

GHIA: Modelado de Estudiantes, Analítica de Aprendizaje, Atención a la Diversidad y e-Learning

Xavier Alamán, Rosa M. Carro, Ruth Cobos, Javier Gómez, Francisco Jurado, Pablo Molins-Ruano, Germán Montoro, Jaime Moreno, Alvaro Ortigosa, Pilar Rodríguez, Juan C. Torrado

Dpto. Ingeniería Informática, Escuela Politécnica Superior, Universidad Autónoma de Madrid
C/ Francisco Tomás y Valiente, 11. 28049 Madrid, España
{xavier.alaman, rosa.carro, ruth.cobos, jg.escribano, francisco.jurado, pablo.molins, german.montoro, jaime.moreno, alvaro.ortigosa, pilar.rodriguez, juan.torrado}@uam.es

Resumen: En este documento se resumen las principales líneas de investigación del grupo GHIA en el ámbito de la informática educativa y se describen los trabajos realizados en este contexto durante los últimos años. Estos trabajos se centran principalmente en los siguientes aspectos: adquisición automática e inferencia de información (emociones, sentimientos, personalidad, etc.) para crear o alimentar modelos de estudiantes a partir de fuentes diversas; analítica de aprendizaje para la predicción del riesgo de fracaso o abandono de los estudiantes e intervención; diseño y desarrollo de aplicaciones y recursos para el aprendizaje y el entrenamiento de habilidades (juegos, robótica, realidad mixta, mundos virtuales, etc.); y creación de asistentes personales para la vida cotidiana (vestimenta, desplazamientos, tareas laborales, gestión de emociones, etc.). Los beneficiarios de los resultados de esta investigación son individuos o grupos que reciben aplicaciones y recursos adaptados a sus características y necesidades concretas, con especial énfasis en personas y colectivos con necesidades especiales y específicas.

Palabras clave: GHIA, e-learning, modelado de usuario automático, analítica de aprendizaje, análisis de emociones, aplicaciones adaptativas, formación, entrenamiento, asistentes personales, atención a la diversidad, juegos, mundos virtuales, realidad mixta.

Abstract: This document summarizes the main lines of research of the GHIA group in the field of educational informatics and describes the work carried out in this context during the last years. This work focuses mainly on: automatic acquisition and inference of information (emotions, feelings, personality, etc.) to create or feed student models, getting information from various sources; learning analytics for predicting the risk of failure or dropout of students and intervention; design and development of applications and resources for learning and skill training (games, robotics, mixed reality, virtual worlds, etc.); and creation of personal assistants for everyday life (clothing, travelling, work tasks, emotion management, etc.). The beneficiaries of the results of this research are individuals or groups that receive applications and resources adapted to their particular features and needs, with special emphasis on people and groups with specific needs.

Key words: GHIA, e-learning, automatic user modeling, learning analytics, sentiment analysis, adaptive applications, education, training, personal assistants, inclusion, games, virtual worlds, mixed reality.

1. Informática Educativa y GHIA

El Grupo de Herramientas Interactivas Avanzadas (GHIA) se creó en el año 1990 gracias a la iniciativa de Roberto Moriyón, pronto acompañado por Manuel Alfonseca. Este hecho tuvo lugar prácticamente a la par del inicio de los estudios en Ingeniería Informática

en la Universidad Autónoma de Madrid (UAM). Desde sus comienzos, la investigación llevada a cabo en el grupo GHIA se enmarcó en el contexto de la informática educativa, centrándose principalmente en el diseño y desarrollo de herramientas, aplicaciones interactivas y utilidades para contribuir al avance en este ámbito.

Durante los años 90 y la primera década del 2000 nuestra investigación se focalizó, más concretamente, en las siguientes líneas: sistemas de enseñanza adaptativos; aprendizaje individual y colaborativo; aprendizaje móvil; adquisición y creación de modelos y perfiles de usuario; herramientas de *authoring* y visualización; evaluación de sistemas adaptativos; mundos virtuales para la educación inclusiva; inteligencia ambiental; desarrollo de software dirigido por modelos; social media learning; y aprendizaje mixto. En (Alaman et al., 2012) se describe de forma resumida el trabajo realizado en estas líneas durante dicho período.

Durante estos últimos años nuestra investigación sigue enfocada al desarrollo de la informática con fines educativos y se centra principalmente en la creación de modelos, herramientas, plataformas y aplicaciones avanzadas con los siguientes objetivos: dar soporte al aprendizaje de personas con distintos perfiles en ámbitos formativos y contextos diversos; ofrecer asistencia a aquellas personas con necesidades específicas; y facilitar la labor a los educadores y responsables de estas personas.

Con estos objetivos, hemos creado soluciones para dar soporte a la adquisición e inferencia automática de información sobre los usuarios (emociones, sentimientos, personalidad, etc.) para crear y alimentar los modelos de usuario. También hemos desarrollado software para el aprendizaje en distintos contextos, utilizando y creando recursos diversos, como mundos virtuales, edición de videojuegos, realidad aumentada, juegos de aplicación terapéutica, cuestionarios adaptativos, etc. Además, hemos creado asistentes para ayudar a personas con necesidades específicas en sus tareas cotidianas. Y hemos desarrollado mecanismos para automatizar el análisis de los datos disponibles en las redes sociales y en los distintos sistemas de e-learning para, por una parte, facilitar la labor de profesores y terapeutas y, por otra parte, conocer mejor a los estudiantes, detectar sus necesidades, predecir su riesgo de fracaso/abandono e intervenir, en su caso, para evitar que se produzca.

