El juego es orientado por un docente, quién da las instrucciones respectivas de aquello que se debe realizar, el ABCD Español [17] se trabaja de manera grupal, grupos de 3 a 4 estudiantes, lo que incentiva el trabajo en equipo al apoyarse a realizar las actividades sin competencia y respetando el turno del compañero.

El instituto Tobías Emanuel ha decidido implementar este juego y aplicar la metodología en la enseñanza de la lectoescritura para los niños con discapacidad cognitiva moderada. Sin embargo, esto implica que los diferentes elementos que componen esta metodología no van dirigidos directamente a niños que presenten esta condición, lo cual representa un problema para el desarrollo, implementación y adaptación de la misma.

La problemática parte inicialmente de que el juego al no contar con un sistema interactivo que involucre las Tecnologías de la Información (TICs) no permite implementar una interacción y retroalimentación autónoma del juego. Por otro lado, la exigencia del juego en ocasiones puede superar las capacidades de los niños en esta condición, es decir al no ser creado y diseñado para suplir las necesidades propias de una persona, en este caso un niño con discapacidad cognitiva, el juego no cuenta con un apoyo visual amplio y de fácil entendimiento, además, el vocabulario que conforma la metodología de enseñanza involucra

palabras que los niños no utilizan comúnmente dentro de la jerga que manejan, por lo que puede ocasionar una mayor dificultad de explicación para lograr la comprensión. Palabras tales como martillo, frascos, cráneo, triciclo, entre otras.

Por su condición, la dependencia de los alumnos hacia un docente que dirija la actividad y de las instrucciones es mucho mayor de la que sería para personas que no tengan una discapacidad cognitiva. Esto se considera como parte del problema a describir ya que la metodología no viene con una herramienta que juegue el rol de la persona que da las instrucciones. Es aquí donde también se quiere brindar una posible solución.

Este proyecto se plantea como la continuación de un trabajo de grado que fue realizado en la Universidad San Buenaventura de Cali del programa de ingeniería multimedia [15], cuyo aporte fue generar una aplicación móvil para el juego físico ABCD-Español. El problema que se reconoce en el desarrollo o implementación de la aplicación principalmente radica en que los niveles actuales de la aplicación presentan un grado de complejidad mayor a la capacidad real de asimilación o aprendizaje de los niños. La aplicación propuesta de igual manera no representa una solución tangible para la dependencia de los niños sobre la persona que da las condiciones de juego y también se considera necesario mejorar el sistema de premiación o reconocimiento de las acciones de los niños ya existente en la aplicación.

A su vez, se requiere encontrar una actividad complementaria que permita conservar la metodología de aprendizaje colaborativo utilizada con el juego físico para el desarrollo y aprendizaje de otras áreas en el contexto educativo de los niños usando las tecnologías interactivas. Por lo que, se quiere brindar una solución a toda la problemática identificada, y dándole continuidad al mejoramiento y el cumplimiento de los requerimientos y necesidades propias de los niños en la Institución Tobías Emanuel de Cali-Colombia.

Aprendizaje colaborativo

El aprendizaje colaborativo (AC) se refiere a la actividad de pequeños grupos desarrollada en el salón de clase. Aunque el AC es más que el simple trabajo en equipo por parte de los estudiantes, la idea que lo sustenta es sencilla: los alumnos forman “pequeños equipos” después de haber recibido instrucciones del profesor, dentro de cada equipo los estudiantes intercambian información y trabajan en una tarea hasta que todos sus miembros la han entendido y terminado, aprendiendo a través de la colaboración [18].

El AC no es sólo un conjunto de pasos para trabajar de manera ordenada en un grupo, mucho más que eso, es una filosofía de vida en la que los participantes tienen claro que el todo del grupo es más que la suma de sus partes. Sin embargo este aprendizaje se caracteriza por la autonomía con la que cada alumno logra realizar las actividades. A la vez, permite el desarrollo de habilidades, actitudes y valores. Por ejemplo: capacidad de análisis y síntesis, habilidades de comunicación, actitud colaborativa, disposición a escuchar, tolerancia, respeto y orden. Es precisamente en este aspecto que radica el beneficio que reciben los alumnos de esta metodología de aprendizaje, porque junto al conocimiento académico que obtienen van ligados una serie de elementos que también son importantes en el proceso formativo.

Dentro de las estrategias existentes para el aprendizaje colaborativo, cabe mencionar las siguientes: La solución de casos, método de trabajo por proyectos, aprendizaje basado en un problema, análisis y discusión en grupos y debates [19]. Sin embargo, lo que aún inquieta en el aprendizaje colaborativo es cómo tener en cuenta dos roles en el proceso de aprendizaje, (1) resultados de aprendizaje que pueden obtenerse, y (2) capacidad de cada actividad.

Por último, es importante tener en cuenta que el aprendizaje colaborativo toma en cuenta las teorías de Piaget [19] y Vygotsky [20]. Para Piaget es la interacción de los participantes, ya que el participante dice cosas que pueden servir para la re-estructuración cognitiva. Mientras que para Vygotsky plantea la interacción entre lo social y el desarrollo cognitivo del individuo, el cual desarrolla con base a esto la teoría sobre “la zona de desarrollo próximo”.

Hoy en día, el instituto Tobías Emanuel implementa la metodología del aprendizaje colaborativo. En las aulas de clase es indispensable el respeto por los compañeros, ejercer el liderazgo, el trabajo en equipo, mantener la disciplina y el orden, la tolerancia, la creatividad y proposición de los niños y el apoyo constante de unos a otros.

Metodología

La metodología que se trabaja para el desarrollo de este proyecto es la metodología de diseño centrado en el usuario.. Siguiendo las fases como: (1) definición de los requerimientos del usuario / análisis del perfil del usuario; (2) Diseño de la interacción física y digital; (3) Desarrollo del prototipo; (4) Evaluación.

Participantes

Los participantes son 5 niños del Tobías Emanuel entre edades de 9 a 16 años de género masculino, diagnosticados con discapacidad cognitiva moderada. Para la selección de estos niños se tomaron 3 niños que se encuentran en proceso de aprendizaje del método ABCD-Español, por lo tanto su nivel de lectoescritura es muy bajo, el cual uno de ellos tiene síndrome de Down. Un cuarto niño cuyo nivel de lectoescritura es alto pero aprendió con otro método, por lo que no conoce el juego físico ABCD-Español. Por último, un niño con alto nivel de lectoescritura que aprendió con el método ABCD-Español.

Requerimientos y análisis del perfil

Un primer acercamiento se realizó al asistir a una clase de lectoescritura donde los niños utilizan el juego físico ABCD-Español, como se observa en la Fig. 1. La interacción consiste de 3 pasos, estos son: (1) los niños trabajan de manera colaborativa con el juego ABCD-Español, donde la profesora nombra a un líder del grupo, quién tendrá la función de coordinar el turno de cada niño. (2) Una vez se construye todo el tablero con las fichas, la profesora comienza a que seleccionar un conjunto de actividades, el cual consiste en buscar formación de bisílabos que se formen en alguna de las fichas. Por último, en el (3) los niños salen al tablero, donde deben dibujar la palabra que la profesora pronuncia en voz alta.

Se observó que hay una participación activa de todos los niños, que trabajan de manera colaborativa en grupos de 4 o 5 niños. Además, la docente organiza las mesas de trabajo según el nivel de alcance de cada niño, clasificando así las actividades que deben realizar. También, se observa que en ocasiones, el juego se realiza de manera mecánica, por lo que da porque el juego sea repetitivo, lo cual se observa que algunos niños ya se saben de memoria la ubicación de las fichas o los dibujos en la cartilla.

También se observó, que el objetivo principal del tablero es que el estudiante desarrolle la capacidad de percibir las representaciones icónicas y asimile a la realidad. Para enseñarles cada una de las palabras se apoyan de herramientas multimedia que les permita mostrar en un ambiente real que corresponde tal objeto de la figura. Por ejemplo el xilófono lo conocen porque el docente les ha mostrado un video de cómo funciona el xilófono. Cuando logran hacer esta asociación de imagen con la realidad se memorizan el significado. Además lo refuerzan dibujando el objeto en sus cuadernos como una estrategia para memorizar el significado de la palabra.

Figura 1.
Trabajando el juego ABCD-Español en el Instituto
Tobías Emanuel, Cali-Colombia



También, se ha identificado que la edad no es muy importante, ya que se pueden tener niños desde 9 años hasta 16 años en un mismo salón, pero que tienen algunos un nivel de lectoescritura más bajo que otros. Sin embargo, todos han sido diagnosticados con discapacidad cognitiva moderada. Otro aspecto importante es que el niño o adolescente con discapacidad cognitiva moderada su apariencia física a similar a un niño de 7 años dependiendo de la edad. Por lo que no puede realizarse un análisis considerando la edad. Además cada una de las actividades que realizan entre ellos, no pueden competir, ya que no todos un mismo ritmo de aprendizaje, lo que se quiere es que todos trabajen sin importar el tiempo que les toma.

A partir del desarrollo realizado en [19], se realizan unos ajustes en el número de fichas y niveles del juego de acuerdo al tablero físico, y se decide realizar una siguiente evaluación con los niños para observar su interacción (Fig. 2).

Figura 2.
Evaluación con el juego digital ABCD-Español



En la Fig. 3, se muestran los resultados obtenidos de una evaluación de satisfacción, el cual consta de 6 preguntas, las cuales son: (1) ¿ha comprendido la actividad que realizó?; (2) ¿fue claro la actividad?; (3) ¿ha realizado mucho esfuerzo para realizar la actividad?; (4) ¿disfruto de la experiencia?; (5) ¿tuvo concentración al realizar la actividad?; (6) ¿ha comprendido claramente la actividad?.

Figura 3.
Resultados de la Evaluación de Satisfacción con el
juego ABCD-Español digital.



Como se observa en los resultados obtenidos, el niño 1 tuvo mayor dificultad en la respuestas a las preguntas 2 y 6, el cual corresponden a la comprensión de la actividad. Esto se debe a que el niño tiene síndrome de Down y se le dificulto mucho realizar la actividad, ya que tenía un nivel de lectoescritura muy bajo. Mientras que el niño 2 solo tuvo problemas con la pregunta 5, el cual se relaciona si estuvo concentrado para realizar la actividad, a la cual respondió que No, debido a tiene un nivel de lectoescritura alto. Sin embargo el niño 5, aunque tiene un nivel de lectoescritura alto, tuvo problemas en las preguntas 3 y 6, ya que le tomó un mayor esfuerzo realizar la actividad, porque su visión no era buena, por lo que necesitaba de lentes, ya que no lograba leer de cerca las palabras correspondiente con la imagen. Por lo que, estos resultados han servido de apoyo para realizar mejoras con el prototipo.

En la evaluación realizada con los niños se obtiene las siguientes observaciones:

1. El juego tiene una animación al inicio, donde explica la manera en cómo debe interactuar con la Tablet. Sin embargo la mayoría de los niños se confundieron con la interacción, ya que al inicio intentaron darle clic a la ficha antes de arrastrarla y llevarla al lugar donde se encontraba la otra.
2. El evento de arrastre les toma mucho esfuerzo al comienzo.

3. El tamaño de las letras y del tablero debe ser mayor que el que se presento, ya que muchos de los niños necesitan gafas. El caso se presento con dos niños que tienen problemas de visión y se agotaron mucho visualmente al realizar la evaluación ya que se les dificultaba porque el tamaño de la letra era muy pequeña.
4. Mejorar la retroalimentación cuando hacen correctamente o incorrectamente la actividad.
5. Para los niños con nivel de lectoescritura bajo, el tercer nivel les tomó mayor dificultad, por lo que no lograron terminarlo.

A partir de las observaciones obtenidas se decide ajustar el grado de dificultad de cada uno de los niveles, de manera que se adapte a la capacidad real de los niños. Los niveles existentes se modificaran de modo que conserven la misma estructura que la metodología del juego físico ABCDEspañol. Los niveles son: (1) asociación imagen – imagen, (2) asociación imagen – imagen, donde están en posiciones aleatorias diferentes a las del tablero físico. (3) asociación texto-texto, por último un nivel (4), donde debe asociar dos silabas dentro de una palabra.

Para un mejor entendimiento y asimilación de la información en los niños. Los ajustes se realizarán en relación a colores y tipografía utilizada, de modo que sea grande y legible, los dibujos, en un tamaño amplio y sencillos, el vocabulario de fácil asociación a la vida cotidiana, conservando el utilizado en el juego original.

Diseño de interacción física /digital

Para involucrar más la interacción físico usando las tecnologías digitales, se propone implementar un dispositivo electrónico, con el objetivo de suplir la necesidad que expresan los niños de dependencia hacia el docente o persona encargada de dar a conocer las condiciones de juego, se propone un dispositivo electrónico (Fig. 4) que genera de manera aleatoria estas condiciones, entendiendo como tal, la combinación de las letras, sean vocales o consonantes necesarias para empezar y ejecutar el juego. Este dispositivo, podría ser encargado al niño que se desempeñe como líder en el grupo de niños que trabajan de manera colaborativa. Como se observa en la Fig. 4, las consonantes son representadas por el color amarillo y las vocales de color verde, por lo que el niño deberá buscar palabras que comiencen o terminen por “sa”.

Por otro lado, en la interacción física, se quiere incluir mayor motivación del niño y una retroalimentación de que realizan correctamente la actividad cuando trabajan colaborativamente. Por lo que, se decide otorgar puntuaciones cuando realizan de manera correcta la actividad. Por lo que, se propone implementar

un sistema de premiación tangible, creando tarjetas físicas (Fig. 5) que serían entregadas a cada niño una vez haya realizado correctamente la actividad, y de esta manera se incentiva a su desempeño.

Figura 4.

Dispositivo electrónico que genera las condiciones de juego

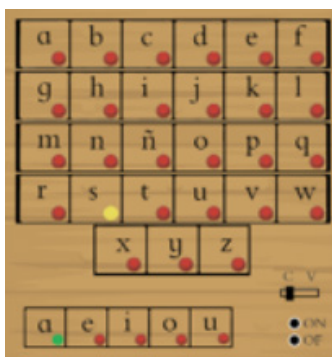


Figura 5.

Tarjeta física de premiación para incluir en el juego digital ABCD-Español



Como actividad complementaria para trabajar la parte colaborativa se propone un rompecabezas físico (Fig 6), el cual pueda ser armado por los niños que conforman el grupo de trabajo. De esta manera, se logra conservar la metodología colaborativa incentivando el alcance de un objetivo común. La propuesta es un rompecabezas, el cual contendrá una imagen que contextualiza cada una de las palabras del juego en un espacio real y cotidiano, logrando una mejor asociación del vocabulario aprendido con la vida diaria.

Desarrollo

El desarrollo del prototipo digital se ha realizado con Unity, donde se ha implementado diferentes niveles de dificultad. Por otro lado desarrollo del dispo-

sitivo físico, tiene como elementos hardware un Arduino UNO, diodos RGB y registros de desplazamiento, de tal manera que la interacción con el dispositivo es netamente visual.

Figura 6.
Rompecabezas en el juego ABCD-Español



Conclusiones y trabajo futuro

El diseño del sistema interactivo colaborativo propuesto cumple con el objetivo planteado de involucrar la tecnología como medio por el cual se pueda realizar la inclusión de personas con discapacidad cognitiva moderada en el ámbito de la educación.

La aplicación desarrollada y sus mejoras continuas permiten una interacción del niño con el juego y de igual manera una retroalimentación que motiva su proceso de aprendizaje e incentiva su autonomía.

Con la realización y el diseño del rompecabezas se logra que los niños alcancen un objetivo común, éste refleja el valor del todo del grupo partiendo de la suma de los aportes individuales.

El dispositivo electrónico planteado representa una oportunidad de independencia de los niños ante la necesidad de una persona que plantee las condiciones del juego.

El diseño de las tarjetas de premiación propuesto es una herramienta que incentiva y motiva el proceso de aprendizaje de los niños, logrando una competencia sana y un esfuerzo mayor para lograr los objetivos.

Se pretende seguir en el proceso de mejora constante del sistema interactivo colaborativo propuesto de manera que cada vez se logre un acercamiento mas preciso al juego ABCD Español original. De igual manera como aporte a la institución Tobías Emanuel, alcanzar todos los objetivos propuestos para lograr suplir las necesidades y requerimientos de la metodología implementada para la enseñanza de lectoescritura a niños con discapacidad cognitiva moderada.

Como trabajo futuro se debe evaluar el prototipo funcional del dispositivo electrónico y la actividad colaborativa con el rompecabezas. También se debe determinar algunas métricas que permitan evaluar la parte la colaborativa y la validación del modelo.

Agradecimientos

Instituto Tobías Emanuel Cali-Colombia

Referencias

- [1] Licona Hernández J.M., (2007). Los derechos humanos de las personas con discapacidad. Revista Quórum legislativo 89, p.123.
- [2] Psicología y Mente. Tipos de discapacidad intelectual - Diferentes grados de discapacidad. [<https://psicologiymente.net/clinica/tipos-discapacidad-intelectual>], última visita 20 de Febrero de 2017.
- [3] González C. S., Alicia Bruno, Lorenzo Moreno, María Noda, Rosa Aguilar, Vanessa Muñoz. (2003). Teaching Mathematics to Children with Down [s Syndrome. Artificial Intelligence.
- [4] Matices en educación especial. Características - Necesidades educativas especiales asociadas a discapacidad intelectual. [<http://maticesenec.blogspot.com.co/2013/04/necesidades-educativas-especiales.html>], última visita 20 de Febrero de 2017.
- [5] Definición ABC - Tu diccionario hecho fácil. (2007). Definición de lectoescritura. [<http://www.definicionabc.com/comunicacion/lectoescritura.php>], última visita 20 de Febrero del 2017.
- [6] Ministerio de Educación Gobierno de Chile, Unidad de Educación Especial. (2011). Orientaciones para dar respuestas educativas a la diversidad y las necesidades educativas especiales. Santiago de Chile: Atenas Ltda.
- [7] Investigación e innovación educativa - Centro virtual de técnicas didácticas del instituto tecnológico y de estudios superiores de Monterrey. (México 2010). ¿Qué es aprendizaje colaborativo?. [http://sitios.itesm.mx/va/dide2/tecnicas_didacticas/ac/qes.htm], última visita 11 de Noviembre de 2016.

- [8] Asociación Interacción persona - ordenador (AIPO Blog). Sistemas Interactivos e Interacción Persona Ordenador. Sistemas interactivos e IPO. [<http://www.aipoblog.es/2013/01/sistemas-interactivos-e-interaccion.htm>] última visita 13 de Octubre de 2017.
- [9] F. Cegarra Andrés, G. García Vilar. Intervención educativa en el alumnado con discapacidad intelectual(pdf). [<http://www.psie.cop.es/uploads/murcia/Intervención%20Discap%20Intelectual.pdf>], última visita 03 de Abril de 2017.
- [10] González C. S., Alicia Bruno, Lorenzo Moreno. (2007). Learning Mathematics in the diversity: Play wit divermates. Post-proceedings of the International Conference on Technology, Training and Communication, vol. 361.
- [11] Durango I, Alicia Carrascosa, Víctor M.R. Penichet, José A. Gallut. (2015). "Tangible Serious Games with Real Objects to Support Therapies for Children with Special Needs". Interacción '15 Proceedings of the XVI International Conference on Human Computer Interaction, Article No. 41.
- [12] Lozano M.D., Elena de la Guia, Víctor M.R. Penichet. (2014). "Interacting with Tangible Objects in Distributed Settings". DUI '14 Proceedings of the 2014 Workshop on Distributed User Interfaces and Multimodal Interaction, pages 15-18.
- [13] Guía, E. de la, Lozano, M.D., Penichet, V.M.R: Tangible and Distributed User Interfaces to Improve Cognitive Abilities within People Affected by Alzheimer's Disease. DUI 2013: 3rd Workshop on Distributed User Interfaces: Models, Methods and Tools. In conjunction with ACM EICS 2013 June 24th, 2013. London, UK. ISBN-10: 84- 616-4792-0 ISBN-13: 978-84-616-4792-7
- [14] Guía, E. de la, Lozano,M.D Penichet, V.M.R.: TrainAb: a solution based on tangible and distributed user interfaces to improve cognitive disabilities. In Proc. CHI EA 2013. ACM; 2013, p. 3039-3042. ISBN: 978-1-4503- 1952-2 doi>10.1145/2468356.2479605.
- [15] Javier Gonzalez. (2002). ABCD-Español: el juego de la lectoescritura. [<http://www.literacy4all.org>]. Última visita 15 de Septiembre del 2016.
- [16] Cerebro, corazón y manos: Pensar, sentir y hacer. abcd Español el juego de la lectoescritura. (2016). [<http://javiergonzalezquintero.blogspot.com.co/2016/01/abcdespanol-el-juego-de-la.html>], última visita 20 de Octubre del 2016.
- [17] Investigación e innovación educativa - Centro virtual de técnicas didácticas del instituto tecnológico y de estudios superiores de Monterrey. (México 2010). ¿Qué es aprendizaje colaborativo?. [http://sitios.itesm.mx/va/dide2/tecnicas_didacticas/ac/qes.html], última visita 11 de Noviembre de 2016.
- [18] Velasco Martha, Mosquera Fidel. PAIEP Estrategias didácticas para el aprendizaje colaborativo. (pdf) [http://acreditacion.udistrital.edu.co/flexibilidad/estrategias_didacticas_aprendizaje_colaborativo.pdf], última visita 25 de Enero de 2018.
- [19] Piaget J. Play, dreams and imitation in childhood, New York, 1962.

Promoting computational thinking skills to improve learning geometry for primary school students

Leovy Echeverría, Fernando Samir Moreno,
V́ctor Manuel Negrete⁴⁶
Mario Morales⁴⁷

Abstract

The computational thinking is a necessary skill for human life. However, to promote this competency in primary school students sometimes is hard and difficult for instructors. This article proposes a learning approach based on the use of a platform as part of a strategy of computational thinking to enhance learning geometry. Nowadays, a case study has been performing with primary school children from fourth grade at the Comfacor School. The aim of the study is to analyze the effects of the approach in the children's motivation.

Keywords: computational thinking, Moodle-G, learning geometry

Introduction

Learning geometry is a relevant activity for both primary and secondary school students. In this context, several research studies have been proposing strate-

46. Facultad de Ingeniería Informática, Universidad Pontificia Bolivariana. Montería, Colombia. Correos electrónicos: leovy.echeverria@upb.edu.co, Fernando.moreno@upb.edu.co, victor.negreteb@upb.edu.co.

47. Departamento de Matemáticas y Estadística, Universidad de Córdoba. Montería, Colombia. Correo electrónico: mamorales@correo.unicordoba.edu.co

gies to improve this type of learning [1]–[2]. However, the geometry learning sometimes is a complex process that involve cognitive aspects of visualization that are considered relevant for promoting the development of the students' skills to solve problems [3]–[4].

With the aim to improve the students' learning and help them to develop skills to solve problems, in the last years has been emerging a strategy known as Computational Thinking (CT) [5]–[6]. This strategy refers to an approach to problem solving that helps students to acquire logic skills [7]. In this sense, it could be proposed as an alternative that allow integrate technological aspects into the teaching geometry to promote computational thinking competencies such as the students' skills to solve problems.

In order to board the mentioned factors, this article presents an approach based on the use of a platform called Moodle-G as part of a strategy of computational thinking to improve the teaching-learning processes in the Mathematics courses taught at the primary school grades. Specifically, geometry learning in fourth grade learners.

The presented approach is based on a blended learning [8] model that allow mix face-to face activities with learning activities supported by a dynamic mathematics software called Geogebra [9] integrated into the Moodle system [9]. The result of the integration is a platform called Moodle-G. This platform has been used to help instructors to design learning activities to teach geometry.

To test the proposed approach, a case study has been performing with primary school children from fourth grade at the Comfacor School (Montería, Colombia). In this case, the students complete several exercises about the construction of geometric solids.

The article is structured as follows: next, we present the state of the art. The third section is a description of the approach and the environment. In the fourth section, we explain a case study. Finally, the article ends with some conclusions and future research issues (Fifth section).

State of the art

This section presents a review of several definitions of Computational Thinking (CT) and concepts related to Computational Thinking.

Computational thinking

Identify applicable funding agency here. If none, delete this text box.

CT has advantages due to the fact that it involves the understanding of the form and the structure of the information [10]. Additionally, CT is defined as the use of computer science concepts to solve a problem in any domain [11][12]. One of the main purposes of the CT is to integrate computational techniques into the disciplines or programs that require problem solving students' skills. In this sense, several works intend to incorporate CT into the curriculum. Some of these works propose to implement CT competencies into the primary grades, besides to continue into the secondary, and high Education courses [12].

This initiative requires the reformulation of teaching or pedagogical techniques. For instance, the teacher' preparation and provide them with information and knowledge about CT practices. And, to analyze the progress and students' understanding in this field can be studied. The definition of the Educational policy to embed these changes into the curriculum is an important challenge [12]. And the role of the computer science education community is relevant to promote algorithmic problem solving practices and help to encourage tools and computational methods across several areas of knowledge [13].

Concepts related to computational thinking

Identify applicable funding agency here. If none, delete this text box.

As the reviewed literature also includes several studies intending to incorporate concepts associated with CT [13], [14]. On one hand, it is important to highlight for instance, the made work to introduce ways of envisioning CT in K-12 classroom [14]. In this context, a structured model was proposed in [15]. This model focused on identifying nine core computational thinking concepts and capabilities. It provides several ways of how the CT concepts might be integrated in learning activities across several disciplines such as: computer science, math, science, social studies and language areas. The main proposed concepts were: data collection, data analysis, data representation, problem decomposition, abstraction, algorithms and procedures, automation, parallelization and simulation [16].

Furthermore, the work presented in [17] proposes a study to design CT curriculum for K-12 education. It shows that the core ability and training of CT are different in grades. Although in upper grades students can learn high-level skills of CT, they can develop these abilities from lower grades like k to 6.

Approach

This section shows a general description about the proposed approach and the environment.

General description

Considering that fourth graders have to develop several skills and acquire specific knowledge in mathematics area such as: compare, add, subtract, multiply, divide, do equations; and that they have also to solve problems about factors and multiples, and explore geometry formulas, identify and draw figures. Additionally, they do not only read graphics, tables, and geometric figures but should be able to create them from specific data. It is necessary to facilitate them the development of the mentioned skills. Specifically, encourage the students' cognitive aspects of visualization when they identify and draw geometric figures.

The mentioned factors motivated us to propose an approach of blended learning [18] that fosters the four graders' interest to learn geometry. Specially, this approach promotes the development of the students' computational thinking skills to learn geometry in an easy and funny way.

The proposed blended learning approach consists in the performing of face-to-face activities mixed with geometry learning activities supported by the Moodle-G platform. The face-to-face activities are integrated by lectures given by instructors and laboratory sessions. And the geometry learning activities are practice exercises supported by Moodle-G. These activities are used to facilitate primary school students to develop the understanding and the elaboration of geometric figures.

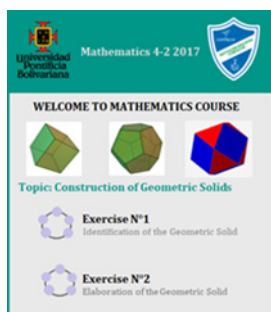
The environment

For the implementation of the proposed approach, a platform called Moodle-G was used at Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Montería (Colombia). This platform supports the design of learning activities from Geogebra [19], [20] into the Learning Management System (LMS) Moodle [21]. On one hand, the instructors can use the platform to script the learning activities and to evaluate students. On the other hand, the students can complete the activities and consult the ratings associated with each activity. These activities promote the development of students' computational thinking skills.

The platform Moodle-G is composed by two workspaces as follows: i) the instructor workspace and ii) the student workspace.

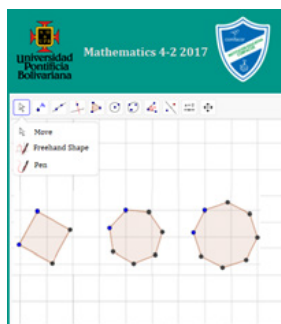
The instructor workspace is integrated by tools that help the instructor to define the learning activities from Geogebra into the LMS. Besides the instructor can rate the activities completed by the students. The Figure 1 presents a screenshot of the Moodle-G platform.

Figure 1.
Screenshot of the Moodle-G



The student workspace assists students to perform the geometry activities in Moodle system. The Figure 2 presents one elaboration exercise completed by one student into the Moodle-G.

Figure 2.
Screenshot with one example of Elaboration exercise



Experimentation

With the aim to perform an exploratory data analysis, one individual questionnaire was applied to one hundred eighty five students of five Colombian Schools: i) Comfacor (C), ii) Cecilia de Lleras (CL), iii) Policarpa Salavarrieta (PS), iv) Antonia Santos (AS) and v) Francisco José de Caldas (FJC).

The main objective of the mentioned questionnaire was to know the primary School students' interest to use a platform that helps them to learn geometry in an easy and funny manner. For this purpose, we intended to identify three elements: i) what kind of learning tools are being used by primary School students, ii) the students' opinion about the using of the learning tools, and iii) the students' opinion about the necessity to use a platform to learn geometry. The Table 1 presents the average age of the students surveyed per School discriminated by gender.

Table 1.
The average age of the primary school students

Gender	School	Mean	Median
F	AS	9.4	9
M	AS	9.4	10
F	CL	9.5	10
M	CL	9.6	10
F	C	9.6	10
M	C	9.6	9
F	FJC	9.5	10
M	FJC	10.4	10
F	PS	9.5	10
M	PS	9.7	10

The results of the questionnaire showed that the most used tools are the Web pages. The Table 2 presents the Learning tools used by the students at the Schools.

Table 2.
Learning tools known and used by the primary school students

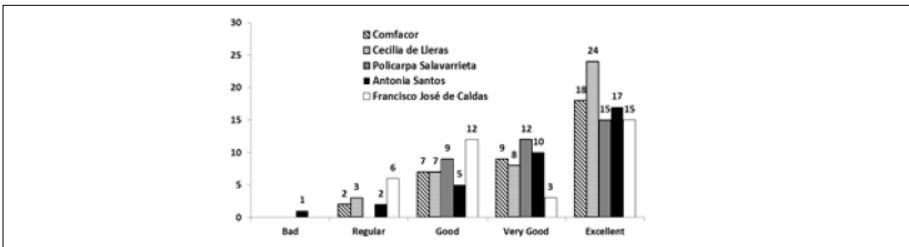
Tools	School				
	AS	CL	C	FJC	PS
Blog	1	1	1	0	0
Email	6	3	6	4	
Email, Web page	3	1	1	1	0
Email, Educational Software	1	0	0	0	0
None	2	13	7	16	4
Web page	11	18	16	11	26
Web page, Blog	6	0	2	0	0
Educational Software	3	1	1	0	4

Table 2.
Learning tools known and used by the primary school students

Tools	School				
	AS	CL	C	FJC	PS
Educational Software, Blog	1	0	0	0	0
Wiki, Educational Software	1	0	0	2	0
Email, Web page, Educational Software, Blog	0	1	1	0	0
Web page, Educational Software	0	2	0	0	1
Learning Platforms	0	1	0	0	0
Wiki	0	1	1	1	1
Email, Web page, Blog	0	0	0	1	0

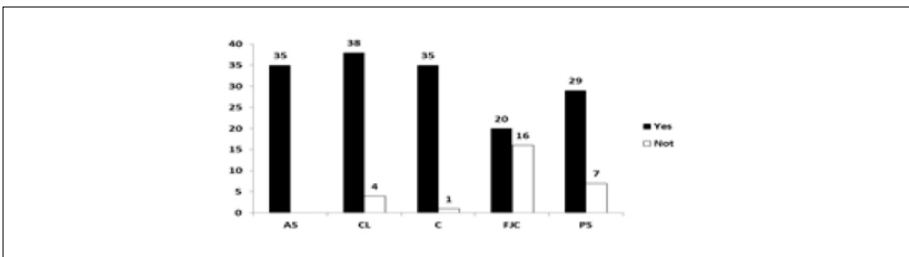
On the other hand, the results showed that 89 students agreed that using platforms to learn geometry might be excellent. The Figure 3 shows the students' opinion.