En el resto de las secciones se presentan con más detalles las líneas principales de I+D+i en GHIA y los trabajos más recientes del grupo en este ámbito. Nótese que utilizamos el término e-learning en el amplio sentido de la palabra, refiriéndonos a cualquier

aplicación que dé soporte al aprendizaje utilizando medios electrónicos.

2. Obtención Automática de Datos y Modelado de Usuario

En las aplicaciones de e-learning que tienen como objetivo adaptar los contenidos o las estrategias de aprendizaje a cada estudiante o grupo de estudiantes, es necesario disponer de información sobre cada individuo o grupo, para poder proporcionar una adaptación que se ajuste a sus características y necesidades concretas. Cuanto mayor sea la información disponible sobre los estudiantes, mejor se podrán satisfacer sus necesidades. El uso de cuestionarios permite obtener una información fiable. Sin embargo, rellenar numerosos cuestionarios (personalidad, motivación, estado emocional, contexto, preferencias, estilo de aprendizaje, etc.) puede suponer una sobrecarga para los estudiantes que es necesario aliviar. Para ello, llevamos más de una década trabajando en la inferencia automática de información a partir de datos recopilados de distintas fuentes. A continuación, se describen los trabajos más recientes en esta línea. Los realizados previamente en esta dirección se reportaron en (Alaman et al., 2012).

2.1. Análisis de sentimientos y emociones

En GHIA hemos utilizado técnicas de procesamiento de lenguaje natural para estudiar la motivación de los estudiantes y su impacto en sus resultados académicos. En (Rodríguez, Ortigosa y Carro, 2014) investigamos la posibilidad de detectar las emociones del estudiante analizando los trabajos que ha redactado. Se analizaron 38 ensayos escritos por una estudiante durante sus tres primeros semestres en la universidad. Los resultados obtenidos indican que es factible inferir la motivación del usuario a partir de las emociones detectadas en los textos.

Por otra parte, hemos desarrollado un nuevo método para inferir el estado emocional de las personas a partir de los mensajes que escriben en Facebook (Ortigosa, Martín y Carro, 2014). Este método, basado en el análisis de sentimientos, permite i) extraer información sobre la polaridad de los sentimientos transmitidos por los usuarios en los mensajes que

escriben (positiva, neutra o negativa) y ii) modelar la polaridad del sentimiento habitual de cada usuario y detectar cambios emocionales significativos. Hemos implementado este método en *SentBuk*, una aplicación de Facebook que recupera los mensajes escritos por los usuarios y los clasifica según su polaridad, mostrando los resultados a través de una interfaz interactiva con funcionalidad adicional. El método de clasificación implementado en *SentBuk* sigue un enfoque híbrido: combina técnicas léxicas y de aprendizaje automático. Los resultados obtenidos con este enfoque muestran que es factible realizar análisis de sentimientos en Facebook con gran precisión (83,27%).

Conocer el estado emocional de los estudiantes es útil, por ejemplo, para proponer actividades destinadas a aumentar su compromiso de forma dinámica si se detecta una baja motivación, ya sea en un contexto de enseñanza presencial u online. La incorporación de las emociones al e-learning amplía las posibilidades del aprendizaje personalizado, permitiendo la recomendación dinámica de las actividades a abordar y la selección de contenidos en función del estado emocional del estudiante. Por otra parte, los sentimientos de los estudiantes hacia un curso pueden servir como retroalimentación para los profesores, especialmente en el caso del aprendizaje en línea, por ser menos frecuente el contacto cara a cara. En esta línea, actualmente estamos analizando los comentarios escritos por los estudiantes en los foros de los cursos en los que están involucrados.

2.2. Análisis de personalidad

La red social Facebook también se ha utilizado como fuente de información en *TP2000* (Ortigosa, Carro y Quiroga, 2014), la aplicación que hemos desarrollado para recopilar y analizar las interacciones de más de 20.000 usuarios de Facebook con el objetivo de inferir ciertos aspectos de su personalidad. En este trabajo exploramos el uso de distintas técnicas y algoritmos de aprendizaje automático como Naive-Bayes, vecinos más cercanos, árboles de clasificación y reglas asociativas para buscar patrones de interacción que proporcionen información sobre la personalidad de los usuarios. Los resultados muestran que los clasificadores obtenidos tienen un alto nivel de precisión, que oscila entre el 79,87% para el rasgo “Actividad” y el 82,82% para el rasgo “Agresión-

Hostilidad”. También llevamos a cabo un estudio similar en la red social Twitter (Llanos 2015); actualmente se está trabajando en el entrenamiento de los algoritmos con una mayor cantidad de datos, para comparar los resultados obtenidos en ambas redes.

En el ámbito educativo se ha comprobado que tanto la personalidad del alumno como la composición de los grupos de trabajo en cuanto a su personalidad (homogénea vs. heterogénea) afecta al rendimiento del grupo. En esta dirección, algunos autores han mostrado que el rendimiento del estudiante se correlaciona con su personalidad. Otros van más allá, estableciendo relaciones entre personalidad, inteligencia y posibilidades de un buen rendimiento académico. Por lo tanto, conocer la personalidad de los estudiantes en sistemas de e-learning adaptativos permite variar, para cada usuario/grupo, las tareas a realizar en cada momento, la formación de grupos o la retroalimentación proporcionada, para satisfacer mejor sus necesidades y favorecer experiencias de aprendizaje teóricamente más exitosas. Esto puede hacerse de manera automática en plataformas de e-learning como *CoMoLE* (Martín y Carro, 2009).