Figure 3.
Shows the students' opinion platforms to learn geometry



Finally, most of students agreed that is necessary to use a learning platform by supporting the teaching-learning processes of mathematics and specifically assists them in learning geometry. The Figure 4 shows the students' opinion about the necessity to use a platform to learn geometry.

Figure 4.
The students' opinion about the necessity to use a platform



This allowed us to corroborate the necessity to use a platform for assisting the instructors in the design of activities to teach geometry and to enhance the students' learning.

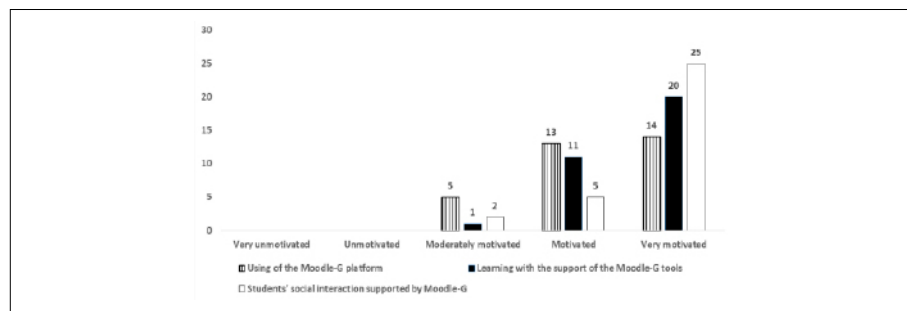
Currently, a case study is being carried out at the Comfacor School. In this study there are thirty one participants from fourth grade. The students complete learning activities supported by Moodle-G as part of the mathematics course.

On one hand, the instructor used the platform Moodle-G to add the educational material and to design the geometry learning activities. On the other hand, the students can consult the deliveries and the activities scripted by the instructor. Besides, they perform the geometry activities into the platform. These activities consist in practice exercises about the construction of the geometric solid. Two types of exercises are being completed by the students: i) identification and ii) elaboration of the geometric solid. When the students complete identification exercises, they have to select the figure related to a geometric solid. And, when they perform elaboration exercises, they can draw the geometric solid into the Moodle-G platform.

The students perform exercises related to three subtopics: prisms, pyramids and round bodies. Nine exercises in total were carried out by the students with the Moodle-G assistance.

Additionally, an individual survey was answered by the students. The aim of the mentioned survey was to know the levels of the students' motivation associated with three elements: i) using of the Moodle-G platform, ii) learning with the support of the Moodle-G tools and iii) students' social interaction supported by Moodle-G. The Figure 5 shows the main results.

Figure 5.
The levels of the students' motivation



Conclusions and future work

In this article, we have outlined a learning approach based on the use of a platform as part of a strategy of computational thinking to improve the primary school students' geometry learning. Additionally, a platform called Moodle-G was used at Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia. This platform supports the design of learning activities from Geogebra into the Moodle system.

One case study was presented in this article. This study is being carried out on thirty one fourth graders at the Comfacor School (Montería, Colombia). On one hand, the students are completing nine exercises associated with identification and elaboration of the geometric solid. On the other hand, the instructor used Moodle-G to add the educational material, to define and to rate the exercises completed by the students. The students' motivation was analyzed. Positive results in the students' motivation were found. Specifically, the most of the students felt very motivated with the social interaction supported by the Moodle-G platform

Acknowledgment

This research was partly funded by UPB Montería project number 018-03/16-SI007 and e-Madrid project, number S2013/ICE-2715. Besides, the participation of the Comfacor School in the city of Montería is acknowledged and appreciated.

References

- [1] M. Dogan and R. Icel, "The Role of Dynamic Geometry Software in the Process of Learning: GeoGebra Example about Triangles," *Int. J. Hum. Sci.*, vol. 8, no. 1, pp. 1441–1458, 2011.
- [2] K. K. Bhagat and C. Y. Chang, "Incorporating GeoGebra into geometry learning-A lesson from India," *Eurasia J. Math. Sci. Technol. Educ.*, vol. 11, no. 1, pp. 77–86, 2015.
- [3] R. A. Saha, A. F. M. Ayub, and R. A. Tarmizi, "The effects of GeoGebra on mathematics achievement: Enlightening Coordinate Geometry learning," in *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2010, vol. 8, pp. 686–693.
- [4] N. Sinclair and C. D. Bruce, "New opportunities in geometry education at the primary school," *ZDM*, vol. 47, no. 3, pp. 319–329, 2015.
- [5] R. Marrades and Á. Gutiérrez, "Proofs produced by secondary school students learning geometry in a dynamic computer environment," *Educ. Stud. Math.*, vol. 44, no. 1–3, pp. 87–125, 2000.

- [6] M. T. Battista, "Spatial visualization and gender differences in high school geometry," *J. Res. Math. Educ.*, vol. 21, no. 1, pp. 47–60, 1990.
- [7] Á. Gutiérrez, "Visualization in 3-Dimensional Geometry: In Search of a Framework," *Proc. 20th PME Conf.*, vol. 1, pp. 3–19, 1996.
- [8] H. Kaufmann, D. Schmalstieg, and M. Wagner, "Construct3D: A Virtual Reality Application for Mathematics and Geometry Education," *Educ. Inf. Technol.*, vol. 5, no. 4, pp. 263–276, 2000.
- [9] J. A. Qualls and L. B. Sherrell, "Why Computational Thinking Should Be Integrated Into the Curriculum," *J. Comput. Sci. Coll.*, vol. 25, no. 5, pp. 66–71, 2010.
- [10] L. Wolf, A. Yadav, J. Good, M. Margaritis, and M. Berges, "Computer Science (CS) and Computational Thinking (CT) International Perspectives on Developing Student and Teacher Competencies," in *SITE—Society for Information Technology and Teacher Education*, 2015, pp. 7633–7636.
- [11] V. Barr and C. Stephenson, "Bringing Computational Thinking to K-12: What is Involved and What is the Role of the Computer Science Education Community?," *ACM Inroads*, vol. 2, no. 1, pp. 48–54, 2011.
- [12] G. Keren and M. Fridin, "Kindergarten Social Assistive Robot (KindSAR) for children's geometric thinking and metacognitive development in preschool education: A pilot study," *Comput. Human Behav.*, vol. 35, pp. 400–412, 2014.
- [13] G. Gadanidis, "Five Affordances of Computational Thinking to support Elementary Mathematics Education," *Jl. Comput. Math. Sci. Teach.*, vol. 36, no. 2, pp. 143–151, 2017.
- [14] G. Gadanidis, J. M. Hughes, L. Minniti, and B. J. G. White, "Computational Thinking, Grade 1 Students and the Binomial Theorem," *Digit. Exp. Math. Educ.*, vol. 3, no. 2, pp. 77–96, 2017.
- [15] J. M. Wing, "Computational thinking," *Commun. ACM*, vol. 49, no. 3, p. 33, 2006.
- [16] C. R. Graham, "Blended learning systems," in *CJ Bonk & CR Graham, The handbook of blended learning: Global perspectives, local designs*. Pfeiffer, 2006, p. 32.
- [17] "Geogebra," 2018. [Online]. Available: <https://www.geogebra.org/?lang=es>. [Accessed: 28-Feb-2018].
- [18] "Moodle," 2015. [Online]. Available: <https://moodle.org/>. [Accessed: 01-Jan-2015].
- [19] G. Michaelson, "Teaching Programming with Computational and Informational Thinking," *J. Pedagog. Dev.*, vol. 5, no. 1, pp. 51–65, 2015.
- [20] H. C. Chuang, C. F. Hu, C. C. Wu, and Y. T. Lin, "Computational Thinking Curriculum for K-12 Education--A Delphi Survey," in *2015 International Conference on Learning and Teaching in Computing and Engineering, LaTiCE 2015*, 2015, pp. 213–214.

- [21] C. R. Graham, "Blended learning systems: Definition, current trends, and future directions," in *Handbook of blended learning Global perspectives local designs*, 2006, pp. 3–21.

Lenguaje de patrones de interacción para el diseño de productos de software centrados en la experiencia de usuario

Yuliana Puerta Cruz, Edward Alejandro Macias Gil⁴⁸

César A. Collazos⁴⁹

Toni Granollers Salvietri⁵⁰

Abstract

In this article we present the progress of the process of development and implementation of a language of interaction patterns for the design of interactive systems focused on the user experience. From this proposal, a set of interaction patterns was initially designed, including from its definition facets of user experience, such as usability, communicability and multiculturalism. Later these patterns have been validated, obtaining desirable results in the scope interfaces that guarantee user experiences.

Keywords: user experience, interaction patterns, interactive systems.

Introducción

La Interacción Humano-Computador (IHC) es una “disciplina concerniente con el diseño, evaluación e implementación de sistemas computacionales in-

48. Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco, Cartagena, Colombia. Correos electrónicos: puertacruz@gmail.com, edumagi97@hotmail.com

49. Universidad del Cauca, Popayán, Colombia. Correo electrónico: ccollazo@unicauca.edu.co

50. Universidad de Lleida, Barcelona, España. Correo electrónico: antoni.granollers@udl.cat

teractivos para uso humano y con el estudio de la mayoría de los fenómenos que los rodean”. En [1] dejan ver que el principal objetivo de esta disciplina es la inserción del artefacto tecnológico (computador, dispositivos de mano, etc.) dentro del contexto social. La experiencia de usuario (UX) se define como: “Las percepciones y o respuestas que resultan del uso o anticipado uso de un producto, sistema o servicio” [2] y [3]. En [4] afirman que no es solo un buen diseño o interfaces de lujo, si no de crear experiencias positivas a través del uso del producto. Se consideran un conjunto de elementos o facetas que caracterizan a UX, a través del tiempo han sido estudiadas por diferentes autores, en [5] se lleva a cabo una revisión de estas, entre las cuales se incluye la usabilidad, aspectos emocionales, utilidad, jugabilidad, aspectos contextuales, entre otras.

Los patrones de interacción representan una solución a diversos problemas de diseño de interacción, estos buscan especialmente agilizar el desarrollo, permitiendo aplicar soluciones efectivas a problemas comunes evitando la necesidad de evaluar y reevaluar cada aspecto de un proyecto [6]. Un lenguaje de patrones es definido como la especificación de una serie de elementos (patrones) y sus relaciones (con otros patrones) de modo que se logró describir buenas soluciones a los diferentes problemas que aparecen en un contexto específico [7]. Desde el estado del arte, se evidencia el desarrollo de algunos patrones de interacción orientados a definir directrices de diseño de interfaces, algunos pocos consideran aspectos de experiencia de usuario. En esta propuesta se pretende integrar las facetas de UX desde la definición de un lenguaje de patrones, y posteriormente la implementación de estos en lenguajes para la descripción de interfaces que garanticen su uso desde el desarrollo de los sistemas interactivos.

Metodología

Esta propuesta se basa en la metodología de Borchers [7] para la descripción de patrones de interacción. A continuación se describen las actividades que han sido desarrolladas.

Definición de instrumentos para la descripción de los patrones

Los patrones requieren de una estructura que describa sus principales características, cada autor está en la libertad de definir los elementos que hacen parte de esta plantilla. Con este propósito se llevaron a cabo las siguientes actividades: revisión de las estructuras utilizadas por diversos autores de lenguajes de patrones de interacción, aplicación de una encuesta en la cual se identificó entre expertos los aspectos más relevantes de las estructuras de descripción de patrones, revisión de las heurísticas de evaluación de usabilidad, multiculturalidad y

comunicabilidad, con el objetivo de identificar como abordar estos aspectos de UX desde la plantilla propuesta, y por último, la definición de Plantilla Propuesta para la Descripción de Patrones de Interacción [8].

Mapeo de los patrones

En esta actividad se llevó a cabo una revisión general de los patrones de interacción que permitiera establecer una categorización que permita comparar las colecciones de patrones y transferir patrones de una colección a otra, para esto se utilizó la taxonomía propuesta por Baxley [9] en la que se definen 9 capas entre las que se encuentran: requerimientos, vista y navegación, layout, estilos, entre otras. Los lenguajes que se han revisado son: “interaction patterns in user interfaces” propuesto por Martin Van Wellie [10], Yahoo design pattern library [11] y UI patterns [12], entre otros. Considerando la relación directa que existe entre la Experiencia de Usuario y las Vistas y Navegación, se revisaron en mayor detalle los patrones de la categoría Vista y Navegación [13]. Posteriormente se hizo una revisión entre los patrones obtenidos sobre las funcionalidades sobre las cuales podrían ser aplicados al momento de aplicarlos. Como resultado se evidencia que las Interfaces Principales y las Búsquedas son una de las funcionalidades en las que más uso se les podría dar a estos patrones.

Definición formal de un lenguaje de patrones

Entre los patrones estudiados se adaptó el catálogo de patrones propuesto por Van Wellie (Van Wellie, 2008), para obtener un lenguaje de patrones, que desde su aplicación garantizara la obtención de interfaces con mejores experiencias de usuario. Se incluyeron aspectos de implementación y de experiencia de usuario. Esta adaptación se hizo en apoyo junto con un grupo de expertos del dominio, para lo cual se abrieron discusiones de diseño, esto con el fin de atender aspectos de experiencia de usuario desde el diseño, inicialmente se mantuvieron las consideraciones de diseño propuestas por Van Wellie.

Validación del lenguaje formal para la definición de patrones

Los patrones obtenidos a partir del proceso de adaptación hecho a los patrones de Van Wellie, fueron validados a partir del diseño y aplicación de un estudio de caso. Las siguientes consideraciones fueron tenidas en cuenta: Dos diseñadores de interfaces participaron en el proceso de diseño, dos escenarios fueron tenidos en cuenta, en ambos se entregó un conjunto de requerimientos a los diseñadores. En el primer escenario se diseñó la interfaz de búsqueda de forma tradicional y empírica, con el conocimiento del diseñador. Mientras que, en el segundo escenario, se diseñó otra interfaz con el uso de los patrones de interacción pro-

puestos. Se consideraron 3 usuarios expertos para realizar evaluación heurística de usabilidad, multiculturalidad y comunicabilidad de los prototipos diseñados (ev1, ev2, ev3) y finalmente se analizaron los resultados obtenidos.

Resultados parciales

Se desarrolló un pre diagnóstico para establecer diferencias en los conceptos de Usabilidad y Experiencia de Usuario, el cual ha permitido establecer diferencias claras entre como son aplicados estos conceptos desde el área empresarial y desde la academia, y así mismo indagar como en la actualidad son abordados ambos conceptos en el desarrollo de productos de software. Posteriormente se desarrolló una taxonomía de las técnicas de evaluación y algunas de metodología de diseño que se utilizan para conseguir el alcance de las facetas que componen la UX, las cuales han sido previamente identificadas. Se logró establecer una revisión de los principales lenguajes de patrones de interacción existentes, verificando su estructura y que facetas de Experiencia de Usuario incluyen en su definición. También se ha realizado la revisión del estado del arte del concepto de patrones de Interacción para el diseño de productos de software y de lenguajes de patrones.

Además se logró diseñar una estructura para la descripción de los patrones propuestos, que incluya aspectos de experiencia de usuario, tales como usabilidad, comunicabilidad y multiculturalidad. Esta plantilla se utilizó para adaptar el conjunto de patrones de Van Wellie [13] Logrando incluir aspectos de experiencia de usuario. Además se lograron mapear estos patrones para construir las relaciones entre los patrones utilizando la propuesta de [14]. Se diseñó un caso de estudio para validar estos patrones, en el cual se consideraron dos escenarios en los cuales se entregó a dos diseñadores unos requerimientos previamente definidos acerca de una interfaz de Búsqueda. En un primer momento diseñaban la interfaz de forma empírica, en un segundo momento utilizaban los patrones propuestos. Posteriormente, con los diseños obtenidos se llevó a cabo un proceso de evaluación de usabilidad, multiculturalidad y comunicabilidad utilizando instrumentos de evaluación heurística revisados y adaptados en esta propuesta. Los resultados de esta evaluación fueron analizados y se logra observar que los patrones llegan a mejorar aspectos de usabilidad en las interfaces.

References

- [1] Montañó, N, Michinel, José, Soriano, A (2005): Lo significativo en la Interacción Humano-Computador: una perspectiva educativa del diseño de software. Revista

- de Pedagogía, Vol. XXVI, Nº 77 Escuela de Educación Universidad Central de Venezuela Caracas, septiembre-diciembre de 2005.
- [2] Bevan, N. (2008). UX, Usability and ISO Standards. London: W3 9RG.
- [3] ISO. (2009). ISO FDIS 9241-210. : ISO.
- [4] Marc Hassenzahl (2013): User Experience and Experience Design. In: Soegaard, Mads and Dam, Rikke Friis (eds.). "The Encyclopedia of Human-Computer Interaction, 2nd Ed.". Aarhus, Denmark: The Interaction Design Foundation.
- [5] Masip, L. (2013). User experience methodology for the design and evaluation of interactive systems. Tesis Doctoral, Universidad de Lleida (Lleida, Spain). Disponible en: <http://www.tdx.cat/handle/10803/134762>
- [6] van Welie, M., & Troetterbeg, H. (2000). Interaction Patterns in user Interfaces. PLoP 2000.
- [7] Borchers, J. (2011). A Pattern Approach to Interaction Design. ACM Digital Library.
- [8] Puerta Cruz, Y., Collazos , C., Guerrero, J., & González, J. (2017). Template for Describing Patterns of Interaction and User Experience. En SOFTWARE ENGINEERING:METHODS MODELING AND TEACHING (Vol. 4). Bogotá, Colombia: BONAVENTURIANA
- [9] Baxley , B. (2003). Universal Model of a User Interface. Conference on Designing for User Experiences (págs. 1-14). New York - USA: ACM.
- [10] Van Wellie, M. (2008). Patterns in Interaction Design . Obtenido de <http://www.welie.co>
- [11] Yahoo! . (2016). Yahoo! Design Pattern Library . Obtenido de <https://developer.yahoo.com/ypatterns/>
- [12] UI Patterns. (2017). User Interface Design Patterns . Obtenido de <http://ui-patterns.com/>
- [13] Puerta Cruz, Y., Granollers Salvieteri, T., & Guerrero, J. (2017). Structure, organization and categorization of languages of interaction patterns. Interacción 2017. Cancún-México: ACM .
- [14] Seffah, A. (2015). Patterns of HCI Design and HCI Design of Patterns. Springer.

Modelo U-CLX

Gabriel M. Ramírez V.⁵¹
César Collazos

Abstract

The U-Learning model based on learning experiences and connective learning or U-CLX, is a model that proposes the use of the xAPI standard for the development of U-Learning, which allows managing ubiquitous collaborative learning

Keywords: Model, Connective Learning, Learning Experience, xAPI, and U-Learning.

Introducción

La evolución de la tecnología y la aplicación de la misma en la educación es inherente al proceso educativo de la sociedad actual, es una relación simbiótica donde las dos áreas se conectan para potenciar mutuamente los procesos de aprendizaje. En este sentido, la evolución tecnológica debe ser aplicada en los nuevos procesos educativos de tal forma que los estudiantes se eduquen de una forma prospectiva, adquiriendo las habilidades necesarias para afrontar los retos del futuro [1]. El U-Learning es un concepto asociado a la ubicuidad [2], en referencia a la posibilidad de estar presente en todas partes al mismo tiempo [3], es decir, se plantea que el proceso de aprendizaje puede ser realizado en cualquier momento, lugar, medio y contexto [4][5].

El U-Learning o aprendizaje ubicuo es – en términos generales el proceso de aprendizaje que se puede desarrollar en cualquier momento, tiempo, lugar,

51. Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones - FIET, Universidad del Cauca. Popayán, Colombia. Correos electrónicos: gmr@unicauca.edu.co, ccollazo@unicauca.edu.co

contexto y dispositivo [6]. Algunos autores definen el U-Learning como la evolución del E-Learning y el M-Learning, generando un nuevo modelo de aprendizaje [7]. Las características del U-Learning plantean desafíos en la parte pedagógica y tecnológica [8].

Descripción del problema

De acuerdo con la definición y las características del aprendizaje ubicuo, se puede evidenciar diferentes posibilidades y retos para desarrollar los procesos de aprendizaje de forma ubicua, mezclando las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, y la educación. Sin embargo, en el desarrollo actual de la tecnología, no se cuenta con sistemas tecnológicos que soporten procesos de aprendizaje de forma ubicua [8].

Los sistemas tecnológicos actuales que apoyan o soportan los procesos educativos y de aprendizaje, tienen limitaciones para realizar procesos educativos ubicuos, ya que su funcionamiento se enfoca en el uso de los navegadores web [9]. En este sentido, los sistemas de gestión de aprendizaje (o LMS en sus siglas en inglés) y los sistemas de gestión de contenidos de aprendizaje (o LCMS por sus siglas en inglés) basan su funcionamiento en el navegador web, por esta razón, no es posible extender y evolucionar los procesos de aprendizaje en múltiples contextos, tiempos, espacios, medios y dispositivos [9], de esta forma no se cumple con las características fundamentales del U-Learning.

Debido a la necesidad de contar con herramientas y estándares que soporten los requerimientos de las nuevas tecnologías ubicuas, se ha planteado el uso de un estándar basado en las experiencias del aprendizaje. El estándar seleccionado tiene tres denominaciones: xAPI, Tin Can API o Experience API (siglas que se refieren al mismo estándar) [10].

El estándar contempla el aprendizaje ubicuo, es decir, el desarrollo del aprendizaje en diferentes contextos; con diferentes elementos y tecnologías; Es por ello que define la forma de recolectar los datos de las experiencias de aprendizaje para almacenar, compartir, gestionar y analizar los datos de las experiencias de aprendizaje, a través del almacenamiento de datos en estructuras previamente definidas. Una de las problemáticas generadas es la gestión del U-Learning, teniendo en cuenta las bases teóricas y pedagógicas que lo soportan, así como también las metodologías y/o estrategias que más se adecúan al aprendizaje ubicuo desde la perspectiva pedagógica.

Problema de investigación

¿Con el diseño de un modelo U-Learning apoyado en el estándar de las experiencias de aprendizaje y el aprendizaje conectivo es posible aportar a la educación superior virtual?

Objetivo general

Diseñar un modelo U-Learning apoyado en el estándar de las experiencias de aprendizaje y el aprendizaje conectivo para la educación superior virtual.

Objetivos específicos

- Seleccionar y caracterizar el estándar xAPI, el aprendizaje conectivo, las metodologías, enfoques, estrategias educativas, lineamientos, tecnologías y teorías que comprenderá el modelo.
- Definir el conjunto de lineamientos para realizar un análisis cruzado entre el estándar xAPI, el aprendizaje conectivo, las metodologías, estrategias y tecnologías para construir el modelo.
- Plantear el componente pedagógico bajo el aprendizaje conectivo y el componente tecnológico bajo el estándar xAPI para la integración.
- Evaluar el modelo de integración del estándar xAPI con el aprendizaje conectivo para verificar las características y funcionalidades mediante un estudio de caso.

Metodología

La investigación se realizará bajo el enfoque de investigación mixta, de acuerdo con este enfoque se realiza una combinación de los enfoques cuantitativos y cualitativos. Esto permite tener una perspectiva amplia y profunda de la investigación, y tener una mejor exploración y explotación de los datos. El tipo de investigación a realizar en el proyecto es de tipo exploratorio, ya que esta permitirá tener una visión general del modelo que se pretende construir.

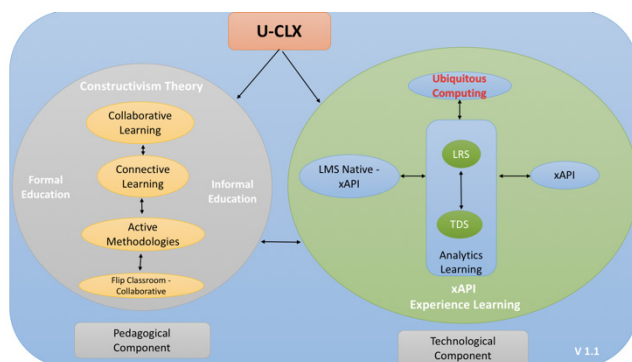
Avances de la investigación

Se pretende aportar al desarrollo del U-Learning mediante el diseño de un modelo que integre las experiencias de aprendizaje y el aprendizaje conectivo en la educación superior virtual, el cual permita gestionar y analizar los procesos

de aprendizaje colaborativos ubicuos de los estudiantes en todo tiempo, lugar, contexto, que permita generar el mapa de aprendizaje colaborativo ubicuo personalizado donde se evidencie la caracterización y evolución del aprendizaje de forma específica, a través de las experiencias de aprendizaje colaborativas [10]. El modelo U-Learning apoyado en las experiencias de aprendizaje y el aprendizaje conectivo o U-CLX, es un modelo que plantea el uso del estándar xAPI para el desarrollo del U-Learning.

A continuación, en la figura 1, se presenta el modelo U-CLX de forma general.

Figura 1.
Modelo U-CLC



El modelo U-CLX plantea el desarrollo de un modelo ubicuo colaborativo en donde se gestionan las experiencias de aprendizaje de los estudiantes.

Conclusiones

La investigación se ha enfocado en la búsqueda de tecnologías y estándares que soporten el desarrollo de los procesos de aprendizaje de forma ubicua, específicamente en el desarrollo de los procesos de aprendizaje colaborativos ubicuos, lo que ha permitido descubrir la necesidad de plantear una nueva definición de U-Learning que sea apropiada para la investigación y el uso de un estándar que permita la gestión del aprendizaje en U-Learning.

En este sentido se ha planteado el uso de un Learning Managment System LMS relacionado con el estándar xAPI para realizar el proceso de gestión y análisis de los datos en el aprendizaje colaborativo ubicuo. Desde la perspectiva pedagógica se plantea el uso de la teoría constructivista específicamente el aprendizaje conectivo.

Referencias

- [1] G. S. Zinny, EDUCACION 3.0, Norma. Bogota, 2015.
- [2] T. W. Bank, "Learning for All," 2011.
- [3] M. Weiser, "The Computer for the 21st Century," *Sci. Am.*, vol. 265, no. 3, pp. 94–104, 1991.
- [4] C. Collazos, J. Jurado, and L. Merchan, *Entornos Ubicuos y Colaborativos (U-CSCL) para Ambientes de Enseñanza-Aprendizaje de Competencias Profesionales*. Cali, 2016.
- [5] M. Coto, C. a. Collazos, and S. Mora-Rivera, "Modelo Colaborativo y Ubicuo para apoyar los procesos de enseñanza-aprendizaje a nivel Iberoamericano," *Rev. Educ. a Distancia*, no. 48, 2016.
- [6] E. Fernandez, *U-Learning El Futuro esta aqui*. Mexico, 2010.
- [7] B. Gros, Kinshuk, and M. Maina, *The Future of Ubiquitous Learning: Learning Desings for Emerging Pedagogies*. Lecture Notes in Educational Technology. Springer International Publishing, 2016.
- [8] H. A. Villa Martinez, F. J. Tapia Moreno, and C. A. Lopez Miranda, "Aprendizaje ubicuo en la enseñanza de las matematicas," *Rev. Estud. Cult.*, pp. 123–136, 2010.
- [9] R. Software, "Tin Can API." [Online]. Available: <https://tincanapi.com/tin-can-xapi/>.
- [10] M. Manso-Vazquez, M. Caeiro-Rodriguez, and M. Llamas-Nistal, "xAPI-SRL: Uses of an application profile for self-regulated learning based on the analysis of learning strategies," 2015 IEEE Front. Educ. Conf., pp. 1–8, 2015.

Propuesta de una herramienta para el análisis de la satisfacción en pruebas de usuario, a partir de la expresión facial

Darly Mildred Delgado Agudelo, Gabriel Elías Chanchí Golondrino, Diego Fernando Girón Timaná, Katerine Márceles Villalba⁵²

Abstract

Nowadays usability has become a fundamental element to guarantee the quality of the software. One of the ways to evaluate usability is through the called user tests, which are developed in a usability laboratory. These tests aim to obtain indicators of the three main attributes of usability defined in ISO 9241-11: efficiency, effectiveness and satisfaction. With regard to efficiency and effectiveness are defined metrics to evaluate these attributes, however, in the case of the satisfaction, the perception of the test coordinator with respect to the user's behavior (gestures, postures, facial expressions) is usually used. In this paper, we propose an automated tool for monitoring the user's emotional behavior during a usability test, considering the user's facial expression as a monitoring variable. The proposed tool was developed using the openCV library for capturing, processing, predicting emotions and generating graphics, which allow to the test evaluator to track possible emotion changes during the interaction.

Keywords: Emotions, Facial Recognition, Satisfaction, Usability.

52. Facultad de Ingeniería, Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca. Popayán, Colombia. Correos electrónicos: darlydelgado@unimayor.edu.co, gchanchi@unimayor.edu.co, dfgiron@unimayor.edu.co, kmarceles@unimayor.edu.co.

Introducción

El desarrollo de software ha estado en continuo avance gracias al proceso de adaptación de las necesidades de las actividades humanas en medios tecnológicos. En la actualidad gracias al desarrollo de tendencias tales como Internet de las Cosas [1], la cantidad de aplicaciones que están surgiendo en el mercado de la informática es cada vez mayor. Gracias a lo anterior, cobra cada vez más importancia el concepto de la usabilidad, puesto que es un atributo que define la calidad del software y el grado en que las aplicaciones se adecuan a nivel funcional a las necesidades de un usuario [2]. Según la ISO 9241-11, la usabilidad es entendida como: “el grado en que un producto puede ser usado por determinados usuarios para lograr sus propósitos con eficacia, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso específico” [3]. Así, los atributos que definen la usabilidad son: eficiencia, eficacia y satisfacción.

En una prueba de usuario desarrollada en un laboratorio de usabilidad, la eficacia puede ser obtenida a partir del porcentaje de tareas cumplidas por el usuario. La eficiencia se puede determinar mediante el tiempo empleado en realizar las tareas asociadas a una prueba de usabilidad. Por otra parte, la satisfacción es definida según la ISO 9241-11 como la “ausencia de incomodidad y existencia de actitudes positivas hacia la utilización del producto”. En una prueba de usuario, la satisfacción puede ser obtenida mediante la observación del comportamiento del usuario mientras interactúa con la aplicación (gestos, expresiones faciales, posturas, entre otras) [4] [5]. De este modo el atributo satisfacción es el más subjetivo, por lo que puede considerarse que el proceso de obtención de este atributo es menos preciso con respecto a los atributos de eficiencia y eficacia.

En este artículo se presenta como aporte principal la propuesta de una herramienta automatizada para el seguimiento emocional (expresión facial) de un usuario en una prueba de usabilidad, esto considerando que la satisfacción está relacionada directamente con la existencia de actitudes positivas durante la interacción. La herramienta propuesta hace uso de la cámara web dispuesta en el laboratorio de usabilidad (habitación del usuario), a través de la cual captura imágenes de manera continua y predice la posible emoción asociada al usuario en tiempo real (tristeza, felicidad, disgusto, sorpresa, neutralidad y enojo), teniendo en cuenta modelos de clasificación de emociones y haciendo uso de la librería OpenCV. Adicionalmente, una vez terminada la prueba, la herramienta permite visualizar gráficamente el comportamiento emocional del usuario a lo largo del tiempo, de modo que el evaluador de la prueba pueda hacer un seguimiento sobre los momentos de la interacción donde se presenta un cambio abrupto. La herramienta propuesta en este artículo, pretende reducir la subjetividad en la

determinación del atributo satisfacción, convirtiéndose en un instrumento de apoyo para la ejecución de pruebas de usuario en un laboratorio de usabilidad.

El resto del artículo está organizado así: en la sección 2 se definen los conceptos que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de este artículo. En la sección 3 se describen los trabajos relacionados considerados para esta investigación. En la sección 4 se presenta el esquema funcional de la herramienta y las interfaces finales de la misma. Finalmente, en la sección 5 se describen las conclusiones y los trabajos futuros derivados de esta investigación.

Marco conceptual

En esta sección se presentan los principales conceptos que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de la herramienta propuesta. Dentro de estos se encuentran: laboratorio de usabilidad, atributo satisfacción y modelo de emociones.

Laboratorio de usabilidad

Es un espacio físico diseñado de manera especial para la realización de evaluaciones de usabilidad de sistemas y dispositivos, por medio de software y equipos especializados que permiten realizar el monitoreo, capturas y grabaciones de acciones del usuario para el posterior análisis. Un laboratorio de usabilidad debe permitir obtener indicadores que permitan obtener los atributos de eficiencia, eficacia y satisfacción [6].