3. Learning Analytics

Para poder adaptar las actividades de aprendizaje o los recursos educativos asociados a ellas, no solo es importante conocer a los estudiantes previamente. También es esencial analizar los datos sobre sus acciones y contextos de aprendizaje, con el fin de comprender y optimizar el aprendizaje y los entornos en los que se produce (Lang, Siemens, Wise, y Gasevic, 2017). La analítica de aprendizaje o Learning Analytics (LA) pueden ser de varios tipos:

- Descriptiva: destinada a la agregación de datos y generación de información y visualizaciones relacionadas con los eventos y la interacción de los estudiantes con los cursos.
- Predictiva: destinada al desarrollo de modelos estadísticos y aprendizaje automático para, en función de la información disponible (cruda o tras la analítica descriptiva), obtener una visión lo más precisa posible de las potenciales situaciones a tratar en el futuro. Entre sus aplicaciones, cabe destacar la detección de estudiantes en riesgo de abandono y la predicción de resultados.

- Prescriptiva: nutrida a partir de la información proporcionada por los anteriores procesos de análisis y destinada a dar respuesta a sus resultados a través de funcionalidades como orientar a los estudiantes que están en riesgo de abandono para evitar que eso suceda.

En GHIA contamos con una amplia experiencia en el análisis de datos en entornos educativos online. Por una parte, se han analizado las interacciones de los estudiantes con sus cursos adaptativos online para evaluar la calidad de los mismos, detectar posibles fallos o debilidades y proponer acciones para mejorarlos (Ortigosa y Carro, 2003). Por otra parte, se han analizado los datos para evaluar los procesos de enseñanza-aprendizaje individuales (Claros, Echeverría, Garmendía, y Cobos, 2014) o en grupo (Claros, Cobos, y Collazos, 2015).

Más recientemente, hemos aplicado LA en MOOCs de FutureLearn (Cobos, Wilde, y Zaluska, 2017) (León, Cobos, Dickens, White, y Davis, 2016) y edX (Cobos y Jurado, 2018) (Ruipérez-Valiente, Cobos, Muñoz-Merino, Andújar, y Kloos, 2017). La UAM es miembro del consorcio edX desde 2014 (Claros, Cobos, Sandoval, y Villanueva, 2015) y actualmente ofrece una gran variedad de MOOCs en la plataforma edX¹. Además, ha empezado a ofrecer también SPOCs a través de Open edX². Por ello en muchos de nuestros trabajos analizamos los MOOCs ofrecidos por la UAM. Este es el caso, por ejemplo, de la creación de modelos de predicción semanal para determinar el posible riesgo de abandono de un curso por parte de los estudiantes del mismo (Isidro, Carro y Ortigosa, 2018).

Además, con el objetivo de facilitar el análisis de datos de estos MOOCs, se han desarrollado las siguientes herramientas:

- Una herramienta basada en analítica descriptiva llamada *openDLAs: Open Dashboard for Learning Analytics* (Cobos, Gil, Lareo, y Vargas, 2016). Con ella se pueden mostrar distintos tipos de visualizaciones de los avances de los estudiantes en las diferentes partes de los cursos (realización de ejercicios, participación en foros, visionado de videos, etc.). Es una herramienta para el personal docente y administradores de los

MOOCs y complementa la información que muestra la plataforma edx.org en su *insights*.

- Una herramienta basada en analítica predictiva llamada *edX-MAS+: Model Analyzer System* (Cobos y Olmos, 2018) (Cobos y Macías, 2017). Permite al personal docente y a los administradores de los MOOCs la generación de modelos a partir de los datos recolectados. Se acciona un proceso completo de análisis donde la inteligencia artificial se utiliza para predecir qué estudiantes tienen más posibilidades de abandonar el curso y cuáles tienen más posibilidades de aprobar (obtener el certificado).
- Dos herramientas basadas en analítica prescriptiva, *edX-WS: Warning System* y *edX-FAS: Feedback Analysis System*. La primera ha sido creada para la detección preventiva de estudiantes en riesgo de abandono (o de suspender) en base a sus indicadores de actividad en el curso. Genera recomendaciones para los estudiantes y gráficos comparativos para el seguimiento de su evolución, que pueden ser utilizadas por el personal docente y administradores de los MOOCs para orientar a los estudiantes. La segunda es una evolución de la primera y tiene como principal objetivo facilitar el acompañamiento de los alumnos para reforzar su proceso de aprendizaje en función de su situación y necesidades. Este proceso comprende funcionalidades como la detección de patrones (de aprendizaje positivo o negativo) y la proposición de acciones en consecuencia (p.ej., recordatorios para aquellos con dificultades).

Por otro lado, se ha desarrollado *edX-CAS: Content Analyzer System* (Cobos, Jurado y Blázquez-Herránz, 2019), una herramienta que utiliza técnicas de procesamiento de lenguaje natural para detectar los sentimientos, opiniones y emociones plasmadas en los contenidos de los MOOCs que ofrece la UAM. El objetivo es detectar factores como la subjetividad y la polaridad (positividad o negatividad) del contenido de los cursos y la carga emocional de los mismos, y proponer, en su caso, recomendaciones de mejora de los contenidos al personal docente correspondiente.