Atributo satisfacción

De acuerdo a la ISO 9241-11, la satisfacción es definida como: “ausencia de incomodidad y existencia de actitudes positivas hacia la utilización del producto” [7]. Por lo anterior, existe una relación entre el atributo satisfacción y el comportamiento emocional del usuario. De igual modo, según [8], el atributo satisfacción se ve influenciado por el comportamiento racional del usuario y/o el comportamiento emocional, al estudiar el comportamiento emocional del usuario puede ser adecuado para la evaluación del atributo satisfacción. Así mismo, de acuerdo a [8] el estudio del atributo satisfacción es un proceso complejo, dado que depende de múltiples variables asociadas al comportamiento del usuario.

Una emoción se define según el diccionario de la real academia de la lengua española como: “Alteración del ánimo intensa y pasajera, agradable o penosa, que va acompañada de cierta conmoción somática” y/o “Interés, generalmente expectante, con que se participa en algo que está ocurriendo” [9], de ahí que

el seguimiento emocional de un usuario es un proceso que debe ejecutarse continuamente y en tiempo real.

Modelo de emociones de Paul Ekman

El psicólogo y científico del comportamiento Paul Ekman se enfocó en la identificación de trastornos mentales, mediante la comunicación no verbal, es decir a través de la identificación de la expresión corporal. Mediante investigaciones pudo identificar de manera constante las expresiones faciales creadas por el movimiento de los músculos de la cara; y con esto, darles significado, logrando evidenciar que las expresiones faciales son interculturales por lo que estableció una lista de expresiones faciales universales, y dispuso de seis emociones básicas (disgusto, felicidad, neutro, tristeza, sorpresa) [9]. Una adaptación del modelo de Ekman, se tuvo en cuenta para la caracterización de emociones de la herramienta propuesta.

Características de las expresiones faciales y las emociones

Las emociones son un concepto cuyo origen a nivel fisiológico se encuentra en el sistema límbico [10] (sistema que se compone de partes del cerebro como el tálamo, el hipotálamo y la amígdala cerebral, cuya función es la de regular las emociones, la memoria, el hambre y los instintos sexuales) del cuerpo humano y que crean estos estados complejos. Para medir emociones [11] a través de la tecnología ha sido necesario emplear tecnologías de avanzada [12], permitiendo de esta manera poder realizar un seguimiento a través de una cámara web de los movimientos o expresiones faciales y a veces con sensores que perciben los cambios fisiológicos como respuesta de las emociones que transmiten los nervios y el sudor de las personas a través de la piel [13]; a pesar de las ventajas de estas tecnologías, muchas de ellas son cerradas, por lo que se dificulta su personalización en escenarios como la usabilidad.

Las emociones se pueden traducir por medio de la comunicación gestual teniendo en cuenta señales que el cuerpo genera, en este caso el rostro. Captar emociones en realidad se trata de reconocer patrones mediante las expresiones, dado que las personas no hacen gestos iguales para comunicar una emoción. Así, el enfado o estar escéptico frente algo puede tener la misma reacción facial [14], por eso es importante tener un modelo de emociones que parametrize y seleccione la emoción más acorde a la información del rostro capturada.

Trabajos relacionados

Para el desarrollo de esta propuesta de investigación se hizo necesario tener referentes que apoyaran el trabajo, a continuación, se destacan los más relevantes.

En la actualidad los sistemas de reconocimiento de identidad utilizan diferentes indicadores tales como: la huella dactilar, el iris, la voz, entre otros; pero el reconocimiento facial ha sido uno de los más destacados en los últimos años. Así en [15], propone el desarrollo un prototipo de captura de emociones por medio del rostro como herramienta de ayuda clínica en la identificación de trastornos nutricionales, usando OpenCV como una alternativa de adecuada de reconocimiento de rostros y detección de emociones, así como el uso conveniente de datasets para este tipo de sistemas.

Otro de los trabajos que aportó a éste fue el presentado en [16], donde se plantea el proyecto titulado: “Detección de emociones del usuario”, en el cual se propuso el desarrollo de un prototipo de sistema para la detección de emociones de usuario, haciendo el análisis de las emociones en tiempo real. Este trabajo permitió evidenciar que la identificación de rostros de personas diferentes hace difícil la clasificación de emociones, puesto que se obtienen datos no certeros. Lo anterior, condujo a la construcción de un modelo para la obtención de la matriz de proyección para cada sujeto. Este trabajo presenta como aporte el uso de la librería OpenCV y la propuesta de un modelo para el reconocimiento de emociones.

Por otra parte, existen herramientas como la propuesta en [17] que dan la posibilidad al evaluador de una prueba de usabilidad, de cargar las preguntas de una prueba de usuario y obtener de manera automática los resultados de la evaluación. El objetivo de esta herramienta es dar soporte a los cuestionarios de satisfacción que se suelen utilizar al finalizar las pruebas de usuario. Así, a partir de los resultados estadísticos obtenidos, la herramienta estima el nivel de satisfacción en una prueba de usabilidad. Este trabajo tiene como aporte el proceso metodológico que se llevó a cabo para la construcción de la herramienta, así como también los aspectos de medición en la usabilidad.

A partir de los trabajos anteriores es importante mencionar que se hace necesario aprovechar las diferentes tecnologías que permiten la obtención de emociones en el campo de la usabilidad, con el fin de obtener indicadores que permitan medir la satisfacción en pruebas de usabilidad.

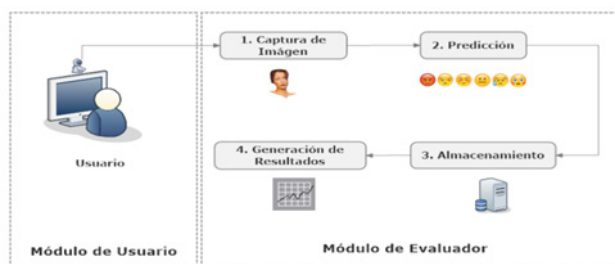
Propuesta de la herramienta

En esta sección se describe el esquema funcional de la herramienta propuesta (diagrama de bloques y diagrama de flujo) y se muestra las interfaces finales del prototipo. A continuación, se describe en detalle el esquema y las interfaces.

Esquema funcional de la herramienta

En la figura 1, se presenta el diagrama de bloques de la herramienta, el cual consta de los siguientes módulos: captura de imagen, predicción, almacenamiento, generación de gráficas, los cuales están dispuestos dentro del laboratorio de usabilidad.

Figura 1.
Diagrama de bloques

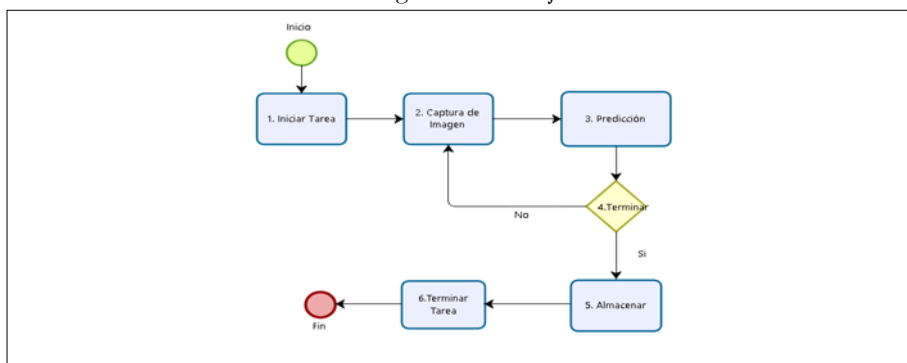


Fuente: Propia de los autores

En el módulo de captura de imágenes, la herramienta haciendo uso de la cámara web dispuesta en el laboratorio, obtiene de manera continua imágenes del rostro del usuario, al tiempo que este realiza una prueba de usabilidad sobre un prototipo software. En el módulo de predicción, la herramienta haciendo uso de la librería OpenCV se encarga de validar y clasificar los rasgos capturados con el fin de obtener una de las posibles emociones: neutral, tristeza, felicidad, enojo, sorpresa y disgusto. OpenCV incluye la clase llamada FaceRecognizer, la cual contiene en sus algoritmos a Fisherfaces que se utiliza para el reconocimiento facial en conjunto con la cascada de clasificadores Haar [18]. En el módulo de almacenamiento, la herramienta guarda los registros (tiempo, emoción) en el gestor de bases de datos TinyDB. Finalmente, en el módulo de generación de gráficas, la herramienta permite la visualización del comportamiento emocional del usuario en la prueba de usabilidad, usando la librería Matplotlib de Python.

En la figura 2, se muestra el diagrama de flujo que describe cada una de las etapas del funcionamiento de la herramienta automatizada.

Figura 2.
Diagrama de Flujo



Fuente: Propia de los autores

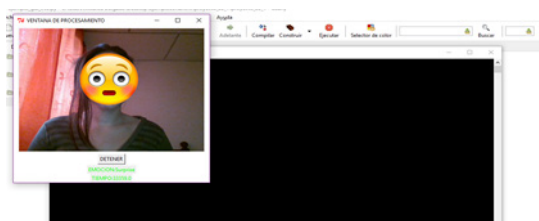
En la etapa 1 mientras el usuario inicia la prueba de usabilidad, el evaluador de la prueba presiona el botón Iniciar de la herramienta; en la etapa 2 la herramienta empieza a capturar continuamente las imágenes del rostro del usuario; en la etapa 3 la herramienta realiza un proceso interno que permite clasificar las imágenes del rostro en una de las 6 posibles emociones, visualizando el resultado de la predicción; en la etapa 4 en caso de que el usuario haya terminado de realizar la prueba, el evaluador tiene la posibilidad de terminar el proceso, de lo contrario se realiza un bucle desde la etapa 2; en la etapa 5 una vez terminada la prueba, la herramienta almacena los registros de tiempo y emoción de la predicción, para lo cual hace uso del gestor TinyDB; finalmente en la etapa 6, la herramienta permite la visualización gráfica del comportamiento emocional del usuario durante la prueba.

Interfaces del prototipo

En la figura 3, se muestra la interfaz principal de la herramienta de seguimiento emocional. La interfaz permite embeber el flujo de video de la cámara web del laboratorio de usabilidad y un botón que acciona o detiene el coordinador la prueba cuando inicia o termina el test de usuario. Al momento que el usuario inicia la prueba de usabilidad dentro del laboratorio, el evaluador se encarga de accionar el botón para iniciar la herramienta. La herramienta comienza con el proceso de captura de imágenes del rostro, esta captura es obtenida por medio de una webcam. Seguidamente se procede a la etapa de predicción, la cual permitirá clasificar las imágenes capturadas, para determinar la emoción de acuerdo al modelo de emociones Paul Ekman (ver figura 3). Cuando termina la prueba, el coordinador presiona el botón detener y la herramienta almacena los

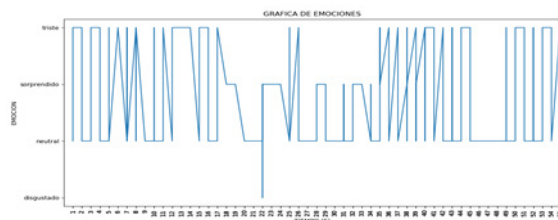
registros capturados (tiempo e imágenes). Finalmente, la herramienta permite visualizar de manera gráfica el estado emocional del usuario bajo dos variables que son el tiempo y la emoción (ver figura 4). Las gráficas obtenidas permiten al coordinador de la prueba realizar un seguimiento sobre el comportamiento emocional del usuario mientras interactúa con un prototipo software.

Figura 3.
Predicción de la emoción



Fuente: Propia de los autores

Figura 4.
Generación de gráficas



Fuente: Propia de los autores

Conclusiones y trabajos futuros

La herramienta propuesta permite realizar un seguimiento en tiempo real al comportamiento emocional del usuario durante una prueba convencional desarrollada en un laboratorio de usabilidad, lo cual representa un aporte importante de cara a realizar una estimación más objetiva del atributo satisfacción. Esta herramienta aprovecha las ventajas provistas por los algoritmos de la librería OpenCV en cuanto a la captura, procesamiento y predicción de emociones, de tal modo que a partir de la predicción obtenida se va almacenando la información en función del tiempo. Dicha información puede ser útil al evaluador de la prueba, para contrastar las diferentes interacciones del usuario con su comportamiento emocional.

Como trabajo futuro se pretende mejorar la herramienta de tal forma que se pueda realizar un seguimiento específico por tarea de la prueba, y se obtengan otro tipo de indicadores estadísticos útiles para el evaluador. Así mismo, se busca adecuar la herramienta para ejecutarla en un SBC dentro del laboratorio de usabilidad.

Referencias

- [1] P. Gaudiano, «Qué entendemos por «cosas» en el Internet de las Cosas,» El internet de las cosas. Es un mundo conectado de objetos inteligente., vol. 15, 2011.
- [2] S. I. C. Juan Gabriel Enriquez, «USABILIDAD EN APLICACIONES MÓVILES,» [En línea]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5123524.pdf>. [Último acceso: 2 2 2018].
- [3] ISO, «Guidance on usability - Norma ISO 9241-11,» 1998.
- [4] ITAM, «Laboratorio de Usabilidad,» [En línea]. Available: <http://dai.itam.mx/es/7/paginas/laboratorio-de-usabilidad-de-sistemas-interactivos-lusi>. [Último acceso: 2 1 2018].
- [5] Y. H. Montero, «Factores del diseño Web orientado a la satisfacción y no frustración de uso,» Revista española de documentación científica, 2006.
- [6] D. NORMAN, Emotion & Design: attractive things work better. Interactions, 202, pp. 36-42.
- [7] S. BRAVE y C. -. J. J. y. S. A. NASS, Emotion in human-computer interaction - The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Applications, 2002.
- [8] D. d. I. R. A. Española, 2 1 2018. [En línea]. Available: <http://dle.rae.es/?id=EjXP0mU>.
- [9] Paul Ekman: Las 6 Emociones Básicas, 03 05 2014. [En línea]. Available: <http://www.serperuano.com/2014/03/paul-ekman-las-6-emociones-basicas/>. [Último acceso: 4 1 2018].
- [10] S. W. O. R. D. F. Diane E. Papalia, psicología del desarrollo de la infancia a la adolescencia, Undecima ed., Mexico: Mc Graw Hill.
- [11] A. P. yubero, «Smartphone como soporte para interacción afectiva: Expresión Afectiva,» 2016.
- [12] V. M. Hamido Fujita, New trends in software methodologies, tools and techniques. Procedimientos de la octava SoMeT_09, IOS Press.
- [13] M. D. C. M. Ana María Fernandez, «Expresión y reconocimiento de emociones: un punto de encuentro entre evolución, psicofisiológica y neurociencias,» Revista chilena de Neuropsicología , pp. 8-20, 2007.

- [14] A. F. A. Gonzalez, «El lenguaje no verbal. Claves culturales para la competencia comunicativa e intercultural,» 2016.
- [15] H. R. Gil, «Desarrollo de un sistema de reconocimiento de emociones faciales en tiempo real».
- [16] E. J. M. GONZÁLEZ, «DETECCIÓN DE EMOCIONES DEL USUARIO,» Valparaiso, 2014.
- [17] M. G. C. D. G. & E. M. Mascheroni, «Ingeniería de Usabilidad. Una propuesta tecnológica para contribuir a la evaluación de la Usabilidad del Software,» Revista Latinoamericana de Ingeniería de Software, pp. 125-134, 2013.
- [18] L. A. y K.-O. Z. Beltrán, «A performance comparison of two emotion-recognition implementations using OpenCV and Cognitive Services API,» MATEC Web of Conferences , vol. 125, 2017.

Hacia el diseño de un sistema interactivo como herramienta pedagógica para el desarrollo del pensamiento computacional en niños de 9 a 10 años en el aula regular

Diana Fernanda Sandoval, Maria Juliana Lara
Sandra Cano⁵³

Abstract

El pensamiento computacional (PC) puede involucrar un conjunto de pensamientos, como: lógico-matemático, algorítmico, analítico, abstracto y divergente,. Éste permite desarrollar habilidades para la resolución eficiente de problemas por medio de la abstracción y el análisis de los mismos. Esta destreza puede ser aplicada en diferentes áreas de conocimiento como, ciencias, ingeniería, electrónica y matemáticas. También se puede aplicar en diversos aspectos de nuestra vida diaria. Por lo que, con este trabajo de investigación se quiere proponer el diseño de un sistema interactivo que sirva como herramienta pedagógica para la enseñanza de competencias que involucra el pensamiento computacional para niños de 9 a 10 años en aulas regulares.

53. Ingeniería Multimedia, Universidad San Buenaventura - Grupo LIDIS. Cali, Colombia. Correos electrónicos: dfsandoval09@gmail.com, mariajuli12@hotmail.com, sandra.cano@gmail.com

Palabras Claves: pensamiento computacional, sistemas interactivos, niños en aulas regulares.

Introducción

El pensamiento computacional (en inglés, Computational Thinking) es un término que se dio a conocer por Jeannette Wing en el 2006, el cual se define “como la resolución de problemas en todas las disciplinas, incluidas las humanidades, matemáticas y ciencias ” [1]. Hoy en día, ha aumentado un gran interés por incluirse dentro del ámbito escolar, para la formulación y resolución de problemas con ayuda de herramientas tecnológicas, de tal manera que ayude a promover en los estudiantes pensamientos, como: algoritmo, lógico, abstracto y creativo. En el 2009 Jeannette Wing, relaciona el pensamiento computacional como la capacidad de análisis que tiene el niño, explicando el tema en una conferencia en Pensacola en el 2009 [2]: “El Pensamiento Computacional (PC) será una habilidad fundamental utilizada por todos en el mundo. A la lectura, escritura y aritmética, vamos a añadir el PC a la capacidad de análisis de cada niño. El Pensamiento Computacional es un enfoque para la solución de problemas, construcción de sistemas, y la comprensión del comportamiento humano que se basa en el poder y los límites de la computación. Si bien, PC ya ha comenzado a influir en muchas disciplinas, desde las ciencias de las humanidades, lo mejor está aún por venir. De cara al futuro, podemos anticipar incluso efectos más profundos del pensamiento computacional en la ciencia, la tecnología y la sociedad: Entretanto, nuevos descubrimientos se realizará, habrá innovación y las culturas evolucionarán”.

Por lo que, Wing en su conferencia ha enfatizado que el pensamiento computacional, es pensar de manera recursiva, es reformular un problema aparentemente difícil sin saber cómo resolver usando diferentes métodos. Hoy en día, Scratch [3], es usado como un entorno gráfico de programación en los colegios. Este entorno funciona mediante el aprendizaje de unión de bloques, y está orientado al aprendizaje de la programación en niños.

Uno de los primeros precursores fue Papert, quién se basó en las ideas de construccionismo y afirmó que “los niños son lo que tienen que educar a los ordenadores y no los ordenadores los que tienen que educar a los niños” [4]. Papert hizo un gran aporte en el desarrollo del pensamiento en la infancia, inteligencia artificial y las tecnológicas informáticas para la educación. Por lo que, se puede decir que fue quién empezó con el término de pensamiento computacional.

Desde la educación autores como Piaget [4] hace referencia que en las primeras etapas del desarrollo del niño, el juego simbólico establece una relación entre la representación y el lenguaje. Si se integra el pensamiento computacional por medio de un sistema interactivo, el niño podría aprender a identificar diferentes símbolos para construir un conocimiento. Mientras que, Vigostky [5] se centra en la interacción que se tenga con el contexto, el cual involucra herramientas ya sean objetos o lenguajes que ayudan en el desarrollo psicológico del niño.

Desde la tecnología, un sistema interactivo podría definirse como la relación entre el usuario y el sistema [6]. El nivel de interactividad es adquirido por los elementos existentes permitiendo al usuario establecer una participación, y un proceso de comunicación con el sistema. Esta interacción puede motivar al niño a aprender. Sin embargo, para el diseñar un sistema interactivo se requieren analizar un conjunto de aspectos del perfil del niño, como: edad, género, escolaridad, intereses, entre otros. Estos aspectos deben tenerse en cuenta para diseñar el sistema de acuerdo a sus necesidades. Por lo que, un sistema interactivo donde se involucren elementos físico y digitales, podría servir como herramienta de apoyo para incentivar el pensamiento lógico. De tal manera, que puedan comprender cada uno de los objetos que se le presenten para estructurarlos de manera correcta siguiendo un proceso de aprendizaje.

Este artículo está estructurado de la siguiente manera. En la sección 2 se describen algunos trabajos realizados en el diseño de sistemas interactivos para el pensamiento computacional. En la sección 3, se realiza una descripción del planteamiento del problema. En la sección 4, se presenta una propuesta. Finalmente, conclusiones y un trabajo futuro.

Trabajos relacionados

En esta sección se expondrá un conjunto de trabajos realizados, los cuales están relacionados con el trabajo de investigación a realizar.

En el 2012, el grupo Lifelong Kindergarten del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) [7] crea una herramienta llamada Scratch, el cual es un lenguaje de programación que facilita la creación de arte interactivo, utilizado por niños, jóvenes, profesores y padres de familia en más de 150 países diferentes y está disponible en más de 40 idiomas. Scratch ayuda a los usuarios a aprender a pensar de forma creativa, razonar sistemáticamente, y trabajar de forma colaborativa. Gran variedad de colegios a nivel nacional e internacional implementan esta herramienta para enseñar a programar a los estudiantes, lo cual permite desarrollar habilidades propias del pensamiento computacional.

También, en el 2013 un grupo de investigadores han propuesto herramientas para la enseñanza del pensamiento algorítmico. Trabajo realizado por Danli Wang et al. [8], donde desarrollan una herramienta de programación tangible para niños con edades entre los 4 a 10 años, cuyo objetivo es que los niños puedan programar, usando como método de enseñanza llamado e-blocks, el cual construye mediante bloques determinadas acciones que hacen que sus personajes se dirijan hacia direcciones específicas. Los bloques están contruidos con la interacción de objetos reales, donde usan un sensor de temperatura, un sensor de luz y un sensor de botón, con el objetivo que el niño vaya construyendo la secuencia de bloques y de misma manera el juego presenta una animación a través del ordenador de acuerdo a la secuencia construida.

Otro trabajo propuesto en el 2016 por Maritza A. García et al. [9] en el 2016 realizado por la Universidad del Cauca, donde expone la enseñanza del pensamiento computacional usando estrategias basadas en la robótica. En este artículo se presentan algunas estrategias, como, clubes de robótica, y de cómo aplicar una metodología de enseñanza basada en problemas. Estas estrategias ayudan en el desarrollo de competencias de varios tipos y al desarrollo del pensamiento computacional en los estudiantes. Además, se mencionan los resultados del proyecto desarrollado en el Instituto Técnico Industrial Pascual Bravo de la ciudad Medellín-Colombia.

En el 2017 Xavier Basogain et al. [10], propone un proyecto de innovación educativa realizado con la colaboración internacional de dos instituciones académicas al servicio de la sociedad. En este proyecto RENATA y UPV/EHU, colaboran en la introducción del Pensamiento Computacional en las escuelas de Colombia, en estudiantes que están finalizando 5 de primaria o iniciando bachillerato en el grado 6, edades comprendidas entre 10 y 12 años. El objetivo del proyecto es permitir a los estudiantes y profesores que se familiaricen con los conceptos básicos del PC y a futuro poder incluirlos en el plan de estudios de las escuelas colombianas para lograr que las nuevas generaciones no sean solamente consumidores de tecnología, sino productores de ella.

Otro proyecto que ayuda al desarrollo de competencias en el pensamiento computacional es Cubetto [11], donde la interacción es netamente física, y el niño construye la secuencia de movimientos por medio de un robot. Para este desarrollo se han basado en el aprendizaje de Montessori para niños de 3 a 6 años. Cubetto fue desarrollo con el propósito de incluir como lenguaje de programación tangible en la enseñanza para el aprendizaje de conceptos de programación. Las áreas que apoya, son: comunicación, socio-emocional, matemáticas y razonamiento lógico.

Por otro lado, la Universidad del Cauca, ha propuesto una metodología llamada Child Programming [12]. Ésta se basa en la enseñanza de la programación de software en niños a través de estrategias colaborativas. Por lo que, esta metodología plantea practicas que pueden desarrollar los docentes de aulas de forma divertida, como un juego para que los niños logren asimilar mejor los conceptos que den dentro del proceso.

Los trabajos mencionados anteriormente indican la importancia en integrar un estilo de enseñanza en niños, de tal manera que ayude a estimular el pensamiento computacional por medio de un sistema que pueda integrar una interacción física y digital.

Planteamiento del problema

El programa de ingeniería multimedia de la Universidad de San Buenaventura Cali - Colombia, cuenta con los cursos de lógica, introducción a la programación y programación avanzada que se brindan en los primeros semestres. Se exigen una serie de competencias y habilidades de pensamientos, como: lógico- matemático, algorítmico, abstracto y creativo, que posibilite un manejo del lenguaje de programación en los estudiantes. Observando un alto índice de deserción por parte de los estudiantes en las materias mencionadas. Hasta en algunos casos el abandono de la carrera cuando el estudiante no cuenta con las competencias suficientes para enfrentar los requerimientos académicos.

Teniendo en cuenta el alto índice de decadencia académica, y cómo afecta en la formación de un ingeniero en multimedia, surge la incógnita frente a los procesos de enseñanza y cómo se promueven competencias de pensamiento lógico y solución de problemas en la básica primaria a través de la clase de informática, de modo que, se hace importante identificar la didáctica y metodología que implementa el docente para potenciar en los niños de 9 a 10 años el pensamiento computacional. Hoy en día, la Institución de Nuestra Señora de la Asunción en Cali-Colombia, un colegio de primaria y secundaria, incorpora la materia de informática en los grados de primaria, e involucra el uso de herramientas interactivas como Scratch. Lo que, ayuda a desarrollar la lógica, el análisis de problemas y la abstracción, logrando en los niños experiencias significativas al interactuar con este tipo de plataforma que les permite construir de manera creativa historias, juegos y animaciones. A su vez, es importante revisar las estructuras curriculares y evidenciar cómo se viene trabajando al interior de las instituciones educativas la asignatura de informática, las estrategias y herra-

mientas que pone en circulación y uso el docente para promover la creatividad e innovación mediante diferentes programas o plataformas.

Hoy en día, el crecimiento de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) ha servido para incluirlas dentro de las aulas como material de apoyo para el docente, por lo que se busca con las tecnologías potenciar las habilidades de abstracción y resolución de problemas, de tal manera que pueda motivar al niño durante el aprendizaje.

Con lo mencionado anteriormente, podría definirse algunos interrogantes: ¿Cómo se puede apoyar al desarrollo del pensamiento computacional en los niños en edades de 9 a 10 años?, ¿Qué estrategias educativas se están aplicando para el desarrollo del pensamiento computacional?, ¿Existen metodologías de enseñanza para el pensamiento computacional para niños?

Propuesta

El proyecto pretende desarrollar un sistema interactivo usando software y hardware, de tal manera que motive a los niños entre los 9 y 10 años de edad a desarrollar habilidades del pensamiento computacional en el aula regular. Para el diseño del sistema interactivo se sigue la metodología de diseño centrado en el usuario [12], con el objetivo de encontrar las necesidades del niño en las aulas regulares, y ajustar el sistema de acuerdo a sus necesidades. La metodología de diseño centrado en el usuario se compone de las siguientes etapas: especificación del contexto de uso, especificación de los requisitos, producción de las soluciones de diseño y evaluación.

A continuación se describen las fases que se han realizado.

Especificación del contexto de uso

En esta fase se aplican unos métodos para evaluar la experiencia del niño en el contexto del pensamiento computacional dentro y fuera del aula.

Dentro del aula

Se selecciona un grupo de 10 niños entre 9 a 10 años (Fig. 1), que pertenecen a diferentes colegios. La actividad que se realiza con ellos es una observación directa al interactuar con un juego físico llamado Code And Go [13], y Go Robot Mouse Activity Set [14]. Ambos son juegos orientados a la enseñanza de la programación a partir de niños de 4 años. En este juego a los niños se les presenta un problema y deben encontrar una solución. En esta actividad, ellos

deben encontrar un camino dando una conjunto de instrucciones de manera ordenada para que el ratón pueda llegar al queso.

Figura 1.

Niños jugando con Code and Go Robot Mouse Activity Set [14]



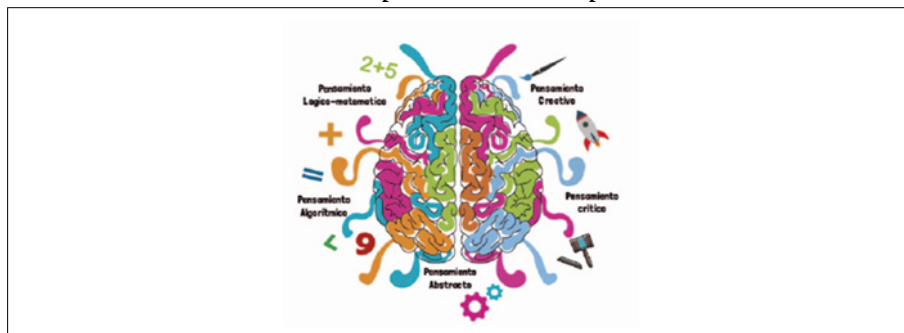
En esta actividad se puede observar que los niños presentan un poco de dificultad al inicio del juego, debido a que no comprenden el objetivo del mismo, pero al momento que logran aprender la estrategia es muy fácil para ellos. En esta actividad se observa que la imaginación de los niños no tiene límites, por ejemplo cuando cambiaban las reglas del juego convirtiéndolo más interesante.

Fuera del aula

Se seleccionan dos instituciones educativas. El colegio Franciscano Pio XII, el cual es de carácter privado, calendario B y mixto. La corporación María Perlaza es un colegio público, que tiene como objetivo aportar educación de vanguardia a niños de escasos recursos. Ambas instituciones se encuentran ubicadas en Cali-Valle del Cauca, donde los cursos a trabajar son 3, 4 y 5 de primaria, niños y niñas entre edades de 9 a 10 años.

Se realiza el ejercicio de observación en las aulas, y una entrevista a los docentes de informática de ambas instituciones. Se formulan algunas preguntas, como: ¿qué tipo de herramientas tecnológicas usa en el curso de informática?, ¿Cómo se puede evidenciar el aprendizaje durante el curso?, Conoce acerca del término pensamiento computacional?, entre otras. Es importante mencionar que los docentes no conocían el término. Sin embargo, cuando se les mostró un esquema (Fig. 2), de los diferentes tipos de pensamientos que pueden involucrar el pensamiento computacional, han indicado que cada uno de estos los han trabajado de manera independiente sin integrarlos en uno solo.

Figura 2.
Estructura del pensamiento computacional



También se observó que los docentes usan Scratch para la enseñanza de la programación.

A continuación se realiza una descripción más detallada de la observación realizada en el aula de cada colegio.

Pio XII: la clase de informática es brindada por medio de un video beam, donde el docente proyecta un código en Scratch para realizar un videojuego. Los niños copian el código que se les muestra para reproducirlo en Scratch. El proceso de enseñanza que tienen, se compone de 3 fases, son: identificación (3 semanas), implementación (3 semanas) y diseño (2 semanas). El docente indica que los estudiantes tienen la capacidad de crear desde cero un programa a partir de la etapa de diseño. Además hace los siguientes aportes los cuales se consideraron relevantes para tener en cuenta al momento de planificar el sistema.

Aportes del docente:

- Los niños que tienen problemas para socializar con las personas son los que tienen mayor concentración y a la vez mejores habilidades al momento de programar.
- Los niños imperativos tienen más concentración con los juegos físicos.
- De la observación en el aula surgieron algunas preguntas, como:
- Si el estudiante hace el ejercicio de replicar lo que se proyecta en el video beam. Las dos primeras etapas (identificación e implementación) se brindan en un tiempo de 6 semanas, por lo que genera la siguiente incógnita ¿realmente los niños están desarrollando algún pensamiento con esta práctica?

- ¿Es suficiente el tiempo que se le da a la etapa de diseño, alrededor de 2 semanas para que el niño ponga en práctica según lo aprendido con la herramienta, la planeación de estrategias, creatividad o la resolución de problemas?

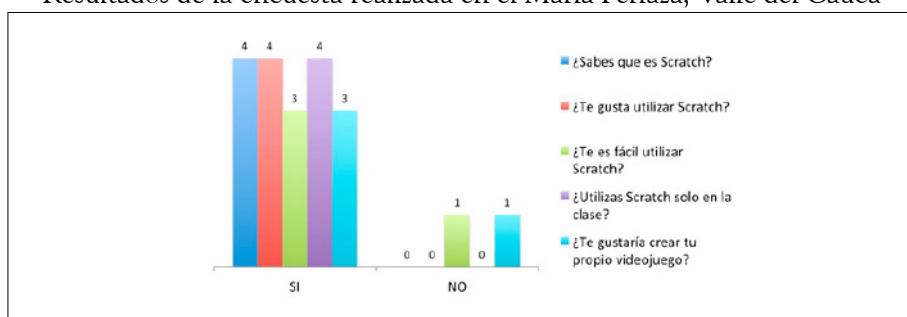
María Perlaza: observación realizada al taller de Scratch, el cual se brinda de forma extracurricular en horas de la tarde para los estudiantes que voluntariamente deseen asistir. En el aula se encontraban niños de 3, 4 y 5 de primaria de 8 y 9 años de edad. Se puede observar que los estudiantes trabajan proyectos de forma individual, lo que permite que el resto de sus compañeros puedan practicar el aprendizaje del algebra. El modo de enseñanza para la herramienta Scratch es: introducción, enseñanza de algoritmos aplicados a la vida diaria, luego se pasa al manejo de la herramienta. Con la visita se puede mencionar que los estudiantes que asisten al taller tienen un gran gusto por la programación, les encantan los retos y también son muy sociables.

También se realizaron encuestas a los estudiantes de ambos colegios, con el objetivo de conocer la cercanía que tienen con la herramienta Scratch, y conocer su opinión personal acerca de la herramienta. También se quiere evaluar de qué forma aplican la resolución de problemas mediante un juego sencillo, cuyo objetivo es escribir los pasos que el ratón debe realizar para llegar al queso.

Resultados obtenidos de las Encuestas realizadas a ambas instituciones. Del colegio Pio XII se encuestaron a un total de 16 niños del grado 5 (Fig 4) y del María Perlaza a un total de 4 niños participantes del taller de Scratch (Fig 3).

Figura 3.

Resultados de la encuesta realizada en el María Perlaza, Valle del Cauca



Como se observa en los resultados obtenidos (Fig 3-4), ambos colegios conocen scratch. Sin embargo, los niños no se sienten motivados para crear un videojuego. Además, la mayoría de ellos usan scratch solo en la clase de informática.

Otra evaluación realizada con los niños, es un cuestionario para evaluar el pensamiento computacional. Este cuestionario consta de dos preguntas (Fig 5-

6). La primera pregunta está relacionada con la asociación del código scratch con la realidad. Por lo que, se les solicita analizar el código y que describan lo que hace el código.

Figura 4.

Resultados de la encuesta realizada en el Colegio Franciscano PIO XII, Valle del Cauca

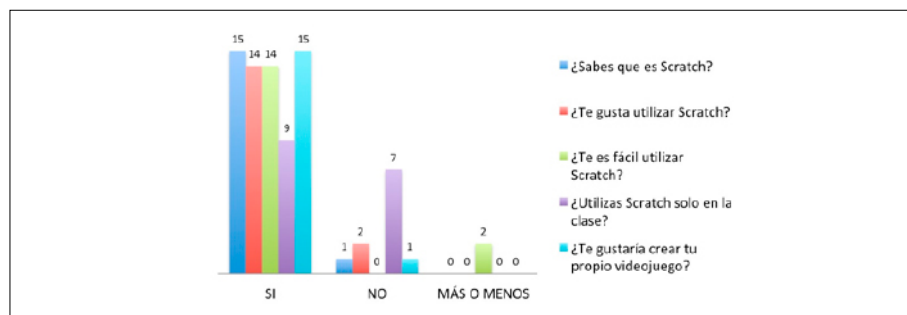
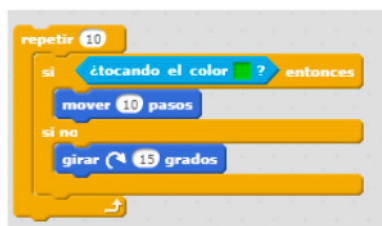


Figura 5.

Pregunta 1 del test de pensamiento computacional realizado a los niños

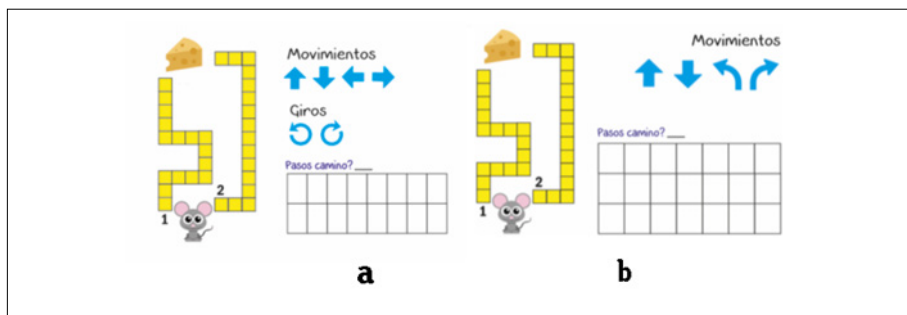


La segunda pregunta, se les presenta un laberinto, donde se debe seleccionar los movimientos correctos para llegar el ratón hasta el queso. En esta pregunta se realizaron dos modelos (Fig 6a y 6b), donde el modelo correspondiente a la Fig 6a es aplicado al colegio Pio XII y el modelo de la Fig 6b al colegio María Perlaza. El objetivo de esta pregunta, es que encuentren la secuencia de pasos para que el ratón pueda llegar al queso.

Se describen algunas observaciones encontradas, como:

- Cinco niños se equivocaron en algunos pasos o no tenían sentido sus indicaciones.
- Siete niños respondieron exactamente la forma 2 del camino de la Fig 6b.
- Algunos niños responden de forma diferente, sus respuestas tienen sentido y solucionan el objetivo del juego. Por lo que, no se considera que estén de

Figura 6.
Pregunta 2 del cuestionario del pensamiento computacional
realizado a los niños



forma incorrecta. A continuación se mencionan algunos casos encontrados en la evaluación.

Caso 1: El camino 1 fue seleccionado por un niño, y se puede observar que interpreta los giros para las orientaciones de izquierda y derecha según el camino.

Caso 2-4: Un grupo de niños toman los giros para las orientaciones de izquierda y derecha. A la vez consideran que es suficiente indicar una sola vez cada señal.

Algunos de los aspectos encontrados son:

- Tres niños toman el segundo camino, de los cuales un niño lo realiza como se esperaba, otro lo resuelve de forma diferente. Por último, otro no lo logró.
- Una niña lo resuelve de forma diferente. Por lo que, no se puede concluir que lo realiza de manera incorrecta, ya que ella toma las flechas de giro como si fueran orientaciones de derecha e izquierda.

Las observadas mencionadas anteriormente, sirven de apoyo para identificar los requerimientos que deben considerarse para el diseño del sistema.

Especificación de los requerimientos

A partir del análisis realizado y de los aportes brindados por los docentes de informática de ambas instituciones. Se tiene en cuenta para el diseño del primer prototipo los siguientes criterios:

1. Algunos niños presentan mayor concentración al interactuar con elementos físicos.
2. Algunos presentan mayor concentración y mejor desarrollo de habilidades al interactuar con el computador.

3. Los niños resuelven los problemas según como los entiendan e interpretan.
4. El sistema debe tener múltiples soluciones para que los niños puedan planificar cuál es su mejor opción.
5. Un grupo de niños hicieron ver en la realización del juego del ratón que no es necesario repetir una misma señal varias veces.

De acuerdo a estos criterios se plantea el primer prototipo del sistema interactivo, el cual puede estar sujeto a cambios a medida que se avanza en las investigaciones o pruebas con estudiantes. El sistema será en modo de juego que interactuará con elementos físicos (hardware) y digitales (software). El elemento digital es un videojuego (Fig. 7), el cual está relacionado con un pirata cuyos objetivos, niveles y estructura están en proceso de construcción. El objetivo es que el pirata llegue a su espada. Por lo que, el jugador (niño) debe elegir el camino que mejor considere teniendo en cuenta que en el camino se puede encontrar con enemigos, y éstos pueden causar daños.

Figura 7.

Propuesta del videojuego para el pensamiento computacional

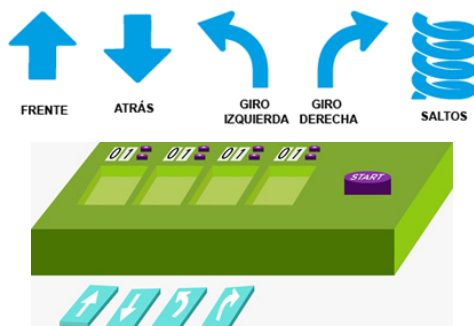


El hardware (Fig. 8) está conformado por un tablero donde se colocan las fichas con las señales que el niño elija para realizar su camino. También se tiene en cuenta unos contadores para que el jugador indique la cantidad de veces que desea repetir el mismo paso, hasta el momento se han definido las siguientes interacciones:

Conclusiones y trabajo futuro

Hoy en día, se están incorporando dentro de las aulas estrategias lúdicas, de tal manera que logre motivar al estudiante durante su aprendizaje. También se ha mencionado en trabajos relacionados que el pensamiento computacional no solo involucra a nivel computacional, sino que integrar un conjunto de pensamientos

Figura 8.
Propuesta del tablero físico que interactuará con el videojuego



que pueden ayudar al niño a potenciar ciertas competencias en las primeras etapas de desarrollo. Además, la mayoría de las investigaciones que se han mencionado involucra el uso de objetos tangibles a través del uso de dispositivos no tradicionales, lo que lleva a que el niño logre motivarse más. Sin embargo, diseñar un sistema que involucre elementos físicos y digitales, requiere realizar un análisis de los diferentes aspectos del niño en las aulas regulares, ya que el tipo de interacción física o digital puede verse afectada de acuerdo al perfil del estudiante, como género, edad, nivel académico, entre otros.

Como trabajo futuro se quiere implementar el sistema y a la vez evaluar la propuesta con un grupo de niños de colegios privados y públicos.

Referencia

- [1] Jeannette M. Wing. Computational Thinking. Communications of the ACM, vol 49 No 3, pp 1- 2, 2016.
- [2] Jeannette M. Wing. Computational Thinking About Computing. Evening Lecture Series in Pensacola in IHMC, 2009 [<https://www.ihmc.us/lectures/jeannette-m-wing/>], última visita 29 de Enero del 2018.
- [3] Scratch, [<https://scratch.mit.edu/>], última visita Septiembre del 2017.
- [4] Piaget J. and Inhelder B. The Psychology of the child.
- [5] Vigotsky L.S. Mind in society. Harvard University Press, Cambridge M.A, 1978.
- [6] S. Cano, C. Manresa-Yee, C. A. Collazos, V. Peñeñory, Javier Varona. Chapter: Interactive Systems Design oriented to children with special needs. Book HCI for Children with Disabilities edited by Josefina Guerrero-Garcia, Juan Manuel Gonzalez-Calleros, Jaime Munoz-Arteaga, Cesar Collazos, 2017.

- [7] Xabier Basogain, M.A Olabe, Juan Carlos Olabe, Mauricio Javier Rico, Leonardo Rodríguez, Miguel A. Amortegui, “Pensamiento computacional en las escuelas de Colombia: colaboración internacional de innovación en la educación”,2017.
- [8] García, M. A., Deco, C., And Collazos, C. A, “Estrategias basadas en robótica para apoyar el pensamiento computacional. In XXII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación”, 2016.
- [9] Cubetto, <https://www.primotoys.com/>, última visita febrero 7 del 2018.
- [10] Danli Wang, Yang Zhang, and Shengyong Chen. E-Block: A Tangible Programming Tool with Graphical Blocks. *Mathamatical Problems in Engineering*, vol 2013, Article ID 598547, 2013.
- [11] Code & Go Robot [https://www.youtube.com/watch?v=_tGb9bLe0YA], última visita Febrero del 2018.
- [12] Norman, D. A., & Draper, S. W. (Eds.). *User centred system design*. Hillsdale, NJ:Erlbaum, 1986.
- [13] Julio Ariel Hurtado, César Alberto Collazos, Samith Tatiana Cruz, Oscar Eduardo Rojas. Child Programming: una estrategia de aprendizaje y construcción de software basada en la lúdica, la colaboración y la agilidad. *Revista Universitaria en Telecomunicaciones, Informática y control* (1) , 2012.
- [14] Papert, S. *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books,Inc. [<http://www.arvindguptatoys.com/arvindgupta/mindstorms.pdf>], 1980.

Framework for increasing collaboration and achieving group cognition

Vanessa Agredo-Delgado⁵⁴
César A. Collazos⁵⁵

Abstract

Computer Supported Collaborative Learning is an area that focuses on how people can learn together with the computers help, it is also one of the most promising innovations to improve teaching and learning with the modern information technologies and communication help. This process describes a situation in which it is expected that interaction particular forms will occur, which will produce learning mechanisms that possibly generate the planned achievement, but that there is no total guarantee that these situations will be presented effectively. For this reason, this scheme is difficult to achieve if several aspects that can really guarantee this interaction type are considered. In addition to consider that working collaboratively is not an easy task; It is necessary to structure activities, design applications, analyze additional factors that allow achieving the planned objective, however, to date there are some methodologies for the creation of the applications that focus mainly on their design, leaving aside, that with these applications achieve the shared group cognition through

54. Reserch group IDIS Unicauca, Reserch group TIC Unicomfacauc, Universidad del Cauca, Unicomfacauc. Popayán, Colombia. Correo electrónico: vanessaagredo@unicauca.edu.co

55. Reserch group IDIS Unicauca, Universidad del Cauca. Popayán, Colombia. Correo electrónico: ccollazo@unicauca.edu.co

the collaborative knowledge construction. As part of our previous research, we have identified that it is necessary and important to have strategies set to achieve collaboration and group cognition when participating in a collaborative learning activity. This article shows the advances towards the framework that allows increasing collaboration and the group cognition construction, through the strategies centralization that allows achieving learning and collaboration.

Keywords: Computer supported collaborative learning, collaborative learning; group cognition; collaborative activities; framework; strategies .

Introduction

Today, most of the important decisions in organizations are made by groups who are experts in specific topics that contribute to this process and in the complex problems solution. Furthermore, the fast growth of information and communication technologies are generating new forms of work and modifying various practices in people's daily lives, in this transformation there is a progressive trend towards collaboration to achieve a common objective, where the work is organized into groups and each member interacts with the rest to obtain a better productivity [1]. Education has not been alien to these advances and it is for this reason that one of its basic requirements in the present and future, is to prepare students to participate in networks [2]. However, working collaboratively is not an easy task; it is necessary to structure activities, design applications, analyze additional factors to achieve that objective [3]. Therefore, there is a need to define and design applications that support collaborative learning activities, where these activities are designed and structured in order to ensure true collaboration and also achieve group cognition (defined by Gerry Stahl in [4]), which is conceived as a sum of individual heads facts, rather than as a positive cognitive phenomenon of their own, which allows going beyond obtaining individual learning. Can structure activities that ensure these actions requires strategies that must be strategically executed; It is not enough to encourage a student's group and a teacher to develop a task together to achieve a common objective, collaborative learning is more effective if participants work in well-designed scenarios [5]. As part of our research process, we have identified that it is necessary and important to have strategies set to achieve collaboration and group cognition when participating in a collaborative learning activity. This article shows the advances towards the framework definition that allows increasing collaboration and the group cognition construction, through the centralization of strategies that allow achieving learning and collaboration. This document is structured as follows: section 2 describes the problem state-

ment, section 3 defines the project objectives and section 4 shows the project progress until this moment [6].

Problem statement

Currently, there are methodologies for the application's design that support the collaborative learning process, some of them are: CIAM [6], which is a methodological approach for the user interfaces development in groupware applications, Rodríguez et al [7], define a methodology for the user interfaces design in collaborative applications from computing independent models, on the other hand, AMENITIES [8] (acronym of A Methodology for aNalysis and desIgn of cooperaTIve systEmS), is a methodology focused on the initial modeling of the system using the user point of view and considering aspects related to the group (group cognition, relations between users, group dynamics, social aspects representation, etc.), among other methodologies that focus mainly on design, leaving aside, to seek that with these applications the shared group cognition is achieved through the collaborative knowledge construction, defined by Gerry Stahl in [9], which emphasizes the support for interactions between the students themselves, with a teacher playing a role more facilitating than instructive. Furthermore, the group knowledge construction implies the construction or subsequent some type of knowledge artifact development. Meaning, students are not simply socializing and exchanging their reactions or personal opinions on the subject, but they could be developing a theory, model, diagnosis, concept map, mathematical proof or presentation. To achieve this group cognition, and a collaboration between the participants, it is proposed to have strategies to achieve this objective, such as: monitoring and evaluation of the participant's interaction of the activity, gamification, or in the games creation, content adaptation, among other strategies to achieve this cognition and the necessary collaboration, and through a framework all these aspects are taken into account that supports the proposed objectives achievement.

To achieve the above, it is necessary to analyze the problems presently present, one of the main collaborative learning problems is that in many situations it has been believed that having the technological infrastructure guarantees effective collaboration [9], but for this it is necessary to go beyond that to have a class practices set, laboratories and the respective technological tools. A deeper approach must be taken to ensure collaboration among the work teams, and also a common and egalitarian learning through some external factors analysis such as: people group, activities and technological infrastructure [10], furthermore to considering the monitoring and evaluation of the learning process by the

teacher, who must be in continuous attention that the collaboration is carried out. In the same way, keep track of the interaction aspects such as technology, communication, the activity members, among others, and their relationship with the collaborative activity. The interaction ability is one of the elements that predominates in how students will develop collaborative activities, which is why Johnson et al. [11] determine that: “it is necessary to focus more on the interaction and learning process than on the results”. On the other hand, most research on collaborative learning indicates positive effects on the participants individual learning, an increase in the group knowledge and/or the organization and an improvement in the skills to construct and generate knowledge [12]. However, technological development is still very focused on individual learning models, providing few tools for collaborative knowledge management processes. Therefore, it is especially important to construct knowledge that must be generated in the process of conducting a computer-assisted collaborative activity, which allows the group cognition achievement, considering that in order to obtain learning, the usual internet environments do not work, which do not allow a true knowledge construction and do not allow to link ideas, modify contributions, etc. According to Gros [12] to date most virtual learning platforms do not facilitate the knowledge construction, “they allow an information exchange and discussion, but they are not designed to favor the knowledge construction process.” For the knowledge construction are needed environments that allow ideas to arise and enter the path of continuous improvement, in such a way in community there is a shared responsibility to give life to ideas, improve them, etc. It is necessary, a shared work environment for the knowledge construction.

Taking into account the above, it is proposed to define a conceptual model that contains different strategies types, which is supported by a framework that increases collaboration and achieve group cognition. In this way, the following research question arises: How to improve the collaborative learning process promoting collaboration and achieving group cognition among collaborative activity participants?

Project objectives

General objective

To define a framework that increases collaboration and achieves group cognition.

Specific objective

- To specify and characterize the learning collaborative process elements that allow to increase collaboration and achieve group cognition.
- To select and use a methodology for modeling the framework that contains the learning collaborative process elements that allow increases collaboration and achieves group cognition.
- To evaluate the framework in a collaborative learning environment and to validate the framework with experts to determine the completeness and ease of use in its application.

Project progress

The collaborative learning process is divided into three phases [12]: Pre Process, Process and Post Process, in which we have done previous work on how to increase collaboration in the collaborative learning activity development in the Process phase (was collected the studies carried out in [13]) through the monitoring and evaluation use of the process and that generates evidence of the need to apply other strategies types to achieve such collaboration and generate group cognition.

Currently, the project is in the literature search stage to determine related works and conceptual bases that generate a solid justification and clearly define the problem planning and can establish its hypothesis.

References

- [1] Centro Interuniversitario de desarrollo, Las nuevas demandas del desempeño profesional y sus implicancias para la docencia universitaria, 2000.
- [2] D. Johnson, R. Johnson, E. Johnson and P. Roy, Circles of learning. Cooperation in the classroom, Association for Supervision and Curriculum Development, 1984.
- [3] G. Jacobs, J. Ball, S. Lee, Learning Cooperative Learning via Cooperative Learning, SEAMEO Regional Language Center. Singapore, 1995.
- [4] G. Stahl, Group cognition: Computer support for building collaborative knowledge, Cambridge, MA: MIT press, 2006.
- [5] M. Carreras, Diseño de un entorno colaborativo y su aplicación a plataformas de aprendizaje, Tesis Doctoral, Universidad de Murcia, 2005.
- [6] A. Molina, M. Redondo and M. Ortega, CIAM: Una Aproximación Metodológica para el desarrollo de Interfaces de Usuario en aplicaciones groupware, VII Con-

- greso Internacional de Interacción Persona-Ordenador (INTERACCION 2006), 2006d, Puertollano (Spain), 2006.
- [7] M. Rodríguez, J. Garrido, M. Noguera, M. Hurtado and Jose. Polo, Diseño de interfaces de usuario para aplicaciones colaborativas a partir de modelos independientes de la computación, Universidad de Granada, España, 2005.
 - [8] M. Gea, F. Gutierrez, J. Garrido, J. Cañas, AMENITIES: Metodología de modelado de sistemas cooperativos, En Workshop de Investigación sobre nuevos paradigmas de interacción en entornos colaborativos aplicados a la gestión y difusión del Patrimonio cultural, 2002.
 - [9] V. Agredo, C. Collazos, H. Fardoun and N. Safa, Collaboration Increase Through Monitoring and Evaluation Mechanisms of the Collaborative Learning Process, En International Conference on Social Computing and Social Media. Springer, Cham, 2017, pp. 20-31.
 - [10] N. Scagnoli, Estrategias para motivar el aprendizaje colaborativo en cursos a distancia, 2005.
 - [11] T. Koschmann, CSCL, argumentation, and Deweyan inquiry, En Arguing to learn. Springer Netherlands, 2003, pp. 261-269.
 - [12] B. Gros, Aprendizajes, conexiones y artefactos: la producción colaborativa del conocimiento, 2008.
 - [13] C. Collazos, L. Guerrero, J. Pino, S. Renzi, J. Klobas, M. Ortega, M. Redondo, C. Bravo, Evaluating collaborative learning processes using system-based measurement, Journal of Educational Technology & Society, 2007, vol. 10, no 3, pp. 257 – 274.

Applying the communicability evaluation method to evaluate the user interface design. A case study in an ATM System

Arturo Moquillaza,⁵⁶ Freddy Paz,⁵⁷
Fiorella Falconi, Raysa López⁵⁸

Abstract

The Communicability Evaluation Method (CEM) is a technique proposed by Semiotic Engineering that measures the degree to which adequate communication is achieved between designers and users through the user interface. The case studies found in the literature focus on desktop applications or web applications. In this study, we present the results of a Communicability Evaluation on an ATM System in the Self-Service domain. The experimental case was executed by specialists in HCI given a request from BBVA Continental to define which of two user interface proposals would be better received by their customers, as well as being less intrusive for the current Withdrawal experience. The operation was called “Retiro Seguro” and consisted in offering a micro-insurance during the navigation of a withdrawal. Actual customers summoned and asked to perform some tasks on both proposals in a realistic environment.

56. Universidad San Ignacio de Loyola, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
Correo electrónico: amoquillaza@puclp.pe

57. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Correo electrónico: fpaz@puclp.pe

58. BBVA Continental. Lima, Perú. Correos electrónicos: fiorella.falconi@bbva.com, raysa.lopez@bbva.com

We concluded that the second proposal was better in achieving design objectives and we proposed implementing an intermediate solution.

Keywords: Usability, UCD, semiotic engineering, Communicability Evaluation Method (CEM), Human-Computer Interaction (HCI), Automatic Teller Machine (ATM)

Introduction

According to the works by Moquillaza et al [1, 2], BBVA Continental is an important Peruvian bank that is in the process of digital transformation, and is very interested in topics of UX, HCI and Usability. In that sense, they have launched a digital product called “Retiro Seguro” (Safe Withdrawal), which is a micro-insurance that is offered to bank customers to purchase during a typical withdrawal for a nominal cost. The Bank, in its desire to enhance its product, and to get more sales, has two improvement proposals for it, but does not want a negative impact on the withdrawal navigation experience. In this regard, they asked the UmetSoft research group for support in order to carry out some tests to validate the proposals. UmetSoft suggested using CEM, a method proposed in Semiotic Engineering to evaluate Communicability as an expected attribute in a user interface [3]. The experience was executed based on the study by Paz et al [4] with real users in a laboratory with an ATM, in front of the application itself. As a result, we could determine the degree of communicability of the proposals and the quality of the meta-communication between designers and users. In that sense, we recommended using an intermediate proposal based on parameters of the withdrawal itself. Finally, we delivered this information and recommendations to the Bank.

Techniques and methodology

According to [4], from the point of view of Semiotic Engineering, human-computer interaction is perceived as a communication between users (receivers) and designers (senders).

According to the above, CEM is a method proposed by De Souza [4], to measure the level of communicability of a software application. The intention is to determine the level at which users can understand the design of the interface, that is, the messages sent by the designers [5].

Semiotic Engineering

According to [5], Semiotic Engineering focuses on seeing Human-Computer Interaction as a type of communication, and as such, with all the elements involved; Designers are senders who communicate a message to users who are receivers through a channel that is the interface of the application. The messages are all the elements that the designers place in the interface for the users.

Communicability Evaluation Method

According to [6], Communicability Evaluation Method (CEM) is a method proposed by De Souza, to measure the level of communicability of a software application.

This method allows designers to appreciate how well users understand the messages sent, by identifying communicative breakdowns that occur during the interaction.

In Semiotic Engineering, this method establishes that the HCI is a type of communication between humans, with computer as intermediary. This interaction includes the participation of designers and users, and communication occurs at the moment when users utilize the system. If the purpose of each interface element is properly communicated, users will be able to achieve their goal by using the given system [6].

Using the CEM method, a test is executed with users; they are asked to interact with the software interface being tested. This interaction is guided by a set of previously defined tasks that users must execute during the evaluation. All the interaction must be recorded on video to capture both the screen and the user's face. Subsequently, the user's movements on the interface and their facial expressions will be analyzed [7]. The audio in recordings is also important for this analysis.

With this information as input, the method is applied in three phases: Tagging, Interpretation, and Semiotic Profile [7].

1. Tagging

In this phase, specialists analyze all the recordings made to observe the user's reactions and identify communicative breakdowns. Evaluators should relate each evidence of breakdown to one of a set of 13 tags proposed by the method. These tags are expressed in natural language and in some cases are even said or paraphrased by the users themselves.

According to De Souza [8], this tagging means: “Putting words in the user’s mouth”. Those 13 tags are the following [8]: “I give up.”, “Looks fine to me.”, “Thanks, but no, thanks.”, “I can do otherwise.”, “Where is it?”, “What happened?”, “What now?”, “Where am I?”, “Oops!”, “I can’t do it this way.”, “What is this?”, “Help!” and “Why doesn’t it?”

2. Interpretation

In this phase, specialists analyze everything identified in the previous phase and analyze all the problems of the interface. Each communicative breakdown is related to a specific category or class of HCI problem: navigation, meaning assignment, task accomplishment, and missing/ declination of affordance [9].

3. Semiotic Profile

In this last phase, the specialists must be able to identify the general meaning transmitted between designers and users. After this analysis, the specialists will try to recover the original communication goal of the designers, they will put themselves in the place of the designers and they will answer in the first person questions about who designers think are the users, what they need, and the design vision, among others [9].

Research design

Participants

The participants were six real clients of BBVA Continental; some were providers and other employees of Bank. Their ages ranged between 22 and 60 years, all had previous experience using the ATM, but they had never bought a “Retiro Seguro” before. To represent the participants, we used these IDs: P1 to P6.

Interfaces description

The interfaces corresponded to two improvement proposals for the “Retiro Seguro” product [10]. This product consists of a micro-insurance that is offered for sale during the navigation of a withdrawal, as long as it is greater than S/ 100 soles. A typical withdrawal has the following flow [10]: (1) Card and PIN entry, (2) Operation selection, (3) Account selection, currency and amount, (4) Confirmation screen and (5) Screen of successful operation. In the current “Retiro Seguro” navigation, as can be seen in [8], a button was added in the withdrawal flow confirmation screen, which, when pressed, triggers the “Retiro

Seguro” flow and returns the customer to the “Successful withdrawal” operation screen.

In this context, the Bank had two proposals: the first, mainly visual improvements without change of flow, and the second, with a change in the withdrawal flow, by replacing the safe withdrawal button with a full screen. With the second proposal, the Bank expected customers to buy more, but they feared that this new screen would have a negative impact on the withdrawal flow, the main operation in the ATM.

Figure 1.
Proposal 1: Button in Confirmation Screen

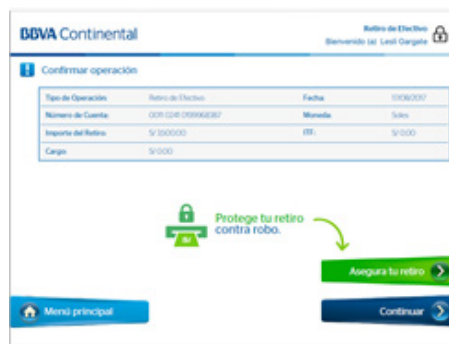


Figure 2.
Proposal 2: Full screen before Confirmation Screen



Test design

The Bank presented two navigation proposals, which were designed by its UX department. They already evaluates usability. In addition, we looked for a complementary approach that would allow us to evaluate the interfaces, having

as the focus not to hinder the cash withdrawal process. For these reasons, we chose to apply CEM.

The test was made of two activities: A withdrawal and a withdrawal acquiring a “Retiro Seguro” on the ATM with the first navigation, and the same tasks with the second navigation. We considered the following for preparing the test:

- The understanding of the screens that inform about the characteristics of the product.
- Appropriate visibility of the “Retiro Seguro” option in proposal 1.
- The impact of the full screen in front of a client that only wants to withdraw in the proposal 2.

In order to avoid some biases related to the proposals, we presented to participants, the activities in different order.

Test environment

The communicability test was executed on December 7, 2017. This study was conducted in the ATMs laboratory of BBVA Continental. The interfaces were implemented in the ATM application and deployed in Test Environments ATM to make the experience of the test as close to reality.

We used the following electronic devices and software:

- Two ATMs NCR 6621 touch screen.
- VNC remote control.
- FastCapture Trial Edition.
- Two mobile phone video cameras to record all the gestures, facial expressions and commentaries aloud.
- A VISA test environment card for user utilization.

Data analysis and results

1. Tagging

After studying the recorded videos and analyzing the interaction between users and ATMs, we identified the communicative breakdowns.

The results show that no events were registered for the following tags: “I give up”, “Looks fine to me”, “I can do otherwise”, “Where is it?”, “I can’t do it

this way”, “Help!” and “Why doesn’t it?” They did not appear in activity 1 or in activity 2.

Table 1.
Tags mapped in every activity

Tag	P1	P2	P3	P4	P5	P6
What happened?						X
What now?		X	X		X	X
Where am I?	X					
Oops!	X					
I can’t do it this way.		X	X		X	X

The events for the remaining tags in the activity 1 are described as follows:

- Thanks, but no thanks.

P1 preferred not to take the “Retiro Seguro”, in spite of we suggested her to do it. She said she was afraid to press the button because she did not know about the product.

- What now?

P2 and P5 did not initially understand what they had to do on the first screen of “Retiro Seguro”. And P6 didn’t understand how to continue on the confirmation screen.

P1 was very confused with the sequence on the final screen; she was waiting for the money when she still had to make a final choice.

- Oops!

There is not the option to withdraw S/10 soles bills, but P5 tried to withdraw that amount, so an error message appeared. She tried again by changing the amount, and then she went on.

- What is this?

When P4 was asked to take the “Retiro Seguro”, she was not sure if it was the right button.

The situation of P1 and P3 was different because they were surprised to see the first “Retiro Seguro” screen and they did not understand what it was.

Another was the case of P5 and P6, who did not understand what the confirmation screen was.