¹ <https://www.edx.org/school/uamx>

² <https://www.uamx.uam.es/spocs>

Finalmente, hemos colaborado con DIMETRICAL, The Analytics Lab S.L.³ en la prevención del abandono por parte de los estudiantes de grado de una universidad española cuya formación es totalmente a distancia online. En este caso se ha trabajado con los datos disponibles en los sistemas de gestión Moodle⁴ y Universitas XXI⁵. El objetivo principal es evitar que los estudiantes abandonen la universidad llevando a cabo acciones de retención con aquellos que presentan mayor riesgo, tratando así de maximizar la eficacia de los esfuerzos institucionales en esta dirección. Se han generado modelos predictivos basados en datos de más de 11.000 estudiantes, recolectados durante 5 años. Se ha creado SPA, un sistema de alerta temprana que utiliza estos modelos para generar predicciones de riesgo de abandono desde el comienzo (*early predictions*) y periódicamente (actualizadas dinámicamente). SPA está en producción desde 2017. Ha calculado más de 117.000 puntuaciones para predecir el riesgo de abandono de más de 5.700 estudiantes y ha registrado unas 13.000 acciones de retención, cuyo impacto se está analizando actualmente. El trabajo realizado, los retos afrontados y las lecciones aprendidas durante todo el proceso, que abarca desde la investigación hasta la explotación de SPA en el escenario de producción descrito, se describen en (Ortigosa, Carro, Bravo, Lizcano, Alcolea y Blanco, 2019).

4. Aplicaciones y Recursos de Enseñanza-Aprendizaje

El modelado de estudiantes y la analítica de aprendizaje para sistemas de e-learning no tendrían sentido sin la existencia de las plataformas, sistemas o aplicaciones que dan soporte a ese aprendizaje online. Desde los comienzos de GHIA, gran parte de nuestro esfuerzo se ha dedicado al diseño e implementación de entornos avanzados de aprendizaje, orientados especialmente a satisfacer las necesidades particulares de usuarios o colectivos concretos. En la actualidad seguimos explorando distintos modos, técnicas y mecanismos para favorecer y motivar el aprendizaje de los estudiantes en contextos diversos. A continuación, se describen algunos de los trabajos más recientes en este ámbito.

4.1. Creación de Videojuegos y Motivación

Los videojuegos forman parte del ocio habitual de muchos jóvenes y tienen un potencial motivador y educativo que hemos explorado. El diseño de videojuegos puede ser una actividad educativa muy efectiva para el aprendizaje y la motivación. Para demostrarlo, lo hemos utilizado como banco de pruebas para una experiencia en la que equipos interdisciplinares de estudiantes de Ingeniería Informática e Historia han cooperado en el diseño de un videojuego sobre un tema histórico. La experiencia se ha repetido a lo largo de tres cursos académicos. La motivación de los estudiantes se evaluó en los últimos 2 años, analizando las emociones plasmadas en los trabajos que realizaron. Los trabajos del grupo experimental presentaron diferencias significativas respecto a los del grupo de control, indicando que la motivación fue mayor al utilizar el diseño interdisciplinario de videojuegos como forma de aprendizaje en lugar de otros métodos más tradicionales (Molins-Ruano *et al.*, 2014).

4.2. Phogo: otra Forma de Aprender a Programar

En 1967 el proyecto LOGO propuso enseñar conceptos de programación abstractos ofreciendo un conjunto de funciones que tenían efectos intuitivos y visibles sobre una Tortuga robótica. LOGO fue un éxito. Posteriormente surgieron propuestas como Scratch y Lego Mindstorm, introduciendo interfaces de programación gráficas basadas en bloques. En GHIA nos propusimos recuperar las poderosas ideas detrás de LOGO actualizándolo con tecnologías más modernas y creamos *Phogo*, una nueva plataforma robótica para el desarrollo del pensamiento computacional que combina Python, Arduino y la impresión 3D en un robot de bajo coste fácil de construir y controlar. El robot dispone de un bolígrafo para dibujar formas y puede programarse desde un ordenador a través de un enlace inalámbrico. La filosofía abierta y creadora de *Phogo* lo hacen atractivo: los estudiantes pueden acceder y estudiar los componentes electrónicos y, a la vez, usar un lenguaje de programación textual. En (Molins-Ruano, Gonzalez-Sacristan y Garcia-Saura, 2018) se describe la metodología y las decisiones de diseño de *Phogo*,

³ <http://dimetrical.es/>

⁴ <https://moodle.org/>

⁵ <http://www.ocu.es/productos/universitas-xxi-academico/>

los resultados de su uso en un taller y las mejoras desarrolladas a partir de dichos resultados.

4.3. Mundos Virtuales y Realidad Mixta

Otro de los recursos que hemos utilizado como apoyo a la educación son los mundos virtuales. En (Guerrero, Ayala, Mateu, Casades y Alamán, 2016) presentamos un estudio piloto para la enseñanza de la Geometría en la escuela "Florida Secundaria". Se construyó un mundo virtual en el que los estudiantes utilizaban dos nuevas interfaces tangibles para manipular las figuras geométricas y aprender así conceptos geométricos. Los resultados obtenidos sugieren que el uso de interfaces tangibles y mundos virtuales permitió un aprendizaje más significativo (los conceptos aprendidos fueron más duraderos).

Por otra parte, hemos desarrollado *Virtual Craft*, un conjunto de herramientas para desarrollar actividades educativas en un entorno de realidad mixta que permite interconectar un mundo virtual con el mundo real utilizando objetos tangibles (Mateu, Lasala y Alamán, 2015). Está especialmente diseñado para que los profesores, que suelen carecer de conocimientos avanzados en programación informática y electrónica, puedan crear actividades educativas para sus alumnos de forma sencilla. El kit se ha utilizado para desarrollar varias aplicaciones educativas que se han probado en el instituto de enseñanza secundaria Narcís Oller (Valls, Tarragona).

4.4. Cuestionarios Adaptativos y Gamificación

Los cuestionarios adaptativos permiten identificar la pregunta más apropiada en un momento determinado del proceso de evaluación. Existen varios enfoques para implementar este tipo de cuestionarios, pero no muchos para asegurar su calidad. En GHIA hemos desarrollado un procedimiento para mejorar la calidad de los cuestionarios adaptativos considerando la relevancia de cada pregunta, lo que permite analizar las respuestas e identificar cómo mejorar el proceso de evaluación. Este método se ha implementado en *e-valUAM*, una herramienta online de creación y realización de formularios adaptativos con la que se realizaron los experimentos para validar este enfoque (Molins-Ruano et al. 2016).

En otros trabajos, también utilizando la plataforma *e-valUAM*, se han explorado otros métodos de evaluación. Por ejemplo, se ha propuesto un método centrado en el comportamiento de los expertos en lugar de en las puntuaciones basadas en el número de respuestas correctas. Este método es especialmente adecuado para medir las habilidades en disciplinas como la Informática, amplias y complejas, y no tan sencillas de evaluar. Para utilizar este método, hemos desarrollado una prueba que permite detectar diferencias significativas entre los usuarios estándar y los expertos en informática. La prueba se lleva a cabo mediante *e-valUAM*, que se ha modificado para almacenar varios parámetros de las respuestas de los usuarios. Al optimizar los parámetros mediante un modelo lineal, hemos desarrollado una ecuación que permite comparar cuantitativamente los resultados de un solo usuario con los del grupo de expertos de referencia. Las puntuaciones obtenidas con este método se pueden utilizar para predecir el conocimiento formal de los usuarios y modificar su formación en caso necesario (Molins-Ruano, Rodríguez, Atrio y Sacha, 2016).

Por último, también hemos explorado el impacto de la gamificación en sistemas de evaluación adaptativa. Los estudios en sistemas de e-learning gamificados no aclaran si la gamificación mejora el compromiso del usuario y, por tanto, la experiencia de aprendizaje, o si el éxito depende del propio sistema, independientemente del proceso de gamificación. Como un intento de responder a estas preguntas, analizamos si el hecho de incorporar gamificación en una herramienta de autoevaluación adaptativa existente en la que se observan problemas de baja participación puede hacer frente a estos problemas manteniendo la esencia del sistema en cuanto a la adaptación proporcionada. En (Molins-Ruano, Jurado, Rodríguez, Atrio y Sacha, 2016) presentamos el impacto de la gamificación en este caso concreto.

4.5. Moodle, CSCL y Pensamiento Computacional

En GHIA también hemos explorado la posibilidad de enriquecer los procesos de enseñanza-aprendizaje que utilizan Moodle como herramienta mediante la adición de desarrollos y recursos educativos propios. En (Echeverría, Cobos, Machua y Claros, 2017) presentamos *PABEC*, una plataforma de aprendizaje basada en escenarios colaborativos integrada en

Moodle. *PABEC* ha sido validada en 17 experiencias de aprendizaje mixto durante 6 semestres (2013-16) en 12 asignaturas de dos universidades colombianas. También se ha integrado *Geogebra*⁶ en Moodle para contribuir al aprendizaje de la Geometría y promover el desarrollo del pensamiento computacional (*computational thinking*) de forma grupal. Se han realizado dos estudios para analizar su efecto en la motivación, satisfacción y rendimiento de niños de cuarto grado de primaria de una escuela colombiana. Los resultados evidencian que el aprendizaje de la Geometría mejoró gracias al enfoque propuesto (Echeverría, Cobos y Morales, 2019).

5. Integración y Atención a la Diversidad

Desde los inicios del grupo GHIA, tal y como se ha mencionado anteriormente, hemos trabajado en la generación de entornos de enseñanza-aprendizaje adaptados a los usuarios, con el objetivo de satisfacer sus necesidades y facilitar la adquisición de conocimiento y habilidades, tanto individual como colaborativamente. En este contexto, la atención a la diversidad ha sido una de nuestras líneas prioritarias.

Durante estos años hemos dedicado algunos trabajos a colectivos con necesidades específicas, como niños con dificultades de integración, personas mayores, personas con déficit de atención e hiperactividad, dislexia, síndrome de Down o trastornos del espectro autista, personas que han sufrido amputaciones, etc. Estos trabajos se han centrado principalmente en dos objetivos complementarios: formación y asistencia. En el ámbito de la formación, hemos diseñado y desarrollado herramientas y aplicaciones para dar soporte a la adquisición de competencias, el desarrollo de habilidades y la realización de terapias concretas. Con respecto a la asistencia, hemos creado aplicaciones para ayudar a personas o colectivos con necesidades específicas a la realización de tareas, tanto de la vida cotidiana como laborales.