Now the events for the activity 2 are described as follows:

- What is this?

At the beginning, P6 was confused and did not understand the first screen of “Retiro Seguro”.

- What now?

P2, P3, P5 y P6 were confused because they saw the “Retiro Seguro” screen, when they expected the confirmation screen. Then, they did not know what they had to do next. P6 also had problems in identifying how to continue on the confirmation screen.

- Where am I?

On an error screen, P1 made the gesture of pressing a button in a place where there was not any. She pressed the bottom right of the screen.

- Oops!

P1 received an error message since the amount entered was not dispensable, but she corrected the amount and continued.

- What is this?

P2, P3 and P6 were confused about what they were looking at on the “Retiro Seguro” screen. Something similar happened for P5 when she saw the confirmation screen and had difficulty understanding what it was about.

2. Interpretation

According to the previous section, the main tags identified were “What now?” and “What is this?” These two tags are related to two typical HCI problems: Navigation and Meaning Assignment. Both utterances are expected, given that these navigations are new, and users are expected to learn the new navigations.

In general, users finally indicated that they understood the interfaces and they could complete the requested activities.

The users also expressed an interest in buying “Retiro Seguro”, but only after knowing what it meant. The mere presence of the button was not enough to increase their interest. However, several users stated that a full screen could be invasive, and they would prefer not to see it as long as the amounts of their withdrawals were low since it would be an impediment to making quick withdrawals.

3. Findings and recommendations

Finally, we wrote a report to the Bank, containing the following findings and recommendations:

a. Findings

- With proposal 1, users were afraid to press the “Retiro Seguro” button because they felt that there would be an additional charge for some type of service without first informing them about the process.
- With proposal 1, users will rarely choose to purchase the “Retiro Seguro” product because users are not given details about it.
- With proposal 2, users have received information about “Retiro Seguro” and there is a possibility that they will buy more often, if any of the following conditions are present: withdrawal of a large amount of money, withdrawal in a dangerous place, or if the area near the ATM has a reputation for questionable activity.
- According to the users, the information shown on the “Retiro Seguro” screen is understandable and describes the terms of the product well.
- Three out of six users stated that they would have no problem in seeing the “Retiro Seguro” screen, and they will choose not to take the product (they emphasized the usefulness of knowing about the possibility of insuring their money).
- All six users expressed the usefulness of knowing about the “Retiro Seguro” option for situations in which the buying of this product would have merit.
- With proposal 2, two of the users expressed possible future annoyance due to the repetitive appearance of an additional screen since they would not be interested, especially in cases where the withdrawal be a low amount. At that time, however, they did not express any displeasure when it appeared for the first time.
- Both proposals have the same degree of usability and communicability. According to the results obtained, it is not possible to establish a significant difference between one and the other.

b. Recommendations

- Identify those conditions where “Retiro Seguro” is useful for users, to specify and personalize the offer.
- At least once should appear to all users, so that they know the product and have knowledge that they can opt for this at the time of doing a withdrawal.

- ATM waiting times could be used to display information screens about the product.

Conclusions and future work

This paper presents the results of a case study in which the CEM was successfully applied to an option from the ATM application of BBVA Continental. This study, the purpose of which, in addition to academic, was to provide a solution to the Bank. It involved the participation of UmetSoft and the ATM Systems team of the Bank in mention. The goal of this analysis was to evaluate two proposals to improve the “Retiro Seguro” product. An analysis of the results allowed the specialists to conclude that the second proposal could problems for the withdrawal of small amounts, so an intermediate solution based on the withdrawal amount was suggested. Likewise, it was concluded that the level of communicability of both proposals was acceptable.

Following the line of the conclusions of Paz et al in [10], where it indicates that more cases of study should be executed on applications in other contexts, it was found that this method works properly in a self-service context such as ATM applications. Likewise, we recommend that communicability evaluations be applied to more ATM options and to consider this attribute in general throughout the process of design, development and evaluation of interfaces for this application.

Acknowledgment

We want to thank BBVA Continental, especially the ATM Systems team, and UmetSoft for the support provided throughout the process until the completion of this work.

References

- [1] Moquillaza A. et al. (2017): Developing an ATM Interface Using User-Centered Design Techniques. In: Marcus A., Wang W. (eds) Design, User Experience, and Usability: Understanding Users and Contexts. DUXU 2017. Lecture Notes in Computer Science, vol 10290. Springer, Cham
- [2] Moquillaza A and Paz F. (2017): Applying a user-centered design methodology to develop usable interfaces for an Automated Teller Machine. In Proceedings of the XVIII International Conference on Human Computer Interaction (Interacción '17). ACM, New York, NY, USA, Article 26, 4 pages.

- [3] Alarcon, C., Medina, F., Villarroel, R.: Finding usability and communicability problems for transactional web applications. *IEEE Latin Am. Trans.* 12(1), 23–28 (2014)
- [4] Paz F., Paz F.A., Pow-Sang J.A. (2016) Application of the Communicability Evaluation Method to Evaluate the User Interface Design: A Case Study in Web Domain. In: Marcus A. (eds) *Design, User Experience, and Usability: Design Thinking and Methods. DUXU 2016. Lecture Notes in Computer Science*, vol 9746. Springer, Cham
- [5] De Souza, C.S., Leit˜ao, C.F.: *Semiotic Engineering Methods for Scientific Research in HCI*. Morgan & Claypool Publishers, Pennsylvania State University, PA, USA (2009)
- [6] Reis, S., Prates, R.: An initial analysis of communicability evaluation methods through a case study. In: *CHI 2012 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, CHI EA 2012*, NY, USA, pp. 2615–2620. ACM, New York (2012)
- [7] Bim, S.A., Leit˜ao, C.F., de Souza, C.S.: Can the teaching of hci contribute for the learning of computer science the case of semiotic engineering methods. In: *Proceedings of the 11th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*, pp. 185–194. *IHC 2012*. Brazilian Computer Society, Porto Alegre, Brazil (2012)
- [8] BBVA Continental (2017): Retiro Seguro. <https://www.bbvacontinental.pe/personas/seguros/proteccion/retiro-seguro/> [Accessed on 14 Dic 2017]
- [9] BBVA Continental (2017): Retiros: Paso a paso. <https://www.bbvacontinental.pe/personas/canales/cajeros-automaticos/#ficha-content-2> [Accessed on 14 Dic 2017]
- [10] DE SOUZA, C. (2013). Semiotics. In: M. Soegaard and R. Dam, ed., *The Encyclopedia of Human-Computer Interaction*, 2nd ed. [online] The Interaction Design Foundation. Available at: <https://www.interaction-design.org/literature/book/the-encyclopedia-of-human-computer-interaction-2nd-ed/semiotics> [Accessed on 2 Jan. 2018].

Propuesta metodológica para el diseño de juegos serios para la rehabilitación psicomotriz de niños con discapacidad auditiva

Víctor Manuel Peñeñory, Álvaro Felipe Bacca,
Sandra Patricia Cano⁵⁹
César A. Collazos⁶⁰

Abstract

El desarrollar juegos serios dirigidos a la rehabilitación requiere de diferentes técnicas, herramientas y lineamientos, para la identificación y diseño de los diferentes elementos formales, las actividades terapéuticas y de interacción que el equipo de desarrolladores debe tener en cuenta para la implementación. Para ello el propósito de este artículo es presentar una propuesta de metodológica de diseño de juegos serios para rehabilitación que permita guiar a los desarrolladores en la creación de juegos serios que enriquezcan los procesos terapéuticos de tal manera que sean satisfactorias y eficientes para las personas con algún tipo de discapacidad, como la auditiva.

Keywords: Juegos serios, rehabilitación, interacción humano computadora, Diseño centrado en el Jugador.

59. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Buenaventura Cali, Colombia. Correos electrónicos: vmpeneno@usbcali.edu.co, afbaccam@usbcali.edu.co, spcano@usbcali.edu.co

60. Facultad de Ingeniería, Universidad del Cauca. Popayan, Colombia. Correo electrónico: ccollazo@unicauca.edu.co

Introducción

Actualmente en el mundo se pueden encontrar 200 millones de personas con algún tipo de discapacidad [1]. Cuando alguno de los sentidos se ve involucrado en algún tipo de trastorno, suele provocar que el proceso de desarrollo físico y cognitivo sea más lento, especialmente en niños, su desarrollo normal; Para poder superar este tipo de problemas, muchas de estas personas deben asistir a largas sesiones de rehabilitación que generalmente son tediosas y poco satisfactorias para su experiencia, debido a que la mayoría de las sesiones de rehabilitación son actividades repetitivas que casi siempre conllevan al aburrimiento.

Los juegos serios surgen como respuesta a la necesidad de ofrecer herramientas con las cuales se puedan realizar procesos o actividades formativas a través de medios lúdicos tecnológicos (digitales y tangibles) y entretenidos. Estas herramientas han demostrado que el desarrollo de habilidades cognitivas y físicas de sus usuarios se incrementan debido a las novedosas y constantes estrategias para la motivación del aprendizaje no pasivo a la que estos juegos los exponen que estos juegos los exponen, incentivando la sensación de satisfacción personal por los logros obtenidos durante la interacción, en un entorno distinto al tradicional [2][3][4][5][6][7]. Es por ello que involucrar herramientas basadas en el juego como estrategia, podrían ayudar a que este grupo poblacional mejore su desarrollo físico y cognitivo de una forma agradable y satisfactoria con procesos interactivos acompañados de elementos gamificados y formativos.

Sin embargo, no todos los juegos serios están acondicionados para cubrir necesidades especiales [8] [9]. Esto se debe a que el nivel de psicomotricidad de un niño con discapacidad es más lento comparado con un niño normal, por tal razón los objetivos a alcanzar son diferentes con el fin desarrollar experiencias interactivas enfocadas a la rehabilitación de niños con discapacidad auditiva con retrasos motrices, en este trabajo se presenta una propuesta metodológica que recurre a las técnicas y herramientas más importantes provenientes del Diseño Centrado en el Usuario (DCU), la Teoría de la Actividad, diseño e implementación de videojuegos y juegos serios, que permitan realizar un diseño más profundo de todos los elementos formales, las actividades terapéuticas y de interacción del juego serio creando así las diferentes funcionalidades que se usarán en las actividades de rehabilitación.

La estructura de este artículo es la siguiente. Para la sección II se definirá que es un juego serio y las metodologías actuales existentes, En la sección III se hablarán del proceso de construcción de la metodología propuesta. En la sección 4, se describirá la metodología y cada una de sus fases. Por último, se presentarán las conclusiones y trabajos futuros.

Juegos serios y sus metodologías de diseño

La primera aparición del término “juego serio” data de la época de los 70, donde el principal instrumento de entretenimiento y ocio en los hogares eran la televisión y los juegos de mesa, siendo este último el medio que impulsará la creación de juegos que involucren procesos de formación y aprendizaje. Clark Abt, puntualizó el interés hacia los juegos serios en su libro llamado *Serious Game*, “Nos interesan los juegos serios porque tienen un propósito educativo explícito y cuidadosamente planeado, y porque no están pensados para ser jugados únicamente por diversión” [10].

El objetivo principal de los juegos serios esta en estimular los procesos cognitivos y físicos de los jugadores a través de diferentes actividades y dispositivos de interacción. Por esta razón deben diseñarse pensando en la diversión y motivación de los jugadores dentro de un espacio pedagógico. Es por esto que su diseño involucra aspectos instruccionales y pedagógicos para la generación de habilidades, y mejoras en los procesos de bienestar y formación [11].

Gracias a la diversificación de los juegos serios han aparecido nuevas propuestas metodológicas para el diseño y desarrollo de este tipo de juegos. En el año 2008, Nadolski [12] propone su metodología llamada EMERGO, la cual ofrece una guía de desarrollo de juegos basada en escenarios, donde se modelan las tareas sobre situaciones del mundo real. Para el año 2010, la metodología basada en un modelo industrial sobre ingeniería pedagógica propuesta por Marfisi-Schottman et al. [13], propone el desarrollo de herramientas teóricas y técnicas destinadas al diseño de juegos serios basados en modelos educativos para enseñar competencias profesionales.

En el año 2011, la investigadora Natalia Padilla [14], propone una metodología para el diseño de videojuegos serios educativos sobre una arquitectura de análisis del aprendizaje colaborativo, que permite gestionar, diseñar y adaptar cada uno de los elementos del juego serio. En el 2015, Castagnola y Bosio [15], presentaron una metodología utilizada en la implementación de un entorno lúdico desarrollado con el fin de tratar a pacientes con retraso mental, Síndrome de Down, parálisis cerebral, etc. Carina en [16] presenta una propuesta metodológica basada en la introducción de las técnicas de gamificación y mecánicas de juego aplicadas a la educación y la salud. Finalmente, en el año 2016 la Cano [17] propone Meconesis una metodología para diseñar juegos serios encaminados a la rehabilitación del lenguaje y la comunicación de los niños con implante coclear.

Construcción de la metodología para el diseño de juegos serios para la rehabilitación psicomotriz de niños con discapacidad auditiva

La principal motivación para la construcción de esta metodología fue principalmente la contribución en el diseño de juegos serios como herramientas en el área de la rehabilitación física y mental de niños con necesidades especiales. En este caso la metodología está encaminada a guiar procesos de diseño de juegos serios dirigidos a niños con discapacidad auditiva y que tuvieran retrasos o trastornos psicomotrices, problema que afecta en gran parte el desarrollo del lenguaje, la comunicación, la socialización y el aprendizaje [18], afectando la percepción del mundo y de lo que los rodea [19][20]. En la actualidad esta problemática se está abordando con terapias tradicionales que hacen que el niño pierda interés en el proceso de rehabilitación debido a que hay poca estimulación lúdica que lo motive.

Por esta razón es importante que durante el proceso de diseño de juegos serios enfocados en la rehabilitación se tenga en cuenta la actividad a realizar y cómo hacer que este se enriquezca con los procesos lúdicos y motivacionales a través de los elementos formales de los juegos, permitiendo así la aparición del elemento clave motivacional dentro de la terapia; “la diversión”.

Es por la razón anterior que para la construcción de la propuesta metodológica APRehab, se involucraron diferentes filosofías como el Diseño Centrado en el Jugador, la Interacción Humano Computadora, los Videojuegos, los Juegos Serios, la Interacción Humano Computadora, el diseño universal y la Teoría de la Actividad, con el fin de permitir diseñar los juegos serios desde la perspectiva de la actividad de rehabilitación, el fisioterapeuta, el paciente, las mecánicas y dinámicas de juego.

Como primera contribución a la metodología se construyó un modelo para el análisis de requisitos y actividades de usuario llamado MARAU [21][22] como primera fase de la metodología. MARAU le ofrece a APRehab (Auditory Psychomotor Rehabilitation) una forma de profundizar en las actividades terapéuticas tradicionales, los aspectos físicos y terapéuticos de los pacientes y los elementos mediadores usados para alcanzar los objetivos de rehabilitación elementos importantes que se necesitan para el diseño de este tipo de juegos serios centrados en el bienestar de pacientes.

APRehab fue desarrollada en una primera instancia a partir del estudio, identificación y análisis de modelos y metodologías dirigidas al diseño e implementación de juegos serios y videojuegos más usados como Emergo[23], EDoS[23], LEGA-

DEE[24], Doodle[25], ESD[27][26], MECONESIS[27], PlayCentric[28], P-III Framework[29], Serious Game Design Model[30], adicionalmente se analizaron las propuestas de diseño de juegos de la universidad de Barcelona (Coursera), la metodología propuesta por Natalia Padilla[30], la propuesta realizada por Castagnola y Bosio[31] y las “Estrategias gamificación aplicadas a la educación y a la salud” de Carina Gonzalez [31] .

Adicionalmente este estudio permitió comprender que este tipo de metodologías dirigidas a la construcción de productos de entretenimiento y rehabilitación debe poseer un conjunto de fases que sean flexibles y que permitan una evolución constante del producto a través de la generación de prototipos construidos a partir de la constante participación de los pacientes, terapeutas y diseñadores.

Para cumplir con este requerimiento en APRehab se plantearon seis fases: Análisis de pacientes y actividades (Fase 1), Conceptualización del juego y la experiencia de jugador (Fase 2), Diseño de los elementos formales del juego (Fase 3), Diseño de los requerimientos y la interacción (Fase 4). Diseño de prototipos (Fase 5), Test de Juego (Fase 6).

Luego de plantear cada una de las fases se prosiguió con analizar cómo cada una de los modelos y metodologías de diseño estudiadas podrían contribuir a cada una de las fases de la metodología. En la tabla 1 se muestra el resultado de este proceso.

Tabla 1.
Contribución a las fases de APRehab

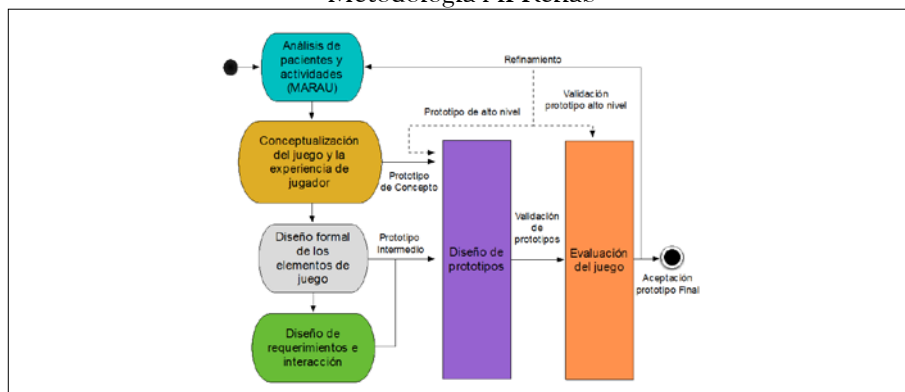
	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Fase 5	Fase 6
Videogame Design (U. BARCELONA)	X	X	X	-	X	X
EMERGO	-	-	X	X	-	X
EDoS	X	X	-	-	-	X
LEGADEE	-	X	-	X	-	-
DOODLE	-	X	X	X	-	-
ESD	-	X	-	-	X	X
MECONESIS	X	X	-	X	-	X
PlayCentric	X	X	X	-	X	X
Waterfall model	-	-	X	X	-	X
P-III Framework	-	-	X	-	X	X
Serious Game Design (BRYAN BERGERON)	X	X	X	X	-	X

Luego de analizar las metodologías, se examinaron, agruparon y filtraron las diferentes actividades que proponen las diferentes metodologías seleccionadas y se distribuyeron en cada una de las fases dando como resultado un conjunto de actividades que se deben realizar para todo proceso de diseño que involucre juegos serios y actividades de rehabilitación.

Finalmente se construyeron una serie de diagramas de actividad por cada fase de la metodología propuesta que permite visualizar cual es la secuencia de acciones que se debe proseguir durante el proceso de uso de cada fase de la metodología

A continuación, se presenta en la figura 1 como se integra y se compone el proceso de diseño a partir de la Metodología APRehab.

Figura 1.
Metodología APRehab



Metodología aprehab y sus fases

La metodología APRehab, es una herramienta que ofrece los elementos y aspectos importantes del ciclo de diseño de juegos serios enfocados a actividades de rehabilitación. Esta posee la particularidad de ofrecer las herramientas y técnicas necesarias que permiten un análisis profundo de los pacientes, sus características físicas, cognitivas y lo más importante las actividades que realizan y los elementos mediadores que usan para lograr los objetivos deseados en la recuperación del paciente.

Una de las características principales de la metodología APRehab es su proceso iterativo, que permite en cada ciclo generar una evolución consistente del producto interactivo además de la claridad procedural para la documentación adecuada, tales como los documentos de diseño de juego (GDD) y los documentos diseño técnicos (DTD). Ofrece adicionalmente un proceso de evaluación

continúa en cada fase con el acompañamiento de expertos en el dominio de la salud y los pacientes, con el fin que desde las primeras fases del diseño se esté recibiendo retroalimentación constante del producto en ciclos de mejora consistentes para generar una experiencia de usuario plena que alcance los objetivos de rehabilitación y motivación que se necesitan en sistemas interactivos de esta naturaleza. A continuación, se detalla cada una de las fases de la metodología APRehab.

Fase 1: Análisis de pacientes y actividades: Fase construida a partir del modelo de actividades y requerimientos de usuario (MARAU) [31], el cual ofrece las siguientes actividades; Análisis de los aspectos físicos y cognitivos de los pacientes, análisis del contexto físico, social y cultural del paciente, análisis de artefactos de usuario e instrumentos mediadores (físicos o simbólicos), análisis de actividades de usuario y de rehabilitación, además del análisis de las necesidades de usuario.

A partir de MARAU, APRehab obtiene un modelo de actividad que nos ayuda a definir la tipología del paciente, los objetos mediadores que se usaran como instrumentos de interacción, las reglas que tendrá la actividad a realizar mediante el juego serio, la comunidad que intervendrá en el proceso de rehabilitación del paciente, la división de roles o acciones a realizar durante la actividad y el objetivo alcanzar. Con esta información más el perfil y las necesidades de los pacientes se obtienen los insumos para la conceptualización y diseño tanto del juego como de la experiencia de usuario que elaborará en la siguiente etapa.

Fase 2: Conceptualización del juego y la experiencia de jugador. Esta fase se divide en tres momentos clave, la primera etapa se encarga de la definición de las dimensiones de la experiencia del usuario (física, cognitiva, emocional, motivacional) y sus objetivos, la definición formal de los procesos de rehabilitación (objetivos, prerrequisitos, propiedades, roles actividades y secuencias de acciones) y la definición de los escenarios, además de la identificación de las experiencias tecnológicas para los procesos de interacción. La segunda etapa tiene como objetivo establecer una descripción general del juego serio a partir de una aproximación de cada uno de los elementos del juego (Características, objetivos, metas, logros, historia, género, trasfondo, restricciones, reglas y uso).

Al final de la fase se realizará todas las actividades de planeación del juego, en donde se establecen los roles, el equipo de trabajo, el tiempo y costo de implementación, los contenidos y el análisis de la propiedad intelectual; Todo esto da como resultado la construcción de los primeros bocetos y prototipos de la

idea o concepto de juego serio que posteriormente será evaluado por el equipo de expertos y los pacientes.

Fase 3: Diseño de los elementos formales del juego: Fase centrada en la identificación, definición, selección y diseño de los diferentes requerimientos, el contenido, la jugabilidad, los elementos básicos y formales, las mecánicas, progresión, reglas, acciones, componentes artísticos y estéticos del juegos serio. Al final de esta fase se ofrece un documento de diseño de juego (GDD), con todos los parámetros y planteamientos necesarios, que permitirá documentar todo el proceso realizado anteriormente y tener un insumo para la posterior implementación del prototipo.

Fase 4: Diseño de los requerimientos y la interacción: En esta fase del proceso se empieza con una descripción detallada de las actividades de rehabilitación que se desarrollaran dentro del juego serio en términos de las herramientas, recursos, requerimientos tecnológicos que se usaran para el posterior diseño de los diferentes interfaces y dispositivos interactivos. Al final de esta fase como entregable se encuentra la construcción del documento técnico de diseño (DTD) para que el equipo de diseño y desarrollo pueda construir un prototipo intermedio con todos los aspectos jugables y tecnológicos necesaros. Este prototipo será evaluado por el equipo de expertos en el dominio y por el grupo de pacientes involucrados.

Fase 5: Diseño de prototipos: Fase transversal a todas las fases anteriores de la metodología APRehab, que permite el diseño, construcción y revisión de los diferentes resultados en las diferentes fases de la metodología. Durante conceptualización del juego y la experiencia de jugador esta fase permite generar un prototipo de bajo nivel que permite visualizar el estado inicial de la idea del juego. Mientras que, en las fases de diseño de los elementos formales del juego y el diseño de los requerimientos y la interacción, esta fase se elabora el diseño e implementación de un prototipo intermedio (prototipo beta) que después de la revisión y evaluación del equipo de diseño y desarrollo, expertos en el dominio y usuarios finales, permitirá la construcción del prototipo de alto nivel, el cual sería una versión aproximada al producto final (prototipo alfa).

Fase 6: Test de Juego: Al igual que la fase de diseño de prototipos, esta fase se encuentra inmersa dentro de los procesos de las fases iniciales. A partir de la construcción de cada prototipo la metodología permite el diseño, la implantación, el uso y el análisis un tipo de evaluación que corresponda a cada tipo de prototipo (prototipo de concepto, prototipo intermedio y prototipo final). Estas evaluaciones permiten obtener retroalimentación para realizar los cambios perti-

nentes antes de continuar a la siguiente etapa. El acompañamiento del personal experto y de los pacientes durante los test o evaluaciones es muy importante para la recolección de información y generar en cada iteración un producto más completo y satisfactorio. Con esta fase se busca refinar en cada iteración cada uno de los diferentes prototipos, pasar de un prototipo de conceptualización, a un prototipo intermedio hasta llegar a un prototipo de alto nivel con el cual se busca generar una aceptación por parte de los usuarios finales, si este no se obtiene la metodología es lo suficiente flexible como para realizar una nueva iteración que permita un mejoramiento más profundo del juego serio.

Conclusiones y trabajos futuros

Durante la revisión de la bibliografía existente y el análisis de las diferentes propuestas se comprobó que las metodologías seleccionadas para el análisis contribuían parcialmente a cada una de las fases propuestas en APRehab, debido encontraron vacíos en elementos y herramientas importantes que se deben tener en cuenta en un proceso de diseño y desarrollo de juegos serios enfocados a la rehabilitación de pacientes. Este hallazgo permitió concluir que era de gran importancia ofrecer nuevas técnicas, lineamientos y actividades que enriquecieran los procesos de análisis de actividades del paciente, el diseño de requerimientos técnicos e interacción con el juego y diseño de prototipos.

Un elemento diferenciador de la Metodología APRehab para juegos serios enfocados a la rehabilitación es ofrecer una constante construcción y evaluación de prototipos con la participación de expertos en el dominio y pacientes finales que permitirá recibir una retroalimentación y refinamiento constante del producto que se está diseñando. Además de ofrecer plantillas para la documentación de los procesos de diseño como el GDD y DTD.

Finalmente, como trabajo posterior a esta propuesta, se construirá una plantilla de evaluación dirigida a validar junto con expertos, que tan completo se encuentra APRehab a nivel de elementos mínimos necesarios para la construcción de metodologías de diseño encaminadas a la construcción de juegos serios para rehabilitación.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la IX Convocatoria de apoyo a proyectos de investigación, desarrollo e innovación (proyecto id: 4515) de la Vicerrectoría

de investigaciones de la Universidad del Cauca (Colombia Adicionalmente se agradece el apoyo al proyecto a las Universidades de San Buenaventura.

Referencias

- [1] OMS, “Resumen, informe mundial sobre la discapacidad.” Organización Mundial de la Salud, <http://goo.gl/pGAAr0>, Tech. Rep., 2011.
- [2] S. Cano, V. Peñeñory, C. A. Collazos, H. M. Fardoun, and D. M. Alghazzawi, “Training with phonak: Serious game as support in auditory verbal therapy for children with cochlear implants,” *Rehab* 2015, 2015.
- [3] T. Martins, M. Araujo, and V. Carvalho, “Physiovinci – a first approach on a physical rehabilitation game,” 5th International Conference, SGDA 2014, 2014
- [4] J. Torrente, A. del Blanco, P. Moreno-Ger, and B. Fernandez-Manjon, “Designing serious games for adult students with cognitive disabilities,” *ICONIP 2012, Part IV. LNCS*, vol. 7666, pp. 603–610, 2012.
- [5] C. Pérez-Arévalo, C. Manresa-Yee, V. M. Peñeñory. Game to develop rhythm and coordination in children with hearing impairments. *Interacción '17: Proceedings of the XVIII International Conference on Human Computer Interaction*, 2017.
- [6] V. Peñeñory, C. Manresa-Yee, I. Riquelme, S. Cano, C. A. Collazos. Review of systems to train psychomotor skills in hearing impaired children. *REHAB '16 Proceedings of the 4th Workshop on ICTs for improving Patients Rehabilitation Research Techniques* Pages 81-84. ISBN: 978-1-4503-4765-5
- [7] V. Peñeñory, C. Manresa-Yee, I. Riquelme, S. Cano, C. A. Collazos, *Sistemas Interactivos Enfocados a la rehabilitación psicomotriz en niños con discapacidad auditiva*. Libro: *Avances en tecnologías interactivas aplicadas a la discapacidad*, ISBN: 978-607-525-128-8 p. 125-142
- [8] R. Marques, J. Madeiras, and M. Oliveira, “Using serious games for cognitive disabilities,” 5th International Conference, SGDA 2014, 2014.
- [9] J. Gonzalez, M. Cabrera, and F. Gutiérrez, “Using videogames in special education,” *EUROCAST 2007. LNCS*, 2007.
- [10] C. Abt. *Serious Games*, New York: Viking Press, 1970.
- [11] D. Michael and S. Chen, “Serious games: Games that educate, train, and inform,” *Course Technology PTR*, 2004.
- [12] H. G. J. Hummel, H. J. van der Brink, R. E. Hoefakker, A. Sloomaker, H. J. Kurvers, J. Storm, and R. J. Nadoslki, “Emergo: A methodology and toolkit for developing serious games in higher education,” *Simulation Gaming*, pp. 338–352, 2008
- [13] S. George, F. Tarpin-Bernard, and I. Marfisi-Schottman, “Tools and methods for efficiently designing serious games,” 4th European Conference on Game-Based Learning, pp. 226–234, 2010.

- [14] N. Padilla, "Metodología para el diseño de videojuegos educativos sobre una arquitectura para el análisis del aprendizaje colaborativo" Ph.D. dissertation, Universidad de Granada, 2011.
- [15] M. E. Castagnola, M. A. Bosio, and G. A. Chiodi, "Juegos serios aplicados a niños con discapacidades," ~ STS 2015, 2o Simposio Argentino sobre Tecnología y Sociedad., 2015.
- [16] C. S. G. Gonzalez, "Estrategias gamificación aplicadas a la educación y a la salud," in Simposio internacional de videojuegos y educación, 2014.
- [17] S. Cano, J. Arteaga, C. Collazos, C. Gonzalez, and S. Zapata, "Meconesis: Metodología para la concepción de juegos serios para niños con discapacidad auditiva.
- [18] S. Sanchez, ´ Guía para la atención educativa a los alumnos y alumnas con discapacidad auditiva. Orientación Educativa y Solidaridad, 2003.
- [19] E. Juarez and R. Mazariegos, "La importancia del diseño gráfico en la elaboración de material didáctico para niños con discapacidad auditiva ~ en la ciudad de Puebla," 2003
- [20] D. A. Reynoso, "Desarrollo psicomotor del niño sordo de 6 a 12 años", Universidad de San Marcos de Guatemala, Tech. Rep., 2007.
- [21] V. M. Peñeñory, C. Manresa-Yee, S. Cano, H. Fardoun. Proposal of a model for the analysis of requirements and activities for the design of interactive experiences aimed at the psychomotor rehabilitation of children with hearing impairments. ACM - Proceedings of the XVIII International Conference on Human Computer Interaction. 2017.
- [22] V. M. Peñeñory, C. Manresa-Yee, S. Cano, H. Fardoun," Propuesta de modelo para el análisis de requisitos y actividades para el diseño de experiencias interactivas dirigidas a la rehabilitación Psicomotriz" Scientia et Cognito – Montiel & Soriano Ed. Año 1 Vol1. 2017
- [23] J. Aad, S., J. K. H., and Jeroen, S. Emergo: A methodology and toolkit for developing serious games in higher education. Journal Simul. Gaming (2008), 338–352.
- [24] T. C. Dung, G. Sébastien, and M. S. Iza. Edos: An authoring environment for serious games design based on three models. 4th European Conference on Games Based Learning ECGBL2010 (2010), 393–402
- [25] I. Marfisi-Schottman, Méthodologie, modèles et outils pour la conception de Learning Games. Thèse doctorat informatique et mathématiques, L'Institut national des sciences appliquées de Lyon, 2012
- [26] Mark, M. The doddle model: A flexible document - oriented model for the design of serious games. Games-Based Learning Advancements for MultiSensory Human Computer Interfaces: Techniques and Effective Practices. IGI Global (2009), 98–118.
- [27] Mehmet, C. A methodological approach for serious game software development: an application for language disorders. Master thesis, Atılım University, 2012.