Ambas líneas, complementarias entre sí, tienen un objetivo global: que las personas puedan alcanzar la mayor independencia posible. Esto cada vez se fomenta más en escuelas infantiles, colegios e institutos y resulta ser un objetivo primordial en las escuelas de educación especial y los centros de día. El proceso que conduce a ello lo diseñan y supervisan

expertos en áreas como la educación, psicología, educación especial o rehabilitación. Sin embargo, el uso de todo el potencial tecnológico es aún limitado en estos ámbitos. Esto, unido a nuestra visión sobre los beneficios de las tecnologías para la educación especial, ha convertido las tecnologías para la asistencia en una de nuestras líneas principales de trabajo. A continuación, describimos algunos de nuestros trabajos más recientes en este ámbito.

5.1. Formación y Entrenamiento de Habilidades

La tecnología multitáctil se ha utilizado para dar soporte a la realización de actividades formativas y apoyar la capacitación y el aprendizaje en diferentes contextos educativos. Este es el caso de *The Squares* (Llanos y Carro, 2015), un juego colaborativo adaptativo creado para promover el desarrollo de habilidades relacionadas con la socialización y la integración de niños con dificultades en estos aspectos. Los niños que forman cada equipo se sitúan alrededor de una mesa multicontacto e interactúan entre sí y con el juego a través de la mesa. El software creado elige dinámicamente los detalles de cada partida para cada equipo en función de sus miembros y genera las partidas concretas en tiempo de ejecución. Su diseño avanzado permite generar infinitas partidas diferentes y adaptar el nivel de dificultad de cada una de ellas al progreso del equipo. También facilita la recolección y visualización de datos sobre las acciones de cada niño y sus interacciones con los demás, para ayudar a los educadores a extraer conclusiones sobre el proceso. Este trabajo ha involucrado a 52 estudiantes de Primaria de entre 6 y 10 años y a varios profesionales y expertos del C.E.I.P. Príncipe de Asturias (Madrid). Los resultados obtenidos sugieren la viabilidad de utilizar este tipo de juegos para los fines propuestos.

También hemos utilizado mesas multicontacto como soporte para terapias orientadas a niños con déficit de atención e hiperactividad (Gomez y Carro, 2014). Se ha creado una nueva versión, adaptativa, de un juego utilizado habitualmente en las terapias para este colectivo. El nuevo juego ayuda a los niños a mejorar su capacidad de concentración y control de impulsos, guiándoles a través de las actividades según sus necesidades. El hecho de incorporar funcionalidad para guiar la terapia ayuda a los terapeutas en su labor, facilitándoles la supervisión del proceso, para la que

⁶ <https://www.geogebra.org/graphing?lang=es>

además cuentan con un registro de acciones y una herramienta de visualización de datos. En el diseño de la aplicación ha colaborado un psicólogo experto en la materia. La aplicación ha sido probada en un gabinete psicológico con resultados muy satisfactorios para ambos perfiles, paciente y terapeuta. En la misma línea, se ha creado otra herramienta para ayudar a pacientes y terapeutas en el contexto de la terapia ocupacional con resultados prometedores (Mascaraque y Carro, 2016).

Las superficies multitáctiles también se han utilizado como medio de interacción para ayudar a personas con limitaciones cognitivas a adquirir la habilidad de vestirse adecuadamente según la ocasión, mediante la realización de actividades y ejercicios interactivos relacionados con la vestimenta y la higiene (Moraleda y Carro, 2013). Para ello se ha contado con el asesoramiento de profesionales de la Fundación PRODIS, que colaboran con la UAM en el programa PROMENTOR de formación de este colectivo para la inserción laboral. La aplicación se ha complementado con un asistente personal que les ayuda hasta que aprenden a elegir por sí mismos (Rojo y Carro, 2013).

Más recientemente hemos explorado el uso de otros dispositivos y enfoques para la formación y el entrenamiento de habilidades en el ámbito de la diversidad funcional. En el contexto médico, la tecnología facilita el desarrollo de prótesis que permiten a los pacientes recuperar movimientos específicos. Las prótesis mioeléctricas se conectan a los nervios y permiten mover las extremidades mediante impulsos eléctricos generados por el sistema nervioso. Su uso requiere un entrenamiento intensivo, a menudo duro y agotador, especialmente para los niños. La utilización de juegos en las terapias puede hacer el entrenamiento mucho más agradable. Esto nos motivó a desarrollar *SilverTouch* (Costales y Carro, 2017), una aplicación para tabletas cuyo objetivo es ayudar a los niños a entrenar el uso de sus prótesis mioeléctricas mediante tres tipos de juegos configurables: explota los globos, une los puntos y viste a los muñecos. Para diseñar estos juegos, que exigen distintos tipos de movimientos, se ha contado con profesionales expertos en Medicina, Fisioterapia, Terapia y Educación. Cada partida se configura automáticamente para cada niño según sus necesidades y su rendimiento en partidas previas. Los resultados de las pruebas realizadas son muy

prometedores: los pacientes opinan que *SilverTouch* es una buena herramienta para el entrenamiento y los expertos confirman su potencial para ser ampliamente utilizada.

Continuando con el colectivo infantil y enfocándonos en niños con trastornos del espectro autista (TEA), nos fijamos en las dificultades que muestran estos niños para adquirir habilidades de lectoescritura con los métodos silábicos usados en escuelas ordinarias. Esto sugiere la necesidad de metodologías de aprendizaje específicas para ellos. Debido a sus buenas competencias visuales, los métodos de lectura global parecen una buena alternativa. En (Gomez, Jaccheri, Torrado y Montoro, 2018) describimos “Leo con Lula”, un juego serio para plataformas móviles basado en metodologías de lectura global para ayudar a estos niños en su primer contacto con la lectura. Se describe el estudio piloto llevado a cabo con 9 niños de entre 3 y 8 años, en el que se emplean cuestionarios y observación directa para obtener las opiniones de los profesores, descubrir las limitaciones y valorar el potencial del juego como herramienta.

Otra habilidad fundamental para el desarrollo psicopedagógico de niños con necesidades especiales, para obtener autonomía y autodeterminación, es la autoevaluación: la evaluación del trabajo de uno mismo. Adquirir esta habilidad requiere materiales y entrenamientos explícitos y suele consumir mucho tiempo. En este contexto, hemos realizado un estudio para averiguar si los sistemas de Realidad Aumentada (RA) son una alternativa apropiada y menos costosa para ayudar a niños con limitaciones cognitivas a entrenar estas habilidades en colegios de educación especial. Hemos desarrollado BART, una aplicación para tabletas que ayuda a los niños a autoevaluar la realización de operaciones aritméticas. Se ha contado con la participación de 2 educadores, 2 expertos en Psicopedagogía y 2 diseñadores de software. En (Torrado, Jaccheri y Gomez, 2019) presentamos el estudio realizado, la metodología a seguir y el plan para el estudio empírico a realizar a corto plazo.

Todas estas aplicaciones han sido creadas con el asesoramiento de expertos en las diferentes materias y prácticamente todas han sido evaluadas por los usuarios finales en sus contextos específicos. Los resultados obtenidos por el momento indican su alto potencial para la capacitación y el aprendizaje.

5.2. Asistentes Personales

Además de las aplicaciones formativas descritas, se han desarrollado asistentes para ayudar a las personas con limitaciones cognitivas a incrementar su grado de autonomía. Este es el caso de *MyDressRecommender* (Rojo y Carro, 2013), que ayuda a cada individuo, a través de su teléfono móvil, a elegir su vestimenta en función de las actividades previstas en su agenda y del tiempo meteorológico. Ofrece distintos modos o niveles de asistencia para que el usuario pueda pasar de unos a otros según sus necesidades: recomienda directamente qué ponerse, sugiere varias opciones apropiadas para que el usuario elija, o muestra el armario completo para que el usuario tome la decisión. Para ofrecer una asistencia personalizada, ha sido necesario incorporar las fotografías de las prendas de cada persona a su aplicación. Los usuarios que utilizaron la aplicación se mostraron muy agradecidos y motivados para continuar utilizándola, a pesar de los requisitos de mantenimiento del ropero.

Otras habilidades que tienen una gran influencia en la autonomía personal están relacionadas con la capacidad de orientarse y desplazarse en entornos familiares y desconocidos. En GHIA hemos creado aplicaciones de asistencia en los desplazamientos para guiar a personas con diversidad intelectual tanto en exteriores como en interiores.

En (García, Carro y Haya, 2012) realizamos una primera prueba de concepto para evaluar la factibilidad de este tipo de asistencia. Durante la prueba, 30 estudiantes del programa PROMENTOR de PRODIS-UAM debían llegar de un lugar a otro del campus de la UAM siguiendo las instrucciones de la aplicación *Where should I go?* a través de PDAs. En esta aplicación implementamos un sistema de rutas por la universidad. Cada ruta se divide en fragmentos y puntos de decisión. Se desarrollaron distintos modos para ofrecer la asistencia (fotografías a pie de calle con y sin anotaciones, instrucciones por voz y combinaciones de las anteriores). Todos los usuarios excepto uno llegaron a sus destinos correctamente en un tiempo razonable y disfrutaron de la experiencia, valorando la asistencia recibida muy positivamente.

Posteriormente desarrollamos otra herramienta con el mismo fin, el guiado en exteriores, esta vez adaptada a dispositivos y sistemas operativos más actuales. En la

misma línea, se adapta a cada usuario el cálculo de las rutas, la emisión de las instrucciones y el diseño de la interfaz. Para su evaluación se ha comparado con un sistema de navegación comercial en un estudio de campo con 18 usuarios. Se ha concluido que nuestra herramienta mejora el rendimiento en cuanto al número de usuarios que pudieron llegar al destino y los que pudieron identificarlo correctamente (Gómez, Montoro, Torrado y Plaza, 2015).

Como complemento a las aplicaciones anteriores, hemos desarrollado una aplicación de asistencia en interiores, capaz de guiar a los usuarios, mediante sus teléfonos móviles, entre distintos puntos de su entorno, siguiendo un camino de pistas (Torrado, Montoro y Gómez, 2016). La guía se basa en la localización de lugares mediante códigos QR, lo que la convierte en una herramienta barata, sencilla de implementar y reutilizable. Para evaluar su potencial, realizamos un experimento con 14 usuarios con varias limitaciones cognitivas en un entorno desconocido para ellos. Los resultados validaron tanto la aplicación como el enfoque propuesto. Este tipo de guía en interiores es de especial interés en el ámbito de la inserción laboral, pues ayuda a las personas con limitaciones cognitivas a orientarse en sus espacios de trabajo, cobrando aún mayor relevancia durante los primeros días tras su incorporación.