- [28] Mehmet, C., Pinar, E., Gul, T., and Nergiz, C. E. A serious game for speech disorder children therapy. Health Informatics and Bioinformatics (HIBIT) 7th International Symposium on (2012), 18–23..
- [29] T. Fullerton. Game Design Workshop: A playcentric approach to creating innovative game. CRC Press – Taylor & Francis Group. 3rd Ed. 2014
- [30] V. Vaden Abeele, B. Schutter, et. P-III: A Player-Centered, Iterative, Interdisciplinary and Integrated Framework for Serious Game Design and Development. S. De Wannemacker et al. (Eds.): ITEC/CIP/T 2011, CCIS 280, pp. 82–86, 2012. © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012
- [31] B. Bergeron. Developing Serious Games. Thomson – Delmar Learning. 2006

Modelo para la identificación de emociones en un tutorial inteligente

Yesenia N. González Meneses⁶¹

Josefina Guerrero García

Juan Manuel González Calleros

Iván Olmos Pineda⁶²

Resumen

En el proceso de aprendizaje de un estudiante, las emociones influyen de manera determinante en la adquisición de conocimientos. La emoción despierta en las personas la curiosidad, el interés y por tanto el foco de la atención. Los aprendizajes generados en la vida cotidiana o dentro de un aula que se encuentran asociados a emociones -ya sean positivas (como la alegría o el interés) o negativas (como el miedo o la tristeza)- son los que permanecerán en nuestra memoria. En este artículo se presenta una propuesta en desarrollo para la identificación de emociones en ambientes educativos utilizando algoritmos de aprendizaje automático y tecnologías de adquisición de señales fisiológicas y de comportamiento. Se considerarán las tres principales emociones centradas en el aprendizaje: confusión, aburrimiento y emoción. Se propone hacer la fusión de datos de dos tecnologías para la adquisición de señales fisiológicas y de

61. Doctorado en Ingeniería del Lenguaje y del Conocimiento, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México. Correo electrónico: yeseniaglez@hotmail.com

62. Facultad de Ciencias de la Computación, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México. Correos electrónicos: joseguga01@gmail.com, juan.gonzalez@cs.buap.mx, iolmos@cs.buap.mx

comportamiento con la idea de lograr identificar las emociones de una manera más precisa. En la primera etapa de este proyecto los datos serán capturados durante la interacción de los alumnos con un tutorial inteligente de álgebra que determina habilidades cognitivas, datos que se complementarán con la identificación de emociones para ayudar a seleccionar las estrategias de enseñanza más adecuadas al modelo del estudiante.

Palabras clave: Identificación automática de emociones, algoritmos de aprendizaje automático, contexto educativo, tutorial inteligente.

Introducción

La interacción entre los seres humanos y la computadora será cada vez más natural si los ordenadores son capaces de percibir y responder a la comunicación no verbal humana como las emociones. Este problema en el área de interacción humano-computadora es conocido como clasificación de emociones, detección o reconocimiento automático de emociones, como lo mencionan en [1] y [2]. El reconocimiento automático de emociones en la interacción humano computadora se puede plantear, a partir del uso de sensores fisiológicos que permiten la adquisición de datos en forma de señales fisiológicas y a través del análisis de señales de voz, de imágenes de vídeo del rostro, ojos, cabeza o movimientos corporales de las personas [3]. Dentro de las interfaces humano-computadora para capturar señales fisiológicas que pueden ayudar al reconocimiento de emociones, como lo mencionan en [4], se encuentran las diademas de ondas cerebrales, que miden la actividad cerebral en forma de electroencefalograma (EEG). También están las pulseras cardiovasculares, que miden el ritmo cardíaco en forma de electrocardiograma (ECG). Sensores de actividad electrodermal, que miden el nivel de conductividad de la piel a través del sudor en las manos. Cámaras térmicas que miden el cambio de temperatura del cuerpo. Dispositivos para medir la actividad eléctrica muscular en respuesta a una estimulación nerviosa, en forma de electromiografía (EMG). Para la identificación del comportamiento de las personas analizando las posturas de su cuerpo o sus gesticulaciones se hace uso de las cámaras de video tradicionales, cámaras web o cámaras de realidad aumentada, para la identificación de voz se usan grabadoras, como lo mencionan en [5].

Los datos obtenidos de diferentes dispositivos deben ser procesados y clasificados con base a un objetivo específico. En este caso serán utilizados para el reconocimiento de emociones centradas en el aprendizaje capturados en ambientes educativos reales cuando estudiantes estén utilizando un tutorial inteligente para

aprendizaje del álgebra. El tutorial también considera la ejecución de actividades de aprendizaje tradicionales dentro de un aula escolar como la realización de ejercicios a mano e interacción con juegos y material didáctico manual.

Desde el enfoque computacional la detección y reconocimiento de emociones es un problema relevante dentro del área de investigación de cómputo afectivo, pues es el punto de partida en el estudio y desarrollo de sistemas de interacción humano-computadoras sensibles a las emociones de los seres humanos. La complejidad de los problemas con los que trata el cómputo afectivo radica en el hecho de ser un área interdisciplinaria que abarca las ciencias computacionales, la psicología y las ciencias cognitivas [6]. Particularmente en el área computacional el reto es seleccionar y probar algoritmos de aprendizaje automático construyendo una metodología completa de reconocimiento de emociones centradas en el aprendizaje e integrarla a un sistema tutorial inteligente que complemente el modelado del estudiante y ayude a la toma de decisiones sobre estrategias de enseñanza y asignación de actividades de forma automatizada.

Descripción del problema

El problema del reconocimiento automático de emociones ha sido un área de investigación altamente activa en los últimos años. Aun así se está lejos de una solución clara y que a su vez esté al alcance de la mayoría de las personas. Diversos inconvenientes han influido en la construcción de una solución apropiada desde el punto de vista computacional. Por un lado, un factor que afecta el desempeño de los reconocedores de emociones en contextos reales es la dificultad de generar bases de datos con emociones espontáneas. Generalmente se realizan trabajos con bases de datos actuadas las cuales proporcionan retratos de emociones que facilitan la búsqueda de correlaciones y la subsecuente clasificación automática. Como consecuencia, no se han tenido buenos resultados al trasladar el conocimiento extraído de estas bases de datos a contextos reales [7]. En contraparte, las bases de datos con emociones espontáneas muestran información con contenido emocional no perteneciente a una sola clase, sino que son una mezcla de emociones. En otros casos, existen muestras con una carga emocional muy ligera, cercana a un estado emocional neutro. Además, las bases de datos con emociones espontáneas suelen grabarse en ambientes ruidosos como salones de clase, oficinas, fábricas o en conversaciones telefónicas, lo que conlleva la inclusión de ruido. Otro reto por resolver es la extracción y selección de un conjunto de características que permitan reconocer emociones en los datos capturados de manera espontánea. Por lo tanto, es necesario pro-

poner y explorar otros enfoques que permitan llegar a un buen desempeño del reconocimiento de emociones en aplicaciones del mundo real.

Para ello, se propone trabajar con características diversificadas, obtenidas incluso de la fusión de los datos provenientes del uso de diferentes tecnologías de adquisición de señales fisiológicas y de comportamiento. Para este proyecto, se propone utilizar la cámara de video tradicional, cámara térmica y pulsera cardiovascular por ser menos invasivos y no utilizados de manera conjunta en la literatura revisada.

Para abordar el problema, los investigadores en el área han trabajado en dos aspectos principalmente. El primero es desarrollando técnicas de procesamiento, análisis y caracterización de los datos capturados (señales e imágenes). En segundo lugar, han trabajado en diferentes técnicas de reconocimiento de patrones que modelen las propiedades de la información extraída en el procesamiento de los datos. En esta propuesta se abordan ambos aspectos. Se trabajará en el análisis de las señales e imágenes para encontrar las características más relevantes en el reconocimiento de emociones. También, se definirá el uso de dos métodos de clasificación apropiados para enfrentar la complejidad de las características que describen los datos procesados y para aprovechar la información provista por cada tipo de característica y obtener una mejor precisión en la clasificación de emociones. La intención de este trabajo de investigación es el avance hacia el reconocimiento de emociones centradas en el aprendizaje identificadas en [8] producidas de manera espontánea realizadas en contextos educativos que permitan completar el modelo del estudiante. Este trabajo se centrará en reconocer específicamente emoción, aburrimiento y confusión.

Objetivos de la investigación

El objetivo de este trabajo es reconocer emociones en ambientes educativos utilizando algoritmos de aprendizaje automático y tecnologías de adquisición de datos fisiológicos y de comportamiento para identificar relaciones entre emoción-aprendizajes. Para lograr lo anterior se proponen las siguientes actividades:

1. Investigar, analizar y seleccionar el modelo de emociones y las tecnologías para la adquisición de datos fisiológicos sobre los que se basará la propuesta.
2. Analizar y seleccionar ambientes educativos para hacer la captura de datos biométricos y de comportamiento.
3. Investigar, estudiar y seleccionar algoritmos de aprendizaje automático para la selección de características y para la clasificación de emociones.

4. Diseñar una metodología para la identificación de emociones centradas en el aprendizaje.

Para validar el trabajo se realizarán pruebas con estudiantes de educación superior y se evaluará la precisión de reconocimiento con métricas que permitan compararlo con trabajos relacionados en la literatura. El módulo se integrará a un tutor inteligente del álgebra dentro del modelo del estudiante complementándolo y por lo tanto reforzando la toma de decisiones de estrategias de enseñanza y asignación de actividades.

Con esto pretendemos corroborar como el modelo propuesto permite identificar emociones en contextos educativos que contribuyen a la toma de decisiones en las relaciones emoción-aprendizaje.

Trabajos relacionados

El análisis comparativo del estado del arte que se está realizando consiste en una recopilación de artículos enfocados específicamente al reconocimiento de emociones en actividades de aprendizaje y a la identificación de la relación emoción-aprendizaje. Hay una clara diferencia en la literatura encontrada. Existen trabajos que, aunque realizan una identificación de emociones le dan mayor relevancia al análisis de la relación emoción-aprendizaje. Mientras que otros hacen énfasis especialmente en los algoritmos para reconocimiento automático de emociones y la tasa de reconocimiento alcanzada y con menos importancia analizan la relación emoción-aprendizaje. Considerando estas dos vertientes a continuación se presenta una revisión del estado del arte analizado hasta el momento.

Trabajos centrados en el problema computacional del reconocimiento automático de emociones

En el trabajo de [9] utilizan una red neuronal convolucional para el reconocimiento de emociones centradas en el aprendizaje. Ejecutan pruebas usando tres bases de datos: RaFD, base de datos de expresiones faciales posadas conteniendo imágenes de 8 emociones básicas y dos bases de datos espontáneas creadas por ellos mismos especialmente con un contenido de emociones centradas en el aprendizaje. Las emociones que reconocen son: interesado (engagement), entusiasmado (excitement), aburrido y relajado. La precisión que alcanzan al utilizar sus bases de datos es de 88% y 74% respectivamente.

En [10] proponen un método asistido por computadora para instructores de escuelas especiales, donde enseñan a alumnos con desórdenes mentales o

problemas emocionales con un sistema que usa tecnologías usables y reconocimiento inteligente de emociones. El módulo de reconocimiento de emociones inicia con la captura de la señal de diademas cerebrales. Los datos filtrados son enviados al módulo de extracción de características. Después de extraer las características las procesan con dos clasificadores: máquina de vectores de soporte y k-vecinos cercanos con una validación cruzada de 10 iteraciones. Las emociones que reconocen son: felicidad, calma, tristeza y miedo. Un módulo de expresión muestra al instructor las sugerencias de tratamiento de acuerdo con estado emocional detectado.

En [11] implementan un patrón local binario para el reconocimiento de emociones centradas en el aprendizaje. El propósito de este trabajo es construir una base de datos de expresiones faciales espontáneas correspondientes a estados afectivos en educación para ser usada en diferentes sistemas tutoriales inteligentes. Las tecnologías para captura de datos que utilizan son video y diademas de EEG (Emotiv-EPOC). Las emociones centradas en el aprendizaje que reconocen son: frustración, aburrimiento, interés y entusiasmo. Utilizan un clasificador de máquina de vectores de soporte para hacer la clasificación de emociones. Después de aplicar el reconocedor su precisión calculada fue de 80% con una desviación estándar de 2%.

En el trabajo de [11] se explica la construcción y validación de una base de datos de expresiones faciales que se recopila tomando fotografías con una cámara web. Cada fotografía es etiquetada con las emociones de los usuarios obtenidas en ese momento desde el dispositivo Emotiv-EPOC. Para el reconocimiento de expresiones faciales usan una técnica basada en geometría que mide las distancias entre el punto central de la cara y otros 68 puntos de referencia. Estas medidas son transformadas en características para entrenar una máquina de vectores de soporte. Obtienen una precisión por emoción de: aburrido de 64%, interesado de 64%, emocionado de 83% y frustrado de 62%. El mismo modelo para el reconocimiento de emociones también lo usan en [12], como parte de un medio ambiente de aprendizaje afectivo basado en la Web 3.0 para aprender a programar en Java.

Finalmente, en [13] proponen diferentes actividades recomendadas para inducir un determinado estado mental y capturan la respuesta del EEG para cada uno de ellos. Pretenden identificar el estado emocional ideal para aprender. Estas actividades están basadas en investigaciones psicológicas que están dedicadas a medir el nivel de atención, concentración y otras funciones. En el proceso de clasificación utilizan k-means y clustering con una tasa total de concentración de 96% de 3592 instancias.

Trabajos centrados en el análisis de la relación emoción-aprendizaje a partir de la identificación de emociones

En [14], hacen un estudio de los estados afectivos que se originan cuando los alumnos aprenden con tecnología, usando un tutorial para aprender los fundamentos de la programación en Python. Las emociones que pueden identificar son: compromiso, confusión, frustración, aburrimiento, curiosidad (que fueron los estados afectivos más frecuentes), ansiedad, felicidad, angustia, sorpresa, disgusto, tristeza y temor (que fueron los más raros). Con el análisis de sus resultados identifican la relación emoción-aprendizaje desde cinco enfoques diferentes. Concluyen que no hay una co-ocurrencia de los estados afectivos que se pueda generalizar; corroboran el modelo de dinámica afectiva de [15].

En [16] presentan el desarrollo de un tutor inteligente con reconocimiento y manejo de emociones para las matemáticas. Y en [17] desarrollan un sistema de aprendizaje afectivo para la lógica algorítmica aplicando gamificación. En ambos trabajos integran un módulo para el reconocimiento de emociones. Este proceso está basado en el análisis de rostros. En el segundo trabajo agregan también la captura de señales de datos de EEG para etiquetar las imágenes faciales.

El análisis de estos trabajos nos ayudó a identificar las áreas de oportunidad respecto a nuestra investigación y poder definir las estrategias de diseño de la metodología y algoritmos de selección de características y de clasificación a utilizar. Esto con la finalidad de validar la hipótesis de que la metodología propuesta nos permitirá identificar emociones en contextos educativos que contribuyan a la toma de decisiones en la relación emoción – aprendizaje.

Modelo propuesto

Modelo para la identificación de emociones

La metodología general de la investigación se muestra gráficamente en la Figura 1. Los pasos principales son:

1. Investigación, análisis y selección de las tecnologías para adquisición de los datos fisiológicos, del modelo de emociones, del contexto de aplicación y de los algoritmos de aprendizaje automático, que serán propuestos para el desarrollo de la metodología.
2. Tratamiento de datos, incluye la grabación o adquisición de datos fisiológicos y de comportamiento para formar la base de datos, el pre procesamiento requerido para preparar los datos y la implementación de algoritmos de ex-

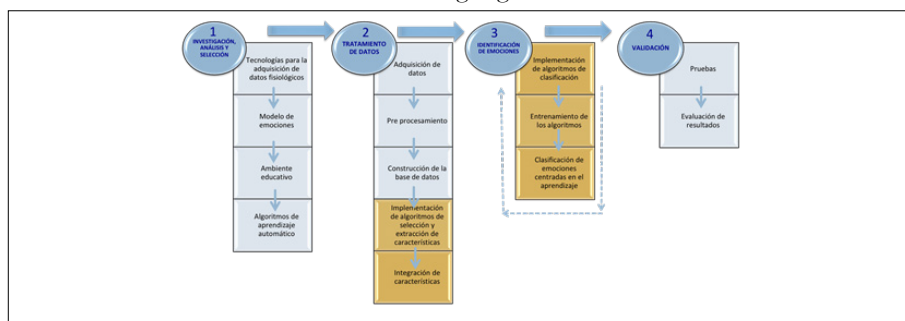
tracción, selección e integración de características relevantes provenientes de las diferentes señales.

3. Identificación de emociones, se probarán y entrenarán los algoritmos de aprendizaje automático seleccionados para la clasificación de emociones centradas en el aprendizaje.
4. Validación, se realizarán pruebas para evaluar el modelo completo para la identificación de emociones con métricas que midan su ejecución, precisión y exactitud.

Integración del módulo de identificación de emociones al sistema tutorial inteligente

Se toma como referencia la arquitectura de un sistema tutorial inteligente con gamificación propuesto en [18].

Figura 1.
Metodología general

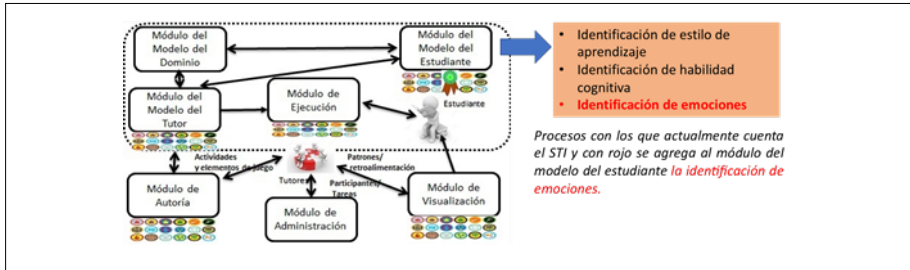


En el módulo del modelado del estudiante se integra el modelo para la identificación de emociones que se desarrollará como se observa en la Fig.2. Una vez obtenidas las características que modelan al estudiante se identificarán y analizarán las relaciones emoción-aprendizaje con el objetivo de contribuir en la toma de decisiones sobre estrategias de enseñanza y asignación de actividades de aprendizaje.

Conclusiones

El desarrollo de este proyecto contribuirá en la identificación de vacíos en el reconocimiento automático de emociones centradas en el aprendizaje. Permitirá identificar y proponer tecnologías menos invasivas recomendadas para la captura de datos en la identificación de emociones centradas en el aprendi-

Figura 2.
Arquitectura de un sistema tutorial inteligente (STI) con gamificación
e integración del modelo de identificación de emociones



Fuente: [18].

zaje, iniciaremos con el uso de cámaras de video, cámaras térmicas y pulseras cardiovasculares. Para el desarrollo de la metodología propuesta se plantea el uso de algoritmos de aprendizaje automático, como redes neuronales y el uso de técnicas difusas. Un análisis previo de los datos capturados nos permitirá la elección de los mejores algoritmos de acuerdo a sus características y distribución. Se espera una contribución en la propuesta de integración de datos provenientes de diferentes tecnologías de adquisición de señales fisiológicas. La etapa de adquisición de datos se llevará a cabo mediante un experimento controlado en el que participaran alumnos de nivel superior haciendo uso de un sistema tutorial inteligente para aprender álgebra. Los alumnos serán grabados mediante la cámara de video y la cámara térmica usando la pulsera cardiovascular en el momento en el que interactúan con el sistema tutorial. Se recolectarán datos de al menos 100 alumnos. Después del pre procesamiento de datos se iniciará con la ejecución de los algoritmos de extracción de características y de clasificación seleccionados. Se espera obtener resultados que contribuyan a mejorar la identificación de emociones centradas en el aprendizaje que puedan ser considerados para la toma de decisiones sobre estrategias pedagógicas y actividades de aprendizaje más adecuadas a cada estudiante. El modelo propuesto deberá poder integrarse a cualquier tipo de sistema tutorial inteligente dentro del módulo del modelado del estudiante.

Referencias

- [1] R. Zatarain-Cabada, M. L. Barrón-Estrada, F. González-Hernández, R. Oramas-Bustillos, G. Alor-Hernández, and C. A. Reyes-García, "Building a Corpus and a

- Local Binary Pattern Recognizer for Learning-Centered Emotions,” *Adv. Comput. Intell.*, vol. II, pp. 524–535, 2017.
- [2] N. Bosch et al., “Automatic Detection of Learning-Centered Affective States in the Wild,” *Proc. 20th Int. Conf. Intell. User Interfaces - IUI '15*, pp. 379–388, 2015.
 - [3] C. Fuentes, V. Herskovic, I. Rodríguez, C. Gereá, M. Marques, and P. O. Rossel, “A systematic literature review about technologies for self-reporting emotional information,” *J. Ambient Intell. Humaniz. Comput.*, pp. 1–14, 2016.
 - [4] R. Zatarain, M. L. Barrón, O. J. Luis, and J. A. Martínez, “Reconocimiento automático y aspectos éticos de emociones para aplicaciones educativas,” *Komputer Sapines, México*, pp. 27–31, 2014.
 - [5] R. Cowie et al., “Emotion recognition in human computer interaction,” *IEEE Signal Process. Mag.*, vol. 18(1), no. January, pp. 32–80, 2001.
 - [6] R. W. Picard, *Affective Computing*. 1997.
 - [7] S. Steidl, “Automatic Classification of Emotion-Related User States in Spontaneous Children’s Speech,” *Universität Erlangen-Nürnberg*, 2009.
 - [8] A. C. Graesser and Sidney D’Mello, “Moment-to-moment emotions during reading,” *Read. Teach.*, vol. 66, no. 3, pp. 238–242, 2012.
 - [9] F. González-Hernández, R. Zatarain-Cabada, M. L. Barrón-Estrada, and H. Rodríguez-Rangel, “Recognition of learning-centered emotions using a convolutional neural network,” *J. Intell. Fuzzy Syst.*, 2017.
 - [10] R. Mehmood and H. Lee, “Towards Building a Computer Aided Education System for Special Students Using Wearable Sensor Technologies,” *Sensors*, vol. 17, no. 317, pp. 1–22, 2017.
 - [11] R. Zatarain-Cabada, M. L. Barron-Estrada, F. González-Hernández, and H. Rodríguez-Rangel, “Building a Face Expression Recognizer and a Face Expression Database for an Intelligent Tutoring System,” *Proc. - IEEE 17th Int. Conf. Adv. Learn. Technol. ICAIT 2017*, no. 2161–377X/17, pp. 391–393, 2017.
 - [12] R. Zatarain-Cabada, L. M. Estrada-Barron, F. González, and C. A. Reyes-García, “An Affective and Web 3.0-Based Learning Environment for a Programming Language,” *Telemat. Informatics*, 2017.
 - [13] J. Y. Arana-Llanes, G. González-Serna, R. Pineda-Tapia, V. Olivares-Peregrino, J. J. Ricarte-Trives, and J. M. Latorre-Postigo, “EEG lecture on recommended activities for the induction of attention and concentration mental states on e-learning students,” *J. Intell. Fuzzy Syst.*, 2017.
 - [14] N. Bosch and S. D’Mello, “The Affective Experience of Novice Computer Programmers,” *Int. J. Artif. Intell. Educ.*, vol. 27, no. 1, pp. 181–206, 2015.
 - [15] S. D’Mello and A. Graesser, “Dynamics of affective states during complex learning,” *Learn. Instr.*, vol. 22, no. 2, pp. 145–157, 2012.

- [16] M. . Estrada-Barrón, R. Zatarain-Cabada, and Pérez-Hernández, "Intelligent Tutor with Emotion Recognition and Student Emotion Management for Math Performance," *Rev. Electrónica Investig. Educ.*, vol. 16, pp. 88–102, 2014.
- [17] R. Zatarain-Cabada, M. L. Barrón-Estrada, and J. M. Ríos-Félix, "Affective Learning System for Algorithmic Logic Applying Gamification," *Chapter Lect. Notes Comput. Sci.* • Oct. 2017, vol. 576, no. August, 2017.
- [18] C. González, A. Mora, and P. Toledo, "Gamification in intelligent tutoring systems," *Proc. Second Int. Conf. Technol. Ecosyst. Enhancing Multicult.*, pp. 221–225, 2014.

Hacia la creación de una guía para la evaluación de la usabilidad en entornos virtuales de aprendizaje

Juan David Pinto⁶³
Vanessa Agredo-Delgado⁶⁴
César A. Collazos⁶⁵

Abstract

El desarrollo de Internet ha tenido un gran impacto en la educación a distancia y, en consecuencia, la educación en línea se ha convertido en una alternativa con un alto grado de popularidad para las personas que no pueden acceder a la educación tradicional. Al mismo tiempo, crece la oferta de diferentes propuestas, modalidades de sistemas educativos en línea y el número de personas que las utilizan, por lo que es necesario tener en cuenta la diversidad de necesidades y las características de estas personas al diseñar los Entornos de Aprendizaje Virtual (EVAs). Además, la experiencia del usuario (UX) se refiere a “cómo se sienten las personas acerca de un producto y su satisfacción cuando lo usan, lo miran, lo sostienen, lo abren o lo cierran”. El UX cubre diferentes facetas relacionadas con la calidad del producto de software, tales como accesibilidad, emotividad, usabilidad, entre otros. En este sentido, la presente investigación

63. Grupo de investigación IDIS, Universidad del Cauca. Popayan, Colombia. Correo electrónico: jdpinto@unicauca.edu.co

64. Grupo de investigación IDIS, Grupo de investigación TIC Unicomfacauc, Universidad del Cauca. Popayan, Colombia. Correo electrónico: vanessaagredo@unicauca.edu.co

65. Grupo de investigación IDIS, Unicomfacauc, Universidad del Cauca. Popayan, Colombia. Correo electrónico: ccollazo@unicauca.edu.co

se centra exclusivamente en la faceta de “usabilidad”, que se define como la calidad de la experiencia de un usuario cuando interactúa con productos o sistemas de software. La evaluación de usabilidad incluye un conjunto de métodos que analiza la calidad del uso de un sistema interactivo en diferentes etapas del ciclo de vida del desarrollo. El problema surge al decidir cuál de los métodos de evaluación existentes o cuál de sus combinaciones es apropiado para evaluar la usabilidad de un EVA, para que la evaluación se realice de manera completa y consistente, permitiendo obtener resultados concretos, que consideren factores como: efectividad, eficiencia, satisfacción, tiempos razonables, entre otros factores. Es por eso que en este artículo se muestra la propuesta de creación de guías con la combinación de métodos de evaluación de usabilidad que permiten realizar una evaluación exhaustiva de EVAs.

Palabras claves: educación, entornos virtuales de aprendizaje, usabilidad, experiencia de usuario, métodos de evaluación de usabilidad.

Introducción

El desarrollo de Internet ha tenido un gran impacto sobre la educación a distancia y consecuentemente, la educación en línea se ha consolidado como una alternativa con un alto grado de popularidad para personas que por distintas circunstancias no pueden acceder a la educación tradicional. Por otra parte, diferentes instituciones educativas de todo el mundo sacan provecho de las tecnologías disponibles para así proveer formación a una audiencia cada vez mayor. Cada día hay más personas que para aprender y formarse hacen uso de sistemas para la educación en línea, muchas de ellas ven en este tipo de sistemas, una única oportunidad de ser parte de los sistemas educativos implantados en nuestra sociedad. [1] Al mismo tiempo que crece la oferta de distintas propuestas y modalidades de sistemas de educación en línea, crece también el número de personas que los utilizan, por lo que se hace necesario considerar la diversidad de necesidades y características de estas personas al momento de diseñar los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA). De esta manera, se contribuye al diseño y construcción de sistemas de educación en línea para que las personas puedan utilizarlos de manera sencilla, efectiva y eficiente, de forma que el proceso de aprendizaje proporcione una experiencia de usuario positiva [1].

En la actualidad los EVA están dirigidos a un público cada vez más amplio, a usuarios cada vez menos expertos en el manejo de los mismos, por tal razón la Experiencia de Usuario (UX, por sus siglas en inglés User eXperience) es parte fundamental en el éxito de los EVA [2]. La UX se refiere a “cómo se sienten las

personas acerca de un producto y su satisfacción cuando lo usan, lo miran, lo sostienen, lo abren o cierran” [2]. La UX abarca diferentes facetas relacionadas a la calidad de un producto software como lo son accesibilidad, emotividad, usabilidad, entre otros [3]. En ese sentido, la presente investigación se enfoca exclusivamente a la faceta “usabilidad” de la UX y en su característica “facilidad de aprendizaje”, la cual se define como: el tiempo que un usuario, que nunca ha visto una interfaz, puede aprender a usarla bien y realizar operaciones básicas, ¿Cuánto le toma al usuario típico de una comunidad aprender la manera en cómo se usan los comandos relevantes a un conjunto de tareas? [4] y concretamente en el estudio de esa facilidad de uso en los EVA. Este documento está estructurado de la siguiente manera: la sección 2 describe el planteamiento del problema, la sección 3 define aspectos básicos, la sección 4 muestra los aportes de esta propuesta y finalmente la sección 5 presenta la conclusión preliminar encontrada hasta este momento.

Planteamiento del problema

La evaluación de usabilidad se ha determinado como la actividad que comprende un conjunto de métodos que analizan la calidad de uso de un sistema interactivo, en diferentes etapas del ciclo de vida del desarrollo[5]. Este proceso puede ser llevado a cabo por personas con diferentes habilidades y conocimientos, involucrando usuarios potenciales y actuales, expertos en usabilidad, diseñadores de sistemas, entre otros. Es necesario realizar la evaluación de usabilidad para validar que el producto final cumple con los requerimientos y es usable, teniendo como objetivos principales: evaluar el alcance y la accesibilidad de la funcionalidad de los sistemas, evaluar la experiencia del usuario en su interacción con el sistema, e identificar problemas específicos del sistema [6], siendo estos los mismos objetivos que se buscaran al evaluar un EVA con una guía de combinación de métodos.

La evaluación de la usabilidad de un sistema interactivo, y en este caso en particular la evaluación de usabilidad de un EVA, es una etapa importante dentro del diseño centrado en el usuario, ya que permite obtener las características de la usabilidad del sistema y la medida en que los atributos, paradigmas y principios de usabilidad se están aplicando en éste [7]. Para realizar la evaluación de la usabilidad existen distintos Métodos de Evaluación de Usabilidad (MEU), cuya realización depende de variables tales como: costos, disponibilidad de tiempo, recursos humanos que interpreten los resultados, entre otros. De esta manera elegir métodos para evaluar la usabilidad de un EVA no resulta una tarea sencilla [8].

Los MEU se agrupan generalmente en las categorías [9]: inspección, prueba e indagación, los cuales pueden ser usados iterativamente y en etapas distintas del desarrollo de un sistema. La ruta que generalmente se sigue para realizar las evaluaciones de usabilidad es aplicar al menos uno de los métodos de inspección, uno de indagación y uno de los métodos de prueba, dependiendo de la situación y el contexto en que se presente. Esto debido a que los métodos de prueba permiten evaluar el sistema realizando pruebas empíricas del diseño de la interfaz con usuarios representativos, y, por otra parte, los métodos de inspección son realizados por analistas y expertos en usabilidad con el objetivo de identificar errores y problemas de diseño del sistema en cuestión [9]. Así, es posible definir los problemas de usabilidad en una primera etapa, para luego hacer una evaluación de la influencia de esos problemas. Ahora bien, existen distintos factores que influyen en la ejecución de los MEU, tanto de inspección, indagación como de prueba, con características que determinan el tipo de información que puede obtenerse, las etapas en que pueden ser realizados, entre otras. Además, existen diferencias en los tiempos necesarios para llevar a cabo cierto método de evaluación, los equipos necesarios, cantidad de expertos en usabilidad, usuarios de prueba representativos, etc [10].

Una serie de MEU pueden ser aplicados sobre un EVA, pero la incógnita está en qué tan certera es la información que entrega cada uno de ellos y/o la combinación de unos con otros. De igual manera no existe una estandarización respecto al qué, cómo y cuándo realizar la evaluación de usabilidad, sino que se han desarrollado y/o utilizado métodos de manera aislada y con criterios específicos para evaluar un producto particular [10].

Particularmente no hay un acuerdo respecto a la denominación, uso y aplicación de los métodos existentes en el desarrollo de aplicaciones Web. Así los diferentes autores los denominan de acuerdo a sus preferencias y juicio o experiencia. Los métodos de evaluación de usabilidad por un lado tienen fortalezas y debilidades, y por otro están enfocados a evaluar determinados aspectos o requisitos de usabilidad, por lo que es recomendable combinarlos en una evaluación para complementar unos con otros en cuanto a sus fortalezas y lograr cubrir un mayor número de aspectos de evaluación. La selección y combinación de los métodos de evaluación dependerá de restricciones financieras y de tiempo, de las fases en el ciclo de desarrollo y de la naturaleza del sistema bajo desarrollo [11], [12].

Con base en lo anterior, el problema surge al momento de decidir cuál de los métodos de evaluación existentes o cuál de sus combinaciones es apropiada para evaluar la usabilidad de un EVA, de manera que la evaluación se realice de manera completa y consistente, que permita obtener resultados concretos sobre la usabilidad, que considere factores como lo son: efectividad, eficiencia,

satisfacción, tiempos razonables, entre otros factores. Por tal razón, surgen las siguientes preguntas de investigación: ¿Cuáles de los MEU existentes son apropiados para aplicar sobre Entornos Virtuales de Aprendizaje? ¿Cómo realizar una evaluación de usabilidad en EVAs mediante la combinación de MEU de tal manera que esta sea lo más efectiva posible?

Teniendo en cuenta estas preguntas, la investigación se enfoca en el estudio y elección de un conjunto de métodos de evaluación de la usabilidad sobre EVA. Dichos métodos, después de ser seleccionados, caracterizados y analizados, van a constituir una nueva combinación de métodos para la evaluación de la usabilidad de EVA que pueda brindar la información de la usabilidad de forma más completa e íntegra, respecto a la realización de los métodos de evaluación de forma indiscriminada e independiente. Posterior a esta construcción se procederá a validar la combinación de métodos propuesta por medio de un estudio de caso aplicado a un EVA.

Cabe destacar que los entornos virtuales de aprendizaje que se van a evaluar con la guía serán de educación superior, cursos impartidos que ofrezcan todo tipo de programas completos de forma virtual y a distancia.

Aspectos básicos

Dado que la usabilidad es un tema relevante en la actualidad, la evaluación de la misma, contribuye a la generación de sistemas más fáciles de usar y/o aprender. Al generar sistemas con este tipo de características los usuarios de los mismos podrán centrarse en el conocimiento que desean adquirir más que en la herramienta que están usando para ello. De ahí que sea necesario que los estudiantes puedan interactuar de manera natural con los EVA, ya que por lo general las personas que acceden a este tipo de educación lo hacen porque presentan algún tipo de problema, ya sea de carácter económico, ambiente familiar, ubicación geográfica, distancia de desplazamiento o alguna discapacidad física que les impida movilizarse y así acceder a la educación tradicional o presencial [13].

De igual manera la usabilidad aporta una mirada centrada en el usuario y el contexto de uso, analizando en qué medida se satisfacen los objetivos de docentes y alumnos de la forma más simple e intuitiva posible. De ahí que las necesidades, requerimientos y limitaciones del usuario final son el foco del diseño, sumado a la efectividad, eficiencia y satisfacción con la que el producto permite alcanzar los objetivos propuestos por los usuarios en un contexto de uso determinado [14].

La evaluación de la usabilidad en EVA puede orientarse de diferentes maneras, según lo que se pretenda evaluar. En general, los modelos de evaluación exis-

tentes analizan los EVA desde el punto de vista funcional [15]. Sin embargo, el análisis de las funcionalidades ideales no tiene en cuenta la forma en que se puede poner en práctica todo el potencial de los EVA. En la actualidad, la mayoría de estos sistemas posee un núcleo común de herramientas, con lo cual carece de sentido seguir analizándolos casi exclusivamente desde el punto de vista de sus características funcionales [16]. Por tal motivo, se cree necesario incorporar una forma de evaluar, donde no se pierdan de vista éstas características, pero se prioricen otros aspectos centrados en el modo en que los usuarios finales toman contacto con la funcionalidad.

Ahora bien, los MEU tienen fortalezas y debilidades y están enfocados a evaluar aspectos específicos de usabilidad, por lo que expertos en usabilidad recomiendan combinarlos en una evaluación para complementarlos entre sí [17] [18]. Razón por la cual el presente trabajo busca obtener una combinación de métodos para la evaluación de la usabilidad en Entornos Virtuales de Aprendizaje, combinación que luego de ejecutarse sobre un EVA permita hacer un análisis sobre los aspectos de usabilidad en los que el sistema pueda mejorarse.

Trabajos relacionados

Al respecto de la combinación de métodos para la evaluación de la usabilidad se presenta la siguiente investigación [19], trabajo en el cual se han estudiado los MEU en aplicaciones web transaccionales, contrastando sus características, y generando una propuesta metodológica de evaluación, con el fin de obtener la mayor cantidad de información relevante respecto de la usabilidad de este tipo de aplicaciones. Dicha metodología está conformada por tres combinaciones de MEU (inspección, indagación y prueba), dependiendo de los objetivos de la evaluación.

De la misma manera [20] examinan los métodos de evaluación de usabilidad de e-learning que han surgido últimamente, los comparan y proponen un conjunto de criterios que deberían consultarse al elegir el método apropiado para la evaluación de la usabilidad de los sistemas e-learning. La comparación es realizada mediante la identificación general y criterios específicos (el tiempo, el coste, la eficiencia, la eficacia y la facilidad de aplicación, así como el alcance del método en el contexto de e-learning.) que facilitan la selección del método apropiado para determinar los problemas de usabilidad. Por otra parte, la investigación arroja como resultado que ninguno de los métodos examinados ha permitido la evaluación integral de la usabilidad para las plataformas e-learning y ninguno aborda todos temas específicos relevantes para los sistemas y módulos de aprendizaje.

En [21] son presentados criterios metodológicos para evaluar la usabilidad en los Sistemas de Administración de Cursos (CMS). La evaluación se realizó combinando métodos e instrumentos diversos en varias sesiones de trabajo con los usuarios potenciales de la plataforma: un conjunto de profesores y estudiantes de lenguas. Se utilizaron métodos tradicionales de evaluación de usabilidad (evaluación heurística, recorrido cognitivo, entrevista grupal y encuesta), los que se mezclaron y originaron nuevos con el ánimo de evaluar no solo los elementos que componen la usabilidad sino la funcionalidad y el aspecto pedagógico de los CMS.

En [22] se propone un modelo que posibilite evaluar la calidad de los EVA, considerando como eje central a la usabilidad. El modelo se denomina MUsa, dado que se trata de un Modelo basado en la Usabilidad, y está orientado hacia una evaluación de productos en uso. La evaluación se realiza mediante escenarios reales de uso, teniendo especial consideración por los alumnos y docentes, los objetivos que se proponen, las tareas específicas que realizan durante las actividades de enseñanza y aprendizaje, el equipamiento e infraestructura que disponen, el lugar físico donde habitualmente se desenvuelven, y el entorno social en el cual están insertos. Las ideas generales de MUsa están basadas en una estrategia de cuatro niveles o capas de evaluación, que parten de lo general para llegar a lo particular, donde las definiciones de usabilidad, junto con los atributos y las heurísticas forman el núcleo del modelo.

De igual manera [23] es una investigación que está enfocada a analizar la usabilidad de un entorno de aprendizaje virtual destinado a estudiantes universitarios de pregrado, enfatizando aspectos psicopedagógicos que permitan evaluar tanto la calidad de los contenidos como el sistema que los contiene; se analizan las implicancias de la frustración de los estudiantes en su proceso cognitivo, estableciendo esta emoción como una consecuencia inmediata de un mal diseño de interfaz. La investigación hace uso de la evaluación heurística y un test de usabilidad para lograr sus objetivos propuestos. El análisis está basado en los resultados de la aplicación de evaluaciones de Usabilidad sobre el sistema Moodle, para finalmente entregar una propuesta de solución a los problemas encontrados.

Aportes

De la literatura revisada se puede extraer que la usabilidad en entornos virtuales de aprendizaje se considera como un factor clave en la satisfacción del usuario. Para proporcionar un servicio de calidad en la experiencia de usuario se hace ne-

cesario realizar una evaluación de la usabilidad. Con base en el análisis realizado sobre trabajos relacionados a la problemática que el presente trabajo abarca se puede ver que se hace uso de MEU de distintas formas y en diferentes ambientes, ya sea combinando dichos métodos o trabajándolos individualmente, de igual manera los mecanismos de evaluación para cada uno de ellos son diversos. Con este trabajo se pretende generar un guía para la evaluación de la usabilidad en entornos virtuales de aprendizaje, y específicamente en la característica de facilidad de uso. La guía estará compuesta por una combinación de métodos de evaluación de usabilidad, métodos que serán identificados y caracterizados de manera que sean los apropiados para conformar la combinación. La guía que surja de la investigación será de gran ayuda tanto para desarrolladores de EVAs como para evaluadores expertos y no expertos de EVAs.

Conclusión preliminar

La evaluación de la usabilidad de un sistema software es una de las etapas más importantes dentro del diseño centrado en el usuario, ya que permite obtener las características de la usabilidad de un sistema y la medida en que los atributos, paradigmas y principios de usabilidad se están aplicando en éste, pero la incógnita está en qué tan certera es la información que entrega, de igual manera no existe una estandarización respecto al qué, cómo y cuándo realizar dicha evaluación, sino que se han utilizado métodos de manera aislada y con criterios específicos para evaluar un producto particular, lo cual se desea mejorar con la guía desarrollada en esta propuesta y que contendrá una combinación de métodos de evaluación para ser aplicada específicamente en entornos virtuales de aprendizaje, debido al auge actual que tienen actualmente este tipo de sistemas software y de la necesidad de pensar en un usuario final satisfecho.

Referencias

- [1] M. G. M. G. Enric Mor, Diseño Centrado en el Usuario en Entornos Virtuales de Aprendizaje, de la Usabilidad a la Experiencia del Estudiante, 2007.
- [2] Y. R. J. P. H. Sharp, Interaction Design Beyond Human - Computer Interaction, 2 ed, Wiley, John & Sons, Incorporated, 2007.
- [3] X. Ferré, Marco de Integración de la Usabilidad en el proceso de Desarrollo de Software, Madrid, 2005.
- [4] W. Sanchez, La usabilidad en ingeniería de Software: definición y características, 2011.
- [5] Nielsen, The usability engineering life cycle: IEEE, 1992.
- [6] J. F. G. D. A. A. Dix, Human-computer interaction: Prentice hall, 2004.

- [7] T. Granollers, MPIu+a una metodología que integra la ingeniería del software, la interacción persona-ordenador y la accesibilidad en el contexto de equipos de desarrollo multidisciplinares, Lleida, 2004.
- [8] A. Solano, Propuesta metodológica para la evaluación colaborativa de la usabilidad de aplicaciones de Televisión Digital Interactiva, Popayán, Cauca, 2011.
- [9] P.ST-CAV, «Servicios de T-Learning para el soporte de una Comunidad Académica Virtual,» 15 07 2016. [En línea]. Available: <http://www.unicauca.edu.co/stcav/>.
- [10] M. E. A. Obeso, Metodología de Medición y Evaluación de la Usabilidad en Sitios Web Educativos, Oviedo, 2005 .
- [11] M. M. N Bevan, Usability measurement in context. National physical laboratory Teddington, Middlesex, UK Behaviour and information technology, 13, 132-145, 1994.
- [12] J. Nielsen, Paper versus computer implementations as mockup scenarios for heuristic evaluation, 1990.
- [13] A. F. Pampillón Cesteros, Las plataformas e-learning para la enseñanza y el aprendizaje universitario en Internet, Madrid, 2011.
- [14] A. S. C. Ferreira Szpiniak, Entornos Virtuales de Enseñanza y Aprendizaje: análisis y tendencias, La Plata, 2007.
- [15] I. S. I. 9. ISO, in Software engineering-Product Quality, 2001.
- [16] J. Offutt, Quality Attributes of Web Software Applications. IEEE Software: Special Issue on Software Engineering of Internet Software, 2002, p. 25-32.
- [17] C. R. S. R. R. Otaiza, Evaluating the usability of transactional Web Sites,” presented at the Third International Conference on Advances in ComputerHuman Interactions (ACHI’10), Saint Maarten, 2010.
- [18] D. Plantak Vukovac Y V. & K. B. Kirinic, «A Comparison Of Usability Evaluation Methods For E-Learning Systems,» De Daaam International Scientific Book, 2010, pp. 271-288.
- [19] A. Solano, Metodología para la evaluación colaborativa de la usabilidad de sistemas software interactivos,” Tesis de Doctorado, Instituto de Posgrados en Ingeniería Electrónica, Universidad del Cauca, Popayán, Cauca, 2012.
- [20] X. Ferré, Marco de integración de la usabilidad en el proceso de desarrollo software,” Tesis Doctoral, Lenguajes y Sistemas Informáticos e Ingeniería del Software, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2005.
- [21] M. I. B. T. M. V. Javier Reyes Vera, «Evaluación de usabilidad de un sistema de administración de cursos basado en la plataforma LingWeb,» Ingeniare, vol. 24, nº 3, pp. 435-444, 2016.
- [22] C. V. S. Ariel Ferreira Szpiniak, Diseño de un modelo de evaluación de entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje basado en la usabilidad, La plata, 2013.
- [23] M. P. Martínez, «Usabilidad En Un Sistema De E-Learning,» De 7 - Th European Conference E-Comm-Line , Bucharest, 2006.

Towards an intelligent framework for B-learning processes

Marta Giraldo, Armando Ordóñez⁶⁶
Freddy Muñoz,⁶⁷ Hugo Ordóñez⁶⁸

Abstract

Personalized education contributes to the motivation of the students and improves the results of the evaluations. Some tools such as the Intelligent Tutoring Systems have been proposed in this field with excellent results. However, in most of the existing works, little relevance has been given to classroom teachers. In this paper, an open source framework based on a standard intelligent tutoring system is presented. The framework aims at reducing the implementation costs and the complexity of the interfaces, also, the framework consider the participation of teachers and students. The framework is used to build a Math course at primary level.

Keywords: intelligent, tutoring, framework, B-learning

Introduction

Some studies have evidenced that the personalized learning contributes to the motivation of the students, significantly improving the results of the evaluations

66. Intelligent Mangement Systems, University Foundation of Popayán. Popayán, Colombia. Correos electrónicos: mgiraldo@unicauca.edu.co, jaordonez@unicauca.edu.co

67. Logiciel, University Foundation of Popayán. Popayán, Colombia. Correo electrónico: lfreddyms@fup.edu.co

68. Faculty of Systems engineering, Universidad San Buenaventura Cali, Colombia. Correo electrónico: haordonez@usbcali.edu.co

[1]. However, this personalization is highly expensive and unfeasible in practice; therefore, some tools have been proposed to respond to this need. These tools include the Intelligent Tutoring Systems (ITS), which provide computerized environments that support one-to-one tutoring automatically and have been widely applied throughout the world with excellent results [2]. To personalize the learning process, ITS model students (skills, motivation, etc.) and pedagogical strategies to guide students according to their particular needs [3].

ITS can be used to reinforce student's learning, thus contributing to improve learning quality and decreasing school dropout [4]. In this context, it is important to highlight the importance of the teachers in the ITS implementation since they guide, motivate, and follow-up the students. Despite this importance, little relevance has been given to classroom teachers, the unawareness of this important role of teachers is one of the most important barriers to the implementation of ITS [5]. Another difficulty is that in some countries, teachers lack basic knowledge about ICT, which is why they may be less interested in participating in this type of projects [6].

Related work

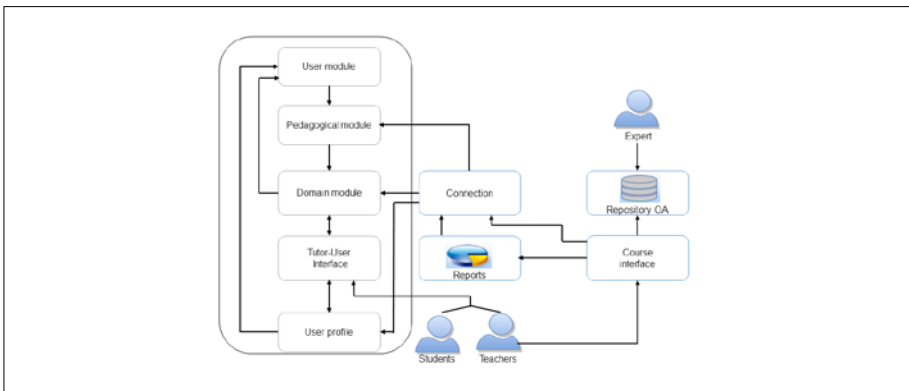
Steenbergen-Hu y Cooper [7] demonstrated the effectiveness of ITS in improving learning in university students. The authors conclude that ITS can be used as a tool for independent learning or as a complementary learning tool, in addition, the authors highlight the important role of teachers and pedagogy in the ITS-based learning as the active participation of the teachers is fundamental to the success of ICT-based learning processes. Nye [8] carried out a systematic review of the literature between 2009 – 2012 aimed at analyzing the possible barriers to ITS adoption. The results point out that more attention has been paid to students, leaving aside teachers. Adoption of ITS in learning environments requires unifying communication between teachers, managers, and parents. Also, strengthening the ITS - teachers link is a step towards the adoption and effectiveness of these learning environments. For its part, the integration of an adaptive web environment called MagAdI within traditional teaching methods is presented in [9]. MAgAdI focuses on integrating knowledge, courses, and teachers. The authors reported increases in the learning gains when the system was used. Also, there was an increase in the student motivation and the teacher's satisfaction. Literature review allows us to conclude the importance of teachers in the ITS-based learning, also, that ITS can be used to strengthen the traditional face-to-face teaching. However, few works can be found that offer user-friendly interfaces to teachers to monitor their own learning.

Proposed framework

The proposed framework is based on GIFT [10] and aims at providing a friendly environment for teachers and students. In addition to core functionalities of ITS, the proposed framework includes some modules for the evaluation of the teacher to determine their shortcomings, seeking to improve his ability based on an adapted training. With the latter, the framework aims that the teachers better orient the students on the use of the learning tool.

GIFT offers tools, methods, and standards for the creation of ITS [11], for that purpose GIFT provides a modular architecture that includes: [12] (1) different tools for ITS development, (2) an instructional manager that incorporates the best practices, and (3) an experimental platform to analyze the components, tools, and methods [13]. GIFT is focused on the apprentice, with the aim of improving the chain of effects of adaptive learning in an iterative way [13]. This chain of effects starts from the understanding of the learner (Student data), obtained from his performance, surveys and sensors, which allow determining more precisely the learning Student state. Subsequently, some methods are used to classify student states, improve adaptive capacity, and select the instructional strategies based on those states [14]. The latter leads to a higher probability of positively influencing learning progress by having teaching strategies tailored to the needs of learners[14]. The proposed architecture is presented in Figure 1.

Figure 1.
Architecture of the Framework



User Module provides a user interface (student or teacher) to interact with the system. This module uses data from user's cognitive status, based on historical data and surveys. Also, this module predicts the future state of the user. The inputs used for the calculation of the state are sources such as performance

evaluation (from the domain module) and surveys that have been stored. Since there is no standard learner model for all courses, this module considers a flexible scheme that supports changes according to the requirements [15].

Domain Module aims at defining and structuring the knowledge, based on the data obtained from the training environment and the evaluation of the key concepts. The selection of specific knowledge is supported by some design principles of the education system. The following elements are included in the specific domain knowledge: learning objectives, materials, tasks, conditions, performance standards, measures, common misconceptions, and a particular context feedback and questions library. By reusing existing specific domain knowledge, a significant reduction in development time and cost would be achieved in other contexts [16].

Pedagogical Module uses the data from the user module (user state) and domain module (performance evaluation and associated feedback) to determine the order, content, and flow of the instruction. The pedagogical strategies make decisions on the elements of the learning scenario, that is to say, that the pedagogical decisions are made based on the performance and the state of the user. This module influences the training environment to customize the learning.

Tutor user Interface enables teachers and students to carry out tasks such as login, surveys, feedback, post-action reviews, interactive dialogues, review of learning material and, performance assessment, and platform management. To support instructional strategies, the tutor can access learner data from the user model (student or teacher) or data in real time. The tutor - user interfaces may use artificial intelligence techniques to understand and generate natural language responses.

User Profile, here the historical data about the cognitive state of both students and teachers are found here. These data are calculated based on the proposed learning objectives. In addition, this module includes the data from surveys and the evaluation of the use of the platform (this evaluation appears if the user is a teacher).

Repository of Learning Objects stores the learning objects created by experts. These are retrieved according to the topic to reinforce. Some of these objects are games, SCORM objects, PowerPoint presentations and simulators.

Course interfaces, here the courses are created by teachers using learning objects in the Repository of learning objects. Also, the courses include some of the following elements: i) Learning objectives explicitly expressed, indicating what the student or teacher will learn. ii) Relationship of the learning objective to a

particular type of knowledge. iii) Student Assessment based on the particular characteristics.

Connection module connects the Course Interfaces with the Domain Module and Pedagogical Module. Additionally, it is connected to the User Profile to obtain the historical data of students or teachers and to make reports. This module includes additional functionalities that may be required in certain cases, such as the creation of domains and the pedagogical content.

Reports module also aims at motivating learners to continue achieving the objectives proposed for each course. For this purpose, this module shows the advances and improvements in the learning of the users. In addition, teachers can track the students' performance.

Prototype

The prototype was created for a Mathematics course for primary students in the city of Popayán (CA) - Colombia. The prototype seeks an efficient human - computer interaction, by using simpler interfaces, allowing a better control of the system by the user. The prototype is composed of the interfaces described below (The figures show the current implantation in Spanish).

Main Menu

The menu shows the different options for students and teachers. Teachers will have full access to course management, while students have access to student courses.

Course management

In this interface, the teachers create, modify or delete courses, based on the deficiencies of each student (Fig. 2). The creation of courses involves a set of files for the configuration of the courses. One of the most important files is the domain in which evaluations, instructional strategies (pedagogical module) and state transitions are configured. The Create Course option creates the GIFT domain file based on the information provided by the user. The domain file is an XML file that contains essential information for each course: name, version, description and concepts to study. This file also includes information about course transitions regarding the order of the course and material to be used.

Figure 2.
Course creation interface

Información Estudiante

Estudiante o Docente

Temática

Tema Materia Grado

Objetos de Aprendizaje (OA)

Recomendados Seleccionados

Student's interface

In this page, the students find the courses assigned by the teacher in a personalized way to strengthen their knowledge. This interface is provided by GIFT.

Reports

This interface shows the progress achieved by a particular student. These reports made it possible to compare the results in the learning platform, with the results of the activities carried out in the classroom

Case study

For the implementation of pedagogic contents, the area of mathematics was selected, because of its importance for all students. Additionally, from a pedagogical point of view, the learning processes in math use the same mental scheme for all the similar situations, and the knowledge is built from the error so that the platform may stimulate the analysis processes of the students [14]. The created mathematics course allows teaching, practicing and evaluating the basic operations taught in primary: addition, subtraction, multiplication, and division (See Fig .3).

Some configuration files are needed to create a course. Firstly, in the domain file, the evaluations, instructional strategies (pedagogical module) and state transitions are configured. This file is part of the domain module and the basis for the creation of any course. After the domain file is created and configured,

the teacher can create a course that allows reinforcing in a personalized way the subjects taught in the classroom. For this, it should be assigned a name, a description, if applicable, a survey is attached and, finally, the key concepts are included. Subsequently, the teacher can feed the course using educational resources developed by the expert or by third parties, according to the objectives to be achieved.

The execution of the course begins when the user selects one of the available options. Firstly, the explanation of the concept of each of the operations is provided, giving the foundations necessary to carry out the proposed exercises. Subsequently, certain practical exercises are proposed to consolidate the theoretical knowledge obtained previously, as shown in Fig. 4 (the interfaces maintain the original language). Finally, an evaluation is done to know the failures of the students. The teachers can see the number of successes and failures achieved in each of the operations.

Figure 4.
Evaluation of the concepts



Based on the above, the teacher will obtain a report, which can be compared with the results obtained during classroom exercise and propose personalized reinforcement activities. Based on these results, the teacher will use new learning strategies, making improvements to the course, allowing the learning of the different themes oriented throughout the school year. For the course developed some resources created by third parties and available online.

The creation of future courses by an expert will take into account the particular Colombian context, where the Colombian Ministry of National Education, with the support of some institutions of higher education, proposes that virtual learning objects are constituted mainly by three components Internal[16]: i) Contents: Types of knowledge with different forms of representation. Definitions, explanations, reading documents, links to other resources, videos, among others.

ii) Learning activities: Orient the student to achieve the learning objectives proposed for a given course. iii) Context elements: Component that allows the reuse of learning objects in other scenarios.

Some tests are needed to guarantee the quality of the software that must comply with the requirements [16]. On the other hand, it is important to analyze aspects such as the way users feel when they use the tool, the usability and the level of acceptance of the tool. The evaluation of the prototype presented in this article takes into account the acceptance of the users in the use of the platform. Although it is important to note that a complete assessment would require measuring the impact of the tool in the learning process, this evaluation will be performed in the future when more courses and learners data are gathered. For acceptance tests; In the first place, a group of seven (7) teachers was selected, which were contextualized in general on the prototype functionalities and the advantages of using ITS in classrooms. In addition, they have been instructed in the creation of courses emphasizing those teachers with limited knowledge in information technology. The questions were asked in Table 1.

Table 1.
Questions Results

Question	Yes	No
Do you think that this type of platform is a good alternative to support the educational processes of the classroom?	5	2
Do you think that the platform is easy to use?	4	3
Do you find it easy to create courses?	3	4

Another group to take into account is the group of the students, in this case, a group of twenty (20) students, belonging to the second grade of primary education. Students reacted positively, showing curiosity and interest in using the platform. In general, it was pleasing to students to use a material with many graphic and interactive elements. And by questioning them about whether they thought this was a good way to learn, everyone answered positively. The questions asked of students and their answers are found in Table 2.

Conclusions

The consideration of the teachers during the design and implementation of the solutions based on ITS allows increasing the chances of success. The above is because both teacher and student may be more motivated. In this article framework supported by ITS is presented. The framework includes some elements

Table 2.
Results of the student's survey

Question	Yes	No
Are you comfortable with the course?	18	2
Do you think this is a good way to learn?	17	3
Do you think it is easy to access the courses?	19	1
Is it fun to use these kinds of tools to learn?	20	0

to train the teachers in use of the framework. The preliminary tests of usability allow glimpsing its acceptance. Future work is intended to collect information about the impact on the student learning.

References

- [1] G.-J. Hwang, H.-Y. Sung, C.-M. Hung, I. Huang, and C.-C. Tsai, "Development of a personalized educational computer game based on students' learning styles," *Educ. Technol. Res. Dev.*, vol. 60, no. 4, pp. 623–638, Aug. 2012.
- [2] S. D'Mello, A. Olney, C. Williams, and P. Hays, "Gaze tutor: A gaze-reactive intelligent tutoring system," *Int. J. Hum. Comput. Stud.*, vol. 70, no. 5, pp. 377–398, May 2012.
- [3] A. C. Graesser, M. W. Conley, and A. Olney, "Intelligent tutoring systems," *APA Handb. Educ. Psychol.* Washington, DC Am. Psychol. Assoc., 2012.
- [4] J. Ong and S. Ramachandran, "Intelligent tutoring systems: the what and the how," *Learn. Circuits*, 2000.
- [5] B. D. Nye, "Barriers to ITS Adoption: A Systematic Mapping Study," in *Intelligent Tutoring Systems*, 2014, pp. 583–590.
- [6] S. Hennessy, D. Harrison, and L. Wamakote, "Teacher factors influencing classroom use of ICT in Sub-Saharan Africa," *Itupale online J. African Stud.*, vol. 2, no. 1, pp. 39–54, 2010.
- [7] S. Steenbergen-Hu and H. Cooper, "A meta-analysis of the effectiveness of intelligent tutoring systems on college students' academic learning," *J. Educ. Psychol.*, vol. 105, no. 4, pp. 970–987, 2013.
- [8] B. D. Nye, "Intelligent tutoring systems by and for the developing world: a review of trends and approaches for educational technology in a global context," *Int. J. Artif. Intell. Educ.*, vol. 25, no. 2, pp. 177–203, 2014.
- [9] A. Álvarez, M. Martín, I. Fernández-Castro, and M. Urretavizcaya, "Blending traditional teaching methods with learning environments: Experience, cyclical evaluation process and impact with MAgAdI," *Comput. Educ.*, vol. 68, pp. 129–140, 2013.

- [10] R. A. Sottolare, K. W. Brawner, B. S. Goldberg, and H. K. Holden, "The Generalized Intelligent Framework for Tutoring (GIFT)," Orlando, FL US Army Res. Lab. Res. & Eng. Dir., no. October, pp. 1–12, 2012.
- [11] H. C. Lane, K. Yacef, J. Mostow, and P. Pavlik, Eds., *Artificial Intelligence in Education*. Memphis: Springer, 2013.
- [12] R. A. Sottolare and H. K. Holden, "Recommendations for Authoring , Instructional Strategies and Analysis for Intelligent Tutoring Systems (ITS): Towards the Development of a Generalized Intelligent Framework for Tutoring (GIFT)," AIED 2013 Work. Proc., vol. 7, p. 150, 2013.
- [13] R. A. Sottolare, "Considerations in the development of an ontology for a generalized intelligent framework for tutoring," U.S. Army Res. Lab. - Hum. Res. Eng. Dir., pp. 19–25, 2012.
- [14] S. Castillo, "Propuesta pedagógica basada en el constructivismo para el uso óptimo de las TIC en la enseñanza y el aprendizaje de la matemática," *Rev. Latinoam. Investig. en matemática Educ.*, vol. 11, no. 2, pp. 171–194, 2008.
- [15] Ministerio de Educación Nacional de Colombia, "Colombia aprende: La red de conocimiento," *Objetos virtuales de aprendizaje e informativos*. [Online]. Available: <http://www.colombiaaprende.edu.co/html/directivos/1598/article-172369.html>.
- [16] W. E. Perry, *Effective Methods for Software Testing: Includes Complete Guidelines, Checklists, and Templates*. John Wiley & Sons, 2007.

Un enfoque colaborativo para la recuperación de la arquitectura de referencia en líneas de productos software

Alejandro Bolaños Ussa,
Julio Ariel Hurtado Alegría⁶⁹
Marta Cecilia Camacho Ojeda⁷⁰

Abstract

Software architecture is one of the most valuable assets for supporting evolutionary development of systems, especially for Software Product Lines (SPL) development. SPL is a strategy for planned reusing assets between similar products. The most SPLs are developed from a successful first product, this means that reuse is usually reactive and the SPL architecture is often recovered from a first product and not from a design conceived for a set of products. Similarly, when an SPL evolves, the scope of the line is modified to include changes requested by the clients in the development of the products, these changes generate modifications in the reusable components that degenerate the SPL architecture; most of the modifications to the reusable components are made without being documented, rendering any previous design documentation unusable. Therefore,

69. Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones—IDIS, Universidad del Cauca. Popayán, Colombia. Correos electrónicos: alejobolanos@unicauca.edu.co, ahurtado@unicauca.edu.co

70. Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca. Universidad del Cauca. Popayán, Colombia. Correo electrónico: cecamacho@unimayor.edu.co

architecture recovery requires not the current information of the source code and related documentation, but additionally explicit and implicit knowledge about the reasons that support the design or the changes that are made. All this knowledge is normally scattered among different stakeholders such as architects, component programmers or integrators. To address this problem, this paper presents “A collaborative approach to software architecture that recovers SPL” as a proposal and early discussion.

Keywords: Recovery architecture software; Reverse engineering; Software product Line; Software architecture retrieve.

Introducción

La arquitectura de software (SA) ha sido un área clave de preocupación en la industria del software, debido a su profundo impacto en la productividad y calidad de sus productos, particularmente en la evolución de los sistemas [1]. De acuerdo a Hassan, Holt [2] y Tahuiton Mora [2], la mantenibilidad de las aplicaciones de software se ha vuelto una tarea difícil. Las dificultades durante el mantenimiento, en su gran mayoría son la consecuencia de un débil diseño arquitectónico y una pobre documentación [3]. Con el fin de extraer un documento arquitectónico que facilite la toma de decisiones respecto a la reingeniería y evolución de las soluciones, la industria ha recurrido a la tarea de recuperación de la arquitectura a partir de los artefactos de software y su implementación. Esta situación es muy recurrente cuando un producto logra ser exitoso, pero no fue construido conscientemente para abordar situaciones futuras, como cambios en las reglas de negocio, tecnologías, extensión del mercado o cambios de las regulaciones.

Planteamiento del problema

Definir una SA para un producto software es clave para una empresa productora software, debido al impacto que tiene sobre su productividad, calidad y duración de los productos [4]. Pero definir una SA es una actividad y crítica cuando se debe considerar una estructura común para varios productos en el contexto SPL. La reutilización planificada implica la consideración de aspectos tales como identificar y construir un núcleo común a todos los productos, definir e implementar componentes reutilizables e identificar, implementar y gestionarla variabilidad de los productos [5].

Definir la arquitectura requiere de la negociación de preocupaciones de distintos participantes [6]. El diseño arquitectónico debe considerar las necesidades, requisitos y contexto de las diferentes personas involucradas en el desarrollo del sistema, Las diferentes vistas de la y los conocimientos arquitectónicos para llegar a dichas estructuras deben ser considerados[7]. Sin embargo, en varias ocasiones la documentación arquitectónica es escasa o inexistente. Por tanto, muchas de estas razones que justifican las decisiones de diseño no se conservan ni se recuerdan.

Una SPL es un conjunto de productos que se construyen a partir una misma base de forma planificada [8]. En las SPL la SA se convierte en el principal activo a ser reutilizado. Sin embargo, la mayoría de SPLs se desarrollan siguiendo un enfoque reactivo a partir del análisis de un primer producto exitoso por tanto la arquitectura de la línea se deriva de la arquitectura de un primer y unitario producto, por lo cual usualmente existe una diferencia entre la arquitectura actual y el diseño arquitectónico esperado para el conjunto de productos [9]. De manera similar al desarrollarse los productos de una SPL surgen cambios por solicitudes de los clientes, la mayoría de estos cambios son realizados sin considerar la SA, y la van deteriorando, siendo necesario recuperar la arquitectura de la línea, antes que no se presenten incompatibilidad de componentes al construir otros productos [10].

Las diferentes propuestas de recuperación de arquitectura han considerado técnicas y herramientas basadas en el código fuente [11]. Aunque algunos métodos involucran a arquitectos y desarrolladores, no consideran las razones, ni los conocimientos de los participantes en el diseño arquitectónico y modificaciones a los componentes reutilizables. Recuperar estas razones es un reto, e implica contrastar con el alcance de la SPL, afectando la variabilidad. Por ello es necesario involucrar a diferentes participantes más allá del arquitecto e ingenieros de recuperación, son necesarios desarrolladores, personas de marketing y expertos del dominio para evaluar la infraestructura necesaria y compatibilidad de los cambios realizados, se requiere una adecuada comunicación para lograr una negociación de cualidades y en orientar los esfuerzos arquitectónicos en el atributo de modificabilidad.

Este trabajo de investigación se plantea a partir de la siguiente pregunta de investigación ¿Cómo recuperar una arquitectura de referencia para una organización a partir de los productos, componentes, documentos y personal involucrado en la construcción de productos previos, considerando el alcance identificado para la SPL y cuya principal fuente sean los stakeholders?

Objetivos y resultados esperados

Esta investigación tiene por objetivo general proponer un enfoque colaborativo para SAR en SPL planteadas a partir de productos previamente construidos y el conocimiento implícito de los involucrados. Para ello, primero se establecerán las técnicas o métodos utilizados en recuperación de arquitecturas en el contexto de la construcción de SPL, la especificación del rationale arquitectónico y del trabajo colaborativo en la ingeniería de software. Luego se propondrá un modelo que facilite el trabajo en equipo para hacer efectiva la recuperación de la arquitectura en un contexto real. Finalmente, el método se probará en una organización de desarrollo de software que busca orientar su enfoque hacia las SPL. Los principales resultados son un estado del arte, un método de recuperación de una arquitectura de referencia siguiendo un conjunto de patrones de colaboración y un estudio de caso que permita evaluar el valor del método en cuanto a la satisfacción del mercado por parte de la arquitectura recuperada.

Trabajos relacionados

Lima [11], presenta una propuesta para recuperar la arquitectura de una SPL basado en el uso y la adaptación de técnicas y herramientas para la recuperación de arquitectura software (SAR) de sistemas únicos siguiendo una estrategia ascendente [12], considerando una serie de técnicas que se ajustan en el proceso de recuperación. Ordoñez et al. [13] realizan un análisis de las diferentes técnicas, herramientas, y la facilidad para la recuperación a partir del conocimiento implícito de los participantes. Métodos como EVAR [14] y SyMAR[15] definen un proceso para SAR que además permitiría aplicar un trabajo colaborativo entre los participantes, sin embargo no se considera como rastrear las razones de cambios a componentes y a la infraestructura. Adicionalmente el trabajo se concentra en la recuperación de un solo producto, aunque en uno de los casos se recupera la arquitectura de referencia, pero con la visión de un solo producto y algunos escenarios de modificabilidad.

Un modelo colaborativo para la recuperación de la arquitectura de referencia

El desarrollo de este proyecto se está siguiendo el método científico de Mario Bunge [15], incluyendo lineamientos de la ingeniería de software en las diferentes fases como son:

- Para la revisión de literatura las guías de Kitchenham [16]

- Directrices del estudio de caso de Runeson Yin [17].
- Enfoque colaborativo por Kolfshoten y Vreede.

Figura 1.
Metodología



Avances

Como avance del proyecto se está realizando la revisión de la literatura, se trabajó en un estudio de caso exploratorio en una organización de software y se está definiendo un caso de recuperación de juguete con el fin de definir, analizar y entrenar en los conceptos relacionados. En un primer acercamiento con una organización para la recuperación de la arquitectura se han podido establecer los siguientes hallazgos:

Es difícil hacer una recuperación automática de la SA cuando la solución planteada se realiza sobre lenguajes, plataformas de terceros o propias para las cuales no hay herramientas. Pues requiere de un esfuerzo manual, implicando mayor inversión de esfuerzo y tiempo.

Recuperar más allá del producto requiere considerar el alcance que tendrá la SPL, con el fin de incorporar los puntos de variación desde una perspectiva arquitectónica.

Aunque se buscó un enfoque colaborativo para trabajar en dicha recuperación, la carencia de objetivos comunes (el alcance) y de prácticas adecuadas, hizo que muchas de las sesiones se convirtieran en sesiones infructuosas en términos que descubrir la arquitectura de referencia.

Conclusiones preliminares y trabajo futuro

SAR en SPL es una tarea ardua y de gran esfuerzo. Este trabajo de investigación plantea como hipótesis que un enfoque colaborativo permitirá abordar muchos de los problemas no técnicos, más orientados al trabajo en equipo. Con la orga-

nización de software que están haciendo acercamientos, se está desarrollando una fase II en la que se busca establecer el alcance de la SPL. Siguiendo un enfoque colaborativo, se buscará desarrollar la arquitectura de referencia, con el fin de evidenciar el impacto que los aspectos colaborativos tienen sobre el trabajo y resultado de dicha recuperación. Más aún, cuando muchas de las actividades dependen de recuperar manualmente el conocimiento implícito de los diferentes participantes dentro de la organización.

Referencias

- [1] A. E. Hassan, "Architecture Recovery of Web Applications by," 2001.
- [2] J. Mora, "Arquitectura de software para aplicaciones Web," p. 134, 2011.
- [3] F. Ahmed and L. F. Capretz, "The software product line architecture: An empirical investigation of key process activities," *Inf. Softw. Technol.*, vol. 50, no. 11, pp. 1098–1113, 2008.
- [4] SEI, "A Framework for Software Product Line Practice, Version 5.0." [Online]. Available: https://www.sei.cmu.edu/productlines/frame_report/arch_def.htm. [Accessed: 07-Feb-2018].
- [5] D. Pollet, "Software Architecture Reconstruction : a Process-Oriented Taxonomy," vol. 1, pp. 1–18.
- [6] F. Solms, "Experiences with using the Systematic Method for Architecture Recovery (SyMAR)," *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, pp. 170–178, 2013.
- [7] N. Rozanski and E. Woods, *Software Systems Architecture*. 2005.
- [8] F. Solms, "A systematic method for architecture recovery," *ENASE 2015 - Proc. 10th Int. Conf. Eval. Nov. Approaches to Softw. Eng.*, no. April, pp. 215–222, 2015.
- [9] C. Lima, C. Chavez, and E. S. de Almeida, *Investigating the Recovery of Product Line Architectures: An Approach Proposal*, vol. 10221. Cham: Springer International Publishing, 2017.
- [10] R. Carbon, J. Knodel, D. Muthig, and G. Meier, "Providing feedback from application to family engineering - The product line planning game at the Testo AG," *Proc. - 12th Int. Softw. Prod. Line Conf. SPLC 2008*, no. 1, pp. 180–189, 2008.
- [11] C. Lima, "Product line architecture recovery: An approach proposal (extended abstract)," *Proc. - 2017 IEEE/ACM 39th Int. Conf. Softw. Eng. Companion, ICSE-C 2017*, pp. 481–482, 2017.
- [12] H. Washizaki, "Building Software Process Line Architectures from Bottom Up," *Prod. Softw. Process Improv.*, vol. 4034, pp. 415–421, 2006.
- [13] Bunge Mario, *La ciencia, Su método y su filosofía*. 1972.

- [14] . Runeson y M. Höst, «Guidelines for conducting and reporting case study research in software engineering,» (D. Sjöberg, Ed.) Empirical Software Engineering, vol. , pp. 131-164, 2009.
- [15] G. Kolfschoten y G.-J. D. Vreede, «The Collaboration Engineering Approach for Designing,» de International Conference on Groupware: Design, Implementation, 2007.
- [16] R. K. Yin, Case Study Research: Design and Methods, vol. 5, SAGE, 2009
- [17] G. Kolfschoten y G.-J. D. Vreede, «The Collaboration Engineering Approach for Designing,» de International Conference on Groupware: Design, Implementation, 2007.

Implementación de una estrategia didáctica para el manejo de residuos en el proceso de formación de básica primaria

Clara Lucía Burbano González,⁷¹
Katerine Márceles Villalba, María Isabel Vidal,
Marguí Fernanda Sáenz Tobar,
Gabriel Chanchí Golondrino, María Lilia Idrobo⁷²

Abstract

This article highlights the importance of the inclusion of ICT in the learning process as a strategy of technological medication in the development of the theme of the appropriate use of waste, oriented to recycling; allowing methodologies and ways of learning for children to be used in a participatory manner in dynamics specific to the development of technological and environmental competences, for the strengthening of educational strategies in ICT integration, which will allow children to awaken new paradigms, to improve their skills of expression, creativity, appropriation, creativity and adequate use of technologies designed at their age and cognitive development. In this way, the environment

71. Facultad de Ingeniería, Corporación Universitaria Comfacauc. Popayán, Colombia. Correo electrónico: cburbano@unicomfacauc.edu.co

72. Facultad de Ingeniería, Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca. Popayán, Colombia. Correos electrónicos: kmarceles@unimayor.edu.co, mvidal@unimayor.edu.co, mfsaenz@unimayor.edu.co, gchanchi@unimayor.edu.co, mlidrobo@unimayor.edu.co

is part of the Environmental Education Policy to establish in educational institutions, in the adoption of an environmental project, the objective being to raise awareness in the educational community on the appropriation, care, waste management and preservation of the environment; where ICTs are integrated as a pedagogical-didactic and playful strategy to reinforce educational and environmental preconceptions in children, from an innovative perspective in the learning process from the area of Natural Sciences, emphasizing on the topic of proper management of focused waste in recycling allowing associating the type of garbage with the respective containers.

Keywords: Educación, didáctica, Medio Ambiente, Reciclaje, Residuos, Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC).

Introducción

En esta investigación su propósito fue emplear el concepto del manejo adecuado de los residuos enfocados al Reciclaje por medio de TIC, orientados en la protección y Cuidado ambiental, con niños de la Institución Educativa Agropecuaria la Capilla Sede la Unión del grado cuarto de primaria. En este orden de ideas se desarrolló la pregunta de investigación, se formularon los objetivos para establecer acciones, así como la realización de una revisión bibliográfica sobre las políticas enfocadas en la temática y la herramienta que va a ser implementada, con la finalidad de comprobar la viabilidad del proyecto; estableciendo instrumentos metodológicos que soporten el análisis del proceso de investigación, definiendo actividades que permitan brindar solución a la problemática del reciclaje sobre el Cuidado en el Medio Ambiente. Por lo anterior, el proceso de investigación se enfoca en incluir el uso de herramientas didácticas, tecnológicas en el proceso de aprendizaje desde el área de Ciencias Naturales, enfocándose en el desarrollo de la temática referente al reciclaje.

Se resalta la necesidad de manejar adecuadamente la producción de residuos sólidos como un proceso propio de actividades sociales y productivas, donde su procedimiento en ocasiones es complejo en los centros urbanos; siendo crítica la disposición final el manejo de los residuos en los municipios de Colombia en especial el del departamento del Cauca, que evidencian la contaminación en los ríos, quebradas y en algunas zonas del país la deposición de las basuras se hace a cielo abierto [1] [2]. Siendo que la cantidad de residuos producidos son desechos inorgánicos clasificados entre ellos:

plásticos, vidrios y metales, los cuales no tienen la capacidad de reintegrarse al medio ambiente. A lo anterior las buenas prácticas de reciclaje se basan en

la deposición adecuada de los residuos sólidos, es decir identificar el tipo de desecho y el recipiente en que se debe hacer su deposición [3].

Por consiguiente, se tienen estudios que revelan que solo el 17% de los residuos en Colombia son reciclados, de acuerdo con la nueva legislación (Decreto 596) que permitirá un proceso de modernización del sistema de reciclaje en el país, con lo cual se espera que el modelo cambie y por ende esta cifra aumente [4]. Para el año 2013 en la ciudad de Popayán la disposición de residuos sólidos en el relleno sanitario fue de 5.914 toneladas por mes en promedio (según información suministrada por Serviaseo), en este mismo año la cantidad de residuos que fueron recuperados es decir separados adecuadamente fue de 291.82 toneladas en el año es decir 24.318 toneladas por mes [5]. En virtud de lo anterior fue el referente para dar inicio al proceso de investigación permitiendo desarrollar una estrategia didáctica como un videojuego para el manejo de los residuos en el proceso de formación de niños de básica primaria.

Objetivo general

Implementar un videojuego por medio de un recurso TIC, que ayude a fortalecer el aprendizaje en la temática del reciclaje para el cuidado del Medio Ambiente.

Objetivos específicos

- Analizar el proceso de aprendizaje por medio de un recurso TIC como herramienta didáctica en las prácticas del reciclaje generando el interés para el manejo de los residuos en el medio ambiente.
- Identificar las directrices propuestas desde la normatividad y su relación con el cuidado del medio ambiente
- Desarrollar un videojuego en la temática del reciclaje para generar cultura en el manejo de los residuos.

Hipótesis

Es posible emplear los videojuegos por medio de las TIC, como estrategia didáctica, para fomentar las buenas prácticas de reciclaje.

Metodología

La metodología que se estructuró para desarrollar el proyecto estuvo basada en el diseño, análisis y aplicación, el cual comprendió tres fases:

En la primera, se identificó la normatividad y su relación con el manejo de los residuos atendiendo a las directrices del reciclaje.

En la segunda fase, se fortaleció el proceso de aprendizaje por medio del recurso TIC videojuego, como herramienta lúdico-didáctica para fortalecer el concepto del reciclaje.

En la tercera fase, se desarrollaron actividades interactivas por medio de recursos de información y comunicación generando un impacto en el cuidado del medio Ambiente frente al reciclaje[6], en esta “Estrategia se busca dar respuesta al problema y alcanzar los objetivos de investigación”, siendo el concepto de mediación tecnológica enmarcado en la metodología de la Investigación – Acción con un enfoque cualitativo y una investigación descriptiva, especificando la situación evidenciada en la Institución Educativa Agropecuaria la Capilla Sede La Unión; dado al poco uso de herramientas TIC, en el proceso de aprendizaje en el área de Ciencias Naturales específicamente en el desarrollo de la temática del Reciclaje. “La investigación-acción es una forma de investigación «co-generativa» [7], en el sentido de que se organiza un grupo focal para co-desarrollar las metas relacionadas a las tecnologías de la información. Los estudios descriptivos “trabajan sobre realidades de hecho” y su característica fundamental es la de presentar una interpretación correcta. Para determinar la situación se diseñó, aplicó y analizó una herramienta de diagnóstico (test elaboración propia), la cual permitió evidenciar el conocimiento propio de la temática del reciclaje y el aprovechamiento del recurso TIC.

No obstante, el proyecto se direccionó hacia el análisis, reflexión y aplicación en torno a la Tecnología de Información y Comunicación, como una estrategia para fortalecer el proceso de aprendizaje del manejo de los residuos, utilizando el reciclaje; para mejorar la práctica pedagógica en procesos de enseñanza-aprendizaje en los niños de primaria. Es por ello que la interacción entre las tres dimensiones del proceso reflexivo se representa en el “triángulo de Lewin y la necesidad de la Investigación (1946)” [8], que busca dar solución al problema bajo herramientas tecnológicas apoyadas con TIC, en el proceso de aprendizaje en el área de Ciencias Naturales, específicamente en el desarrollo de la temática del “Reciclaje”. Los instrumentos para llevar a cabo la investigación cualitativa, se realizó por medio de un test a priori - posteriori y el grupo focal.

Test: Permite la recolección de datos mediante preguntas aplicadas a un individuo en particular para obtener información referente al tema específico. Se tuvo en cuenta dos tipos de test.

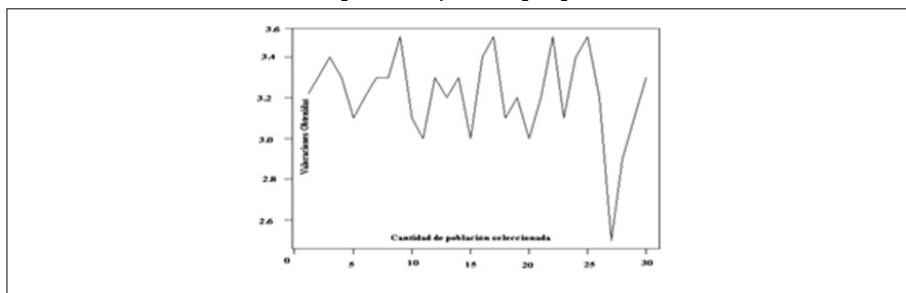
En esta investigación se implementó, el test para realizar el proceso de recolección de datos y poder determinar la viabilidad del proyecto.

Grupo Focal. Constituye una técnica de investigación cualitativa ampliamente difundida en diversos ámbitos de la investigación en psicología, y otras disciplinas científicas y ámbitos no científicos [9]. Esta se utilizó para la prueba inicial, donde se mostró la recepción y aceptación del videojuego, con los estudiantes del grado seleccionado (cuarto) de primaria la Institución Educativa Agropecuaria la Capilla Sede La Unión

Análisis de resultados

Al terminar de aplicar los instrumentos propios de la investigación cualitativa, se realizó un análisis para determinar la necesidad y viabilidad del conocimiento de la temática y herramientas con las que se abordó el proyecto, identificando que los niños no contaban con una apropiación en el tema del reciclaje específicamente sobre el manejo de los residuos y el asocio de éste con las canecas, por lo que se evidenció antes de la interacción con el videojuego una falta de motivación y conocimiento acerca del tema, como se muestra en la gráfica 1. Análisis del aprendizaje sin apropiación de TIC, donde la valoración obtenida más alta fue de 3.5 para un rango de 26 estudiantes lo que significa que 4 de ellos se encuentran de forma neutra en el tema del reciclaje.

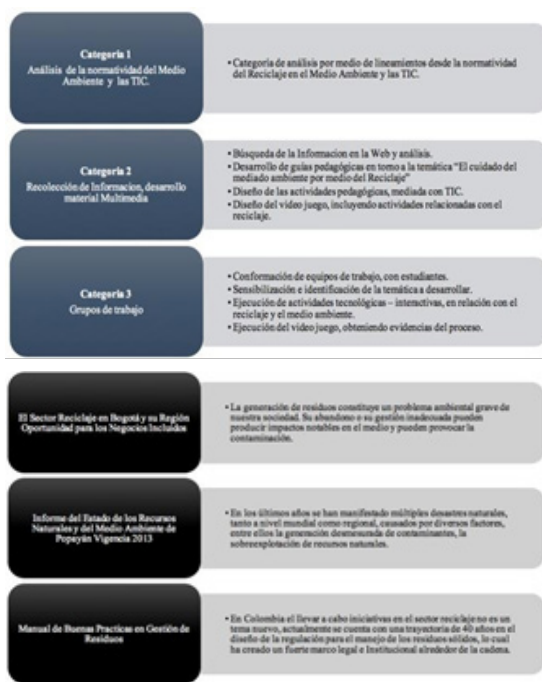
Figura 1.
Análisis del aprendizaje sin apropiación de TIC



En consecuencia, se contempló el diseño metodológico focalizando los principales problemas frente al concepto del reciclaje. Ver gráfica 2. Categorías del Diseño Metodológico.

Para el desarrollo del videojuego se tomó como marco de referencia Scrum, la cual se basa en trabajar colaborativamente, en equipo e iteraciones feedback y reflexión que permiten obtener el mejor resultado posible de un proyecto. La

Figura 2.
Categorías del diseño metodológico



implementación de Scrum trajo beneficios para los stakeholders del proyecto, debido a que permitió cumplir con las expectativas de los niños, y a través de las historias de usuario se recolectó la información para realizar los prototipos para materializar el recurso didáctico Videojuego.

Desarrollo del proyecto

Fase 1: Emplear instrumentos de evaluación

Estudio de viabilidad: se elaboró un test como instrumento para recolectar información que nos permitió conocer las necesidades y los requerimientos de los niños, de la Institución Educativa Agropecuaria la Capilla Sede La Unión.

Fase 2: Determinar documentación

Se hizo una recolección de documentación como se evidencia en la gráfica siguiente, el cual permitiera conocer las buenas prácticas de reciclaje, es decir conocer cada uno de los recipientes para la deposición de las basuras y la cla-

sificación de esta, además conocer el estado actual del manejo de las basuras y el tratamiento que la población les da a estas.

Fase 3: Diseño del videojuego

Se diseñó un ambiente tridimensional para obtener una visualización de cada uno de los objetos en el videojuego para lograr un mejor desplazamiento del vehículo. Para ello se requirió tomar pantallazos en diferentes ángulos de los objetos que hacen parte del juego.

A continuación, se evidencia la mediación tecnológica del niño con el recurso tecnológico:

Gráfica 3.

Interacción con el recurso tecnológico



Gráfica 4.

Entorno del videojuego



Fase 4: Implementación del recurso tecnológico

Se llevó a cabo una visita a la Institución Educativa Agropecuaria la Capilla Sede La Unión donde se compartió información acerca de la forma de reciclar los residuos orgánicos e inorgánicos y su adecuada deposición según su tipo con los niños de cuarto grado. En este sentido se realizaron dinámicas que permitieron atraer la atención de los niños con relación al video juego.

Resultados

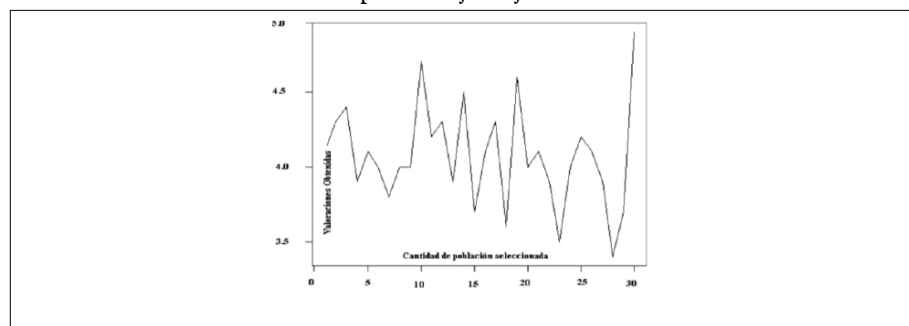
A partir del análisis de los resultados de la investigación se concluye que los estudiantes cuentan con una apropiación significativa en tecnologías de la información y comunicación lo que permitió una interacción dinámica en relación a la temática del reciclaje y la lúdica por medio del recurso tecnológico como se evidencia el empoderamiento de estos conceptos a través del videojuego; donde se realizaron diferentes actividades dinámicas para identificar el grado de apropiación de los niños con la temática.

Una consecuencia que se debe atribuir al uso y conocimiento de nuevas tecnologías son: el énfasis decreciente que se le otorga a los programas de educación terciaria en la adquisición de información de hechos y datos, perse en la importancia creciente que se le otorga a lo que se podría denominar: conocimiento, metodología y habilidades; generando la habilidad de aprender de una manera autónoma [10] didácticas en el proceso de aprendizaje de las buenas prácticas para el manejo adecuado de los residuos.

La herramienta didáctica (videojuego), cumplió el objetivo con los niños el cual fue el asocio de los colores distintivos para el depósito de los residuos, de esta manera hacer un buen uso de las canecas.

De este modo en la gráfica 6. Medición del aprendizaje bajo herramienta TIC, evidencia la apropiación en el tema del aprendizaje del reciclaje con los estudiantes de cuarto grado, donde cuenta con una valoración de más de 4.5 hacia el grupo focal delimitado por 30 estudiantes. De esta manera el proyecto generó un análisis reflexivo acerca de la temática para que los niños comprendieran la importancia de la implementación de las TIC a través de los juegos serios, incentivándolos a comprender el término de la sociedad del conocimiento y ciudadanos digitales a atendiendo a las necesidades globales.

Gráfica 6.
Medición del aprendizaje bajo herramienta TIC



Agradecimientos

Agradecimientos a la Institución Educativa Agropecuaria la Capilla Sede la Unión por permitir realizar las pruebas al videojuego con los niños, así como también al estudiante de la Institución Colegio Mayor del Cauca Alberto Collazos quien participó en el desarrollo del Videojuego.

Referencias

- [1] M. Corredor, «The Recycling Sector in Bogota and its Region: Opportunity for the Included Businesses.,» 2010.
- [2] C. r. d. Cauca, «CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL PLAN DEPARTAMENTAL DE AGUAS Y SANEAMIENTO BASICO Departamento del Cauca,» Cauca, 2010.
- [3] M. & M. I. Of the olive, «Handbook of Good Practices in Waste Management.,» Madrid, 2010.
- [4] C. J. D. P. K. P. J. D. H. A. W. & S. D. • Alzate, «Delaurbe University Journalism For the City. Retrieved from «Delaurbe University Journalism for the City,» 2012. M. & V. M. J. Vallejos, «Report of the State of Natural Resources and the Environment of Popayán Effective.,» Popayán, 2013
- [5] C. Bernal, «Metodología de la investigación para administración y economía,» Pearson, Santa Fé de Bogotá, 2000.
- [7] D. J. GREENWOOD, «De la observación a la investigación-acción participativa: una visión crítica de las prácticas antropológicas,» Revista de Antropología Social, 2000.
- [8] A. LATORRE, «LA INVESTIGACIÓN ACCION. Conocer y cambiar la práctica educativa,» 2003.
- [9] S. J. y. A. Roussos, «Documentos de Trabajo,» 2010.
- [10] Unesco, «Conferencia sobre la educación superior en el siglo XXI, Visión y acción.,» 1998.

Conclusiones

Este documento ha sido el resultado de la recopilación de un esfuerzo en conjunto de diversas instituciones e investigadores, donde se han propuestos diversas iniciativas y proyectos en curso que se vienen generando con la colaboración de la red HCI-COLAB. Los resultados parciales y finales de cada uno de los trabajos presentados, permitirán desarrollar futuras investigaciones y avances en los temas centrales de ingeniería de la colaboración, gamificación, educación inclusiva, entre otros.

Entre las conclusiones finales mas relevantes se pueden desatacar las siguientes:

La implementación de sistemas interactivos en apoyo a procesos de educación para estudiantes en condiciones especiales pueden generar beneficios para los docentes en instituciones de educación brindando un recurso adicional que podrían utilizar como complemento de la clase. Adicionalmente, se considera el uso de las Tecnologías de la Información (TIC), como generadoras de estrategias para disminuir la brecha existente entre la tecnología y los niños ciegos, implementando este tipo de sistemas se pretende lograr una mayor inclusión en las aulas de clase regulares.

En el campo de la etnoeducación se requiere de la realización de experiencias que aporten al fortalecimiento de las comunidades en términos políticos y culturales. Si bien es cierto, la tecnología ha provocado el distanciamiento de los jóvenes indígenas de sus raíces, ésta puede ser repensada y re- direccionada, en pro del almacenamiento, conservación, transmisión y aprendizaje de expresiones artísticas, culturales, saberes ancestrales y universales para que éstos pervivan o revitalicen por generaciones.

La aplicación de técnicas como la gamificación, por tratarse de un conjunto de principios y elementos tecnológicos que permiten aprender mediante actividades dinámicas, facilita el desarrollo de habilidades para la inteligencia emocional mientras su uso esté acompañado de una adecuada estrategia de formación. Así mismo, se encuentra que existe una relación directa entre el uso de Gamificación

y el desarrollo de habilidades para el manejo emocional, lo cual permite innovar en procesos de formación y enfocar las intencionalidades de aprendizaje hacia casos particulares (entornos personales de aprendizaje), por ejemplo: casos de formación con algún tipo de discapacidad cognitiva o en entornos totalmente virtuales. Con lo anterior se resuelve las preguntas de investigación formuladas durante la revisión sistemática inicial, pero a la vez se generan nuevos interrogantes que vale la pena explorar en futuros estudios.

El desarrollo de software educativo tiene el reto de responder a los requerimientos de docentes, padres y estudiantes. Sin embargo, dado que quienes lo usan son estos últimos, es necesario conocer las dinámicas al interior del aula de clase. En este artículo se muestra el diseño de un juego y su aplicación en un aula de clase para obtener requerimientos para el desarrollo de un software para la enseñanza de las matemáticas.

El uso de STI en ámbitos de la educación ha sido utilizado por diversos autores con anterioridad, generando sistemas que den apoyo a educación básica en diferentes aspectos. Dada la problemática presentada en el actual trabajo, se da una propuesta de apoyo mediante la creación de un STI que sea capaz de adaptarse a las preferencias del estudiante, obteniendo así mejores resultados en su proceso de enseñanza- aprendizaje.

La evaluación de la usabilidad de un sistema software es una de las etapas más importantes dentro del diseño centrado en el usuario, ya que permite obtener las características de la usabilidad de un sistema y la medida en que los atributos, paradigmas y principios de usabilidad se están aplicando en éste, pero la incógnita está en qué tan certera es la información que entrega, de igual manera no existe una estandarización respecto al qué, cómo y cuándo realizar dicha evaluación, sino que se han utilizado métodos de manera aislada y con criterios específicos para evaluar un producto particular, lo cual se desea mejorar con la guía desarrollada en esta propuesta y que contendrá una combinación de métodos de evaluación para ser aplicada específicamente en entornos virtuales de aprendizaje, debido al auge actual que tienen actualmente este tipo de sistemas software y de la necesidad de pensar en un usuario final satisfecho.

En este libro se hace una recopilación de trabajos de investigación en temas relacionados con HCI a nivel Iberoamericano (Colombia, Argentina, Perú, México, Cuba, Costa Rica, España) en temáticas especializadas como: Interfaces Emocionales, HCI y Videojuegos, Pensamiento Computacional, Sistemas Colaborativos, Ingeniería de Software y TIC en Educación. Se presentan trabajos que describen modelos, patrones de diseño, implementaciones, evaluaciones de aplicaciones existentes, revisiones sistémicas; todos ellos aspectos muy importantes dentro de HCI. De esta forma este libro puede convertirse en un referente teórico para los investigadores Iberoamericanos, difundiendo el conocimiento y demostrando la calidad de la investigación que se viene desarrollando en el tema a nivel Iberoamericano.



editorialbonaventuriana



@EdiBonaventuri



EditorialBonaventuriana



editorial-bonaventuriana