Continuando en el ámbito de la inserción laboral de personas con limitaciones cognitivas y con el objetivo de favorecer su autonomía, hemos desarrollado *AssisT-Task*. Se trata de una aplicación móvil que ofrece asistencia durante la realización de tareas, llevando a cabo un guiado, paso a paso, para realizarlas de forma secuencial (Gómez, Torrado y Montoro, 2017). Utiliza códigos QR situados en los elementos del entorno. Ha sido evaluada con 10 usuarios y 2 tipos de tareas laborales. A partir de 7 sesiones grabadas, se compara el rendimiento y el aprendizaje de las tareas cuando utilizan la herramienta frente al método tradicional, basado en instrucciones en papel. Los resultados muestran que las personas con limitaciones cognitivas aprendieron mejor y rindieron más usando *AssisT-Task*. Esto ocurrió especialmente en las tareas que requerían una carga cognitiva mayor, frente a aquellas principalmente manuales.

Otro aspecto de la vida diaria en el que, frecuentemente, las personas con limitaciones

cognitivas presentan dificultades es la gestión y autorregulación emocional. En (Torrado, Gomez y Montoro, 2017) analizamos las necesidades de personas con trastornos del espectro autista (TEA) y proponemos una forma de asistencia para la autorregulación emocional ubicua que no estigmatiza a sus usuarios. La solución propuesta utiliza relojes inteligentes e implementa estrategias de autorregulación, detectando episodios de alteración emocional a partir de señales psicofisiológicas y movimiento. También se ha creado una herramienta de autor para los familiares o cuidadores que les permite crear y personalizar dichas estrategias. Hemos realizado un experimento intensivo con 2 individuos con TEA que mostraban un abanico amplio de respuestas conductuales a sus problemas de regulación emocional. Ambos fueron capaces de realizar estrategias de autorregulación emocional de forma efectiva y personalizada utilizando el sistema, recuperándose de la mayoría de los episodios de estrés de media intensidad y rabetas experimentadas a lo largo de nueve días de observación en sus clases.

Finalmente, también en el contexto de la gestión de emociones, hemos desarrollado *AngryEmail* (Carro, Ballesteros, Ortigosa, Guardiola y Soriano, 2012), una utilidad integrada en un gestor de correo que permite reconsiderar la conveniencia de enviar aquellos e-mails que contienen una alta carga de enfado o ira (*angry*). *AngryEmail* analiza cada mensaje que se desea enviar para obtener información sobre las emociones plasmadas en el texto. Si detecta un alto nivel de enfado, lo retiene durante 5 minutos y, transcurrido ese tiempo, solicita al usuario confirmación de que realmente desea enviarlo. Si el usuario responde afirmativamente, envía el mensaje. Esta utilidad se ha integrado en Olive, del sistema Octopus. Sería interesante integrarla en gestores de correo más ampliamente utilizados para permitir su uso extendido. En principio se creó pensando en usuarios con limitaciones cognitivas, para quienes el control y la gestión de emociones es especialmente complicado. Sin embargo, *AngryEmail* resultaría útil para todo tipo de personas, especialmente para las más impulsivas, pues se trata de que cualquiera pueda reconsiderar la conveniencia de enviar ciertos mensajes de los que podría arrepentirse en el futuro.

Agradecimientos

El grupo GHIA agradece a todas las entidades que han financiado nuestra investigación durante estos casi 30 años, incluyendo el Ministerio de Educación de España y la Comunidad Autónoma de Madrid (actualmente financiando el proyecto e-Madrid, P2018/TCS-4307, cofinanciado a su vez por FSE y FEDER). También agradecemos a todos los expertos y usuarios finales que, con su participación y sus aportaciones, han contribuido al éxito de los trabajos descritos en este artículo y nos motivan a seguir investigando en estas líneas.

Referencias

- Alamán, X., Carro, R.M., Claros, I. D., Cobos, R., Echeverría, L., García-Herranz, M., Gómez, J., Guerra, E., Haya, P.A., Lara, J., Mateu, J., Montoro, G., Moreno-Llorena, J., Ortigosa, A. y Rodríguez, P. (2012). GHIA (Grupo de Herramientas Interactivas Avanzadas). IE Comunicaciones. *Revista Iberoamericana de Informática Educativa*, 15, 57-66.
- Carro R.M., Ballesteros F.J., Ortigosa A., Guardiola G. y Soriano E. (2012). AngryEmail? Emotion-Based E-mail Tool Adaptation. *Ambient Assisted Living and Home Care. LNCS*, 7657. 399-406.
- Claros, I., Cobos, R. y Collazos, C. (2015). An Approach Based on Social Network Analysis Applied to a Collaborative Learning Experience. *IEEE Transactions On Learning Technologies*, 9(2), 190-195.
- Claros, I., Cobos, R., Sandoval, G., y Villanueva, M. (2015). Creating MOOCs by UAMx: experiences and expectations. En *The Third European MOOCs Stakeholders Summit*, 61-64.
- Claros, I., Echeverría, L., Garmendia, A., y Cobos, R. (2014). Towards a Collaborative Pedagogical Model in MOOCs. En *IEEE Global Engineering Education Conference*, 905-911.
- Cobos, R., y Jurado, F. (2018). An Exploratory Analysis on MOOCs Retention and Certification in Two Courses of Different Knowledge Areas. En *IEEE Global Engineering Education Conference*, 1659-1666.

- Cobos, R., y Macias, V. (2017). edX-MAS: Model Analyzer System. En *5th International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*.
- Cobos, R., y Olmos, L. (2018). A Learning Analytics Tool for Predictive Modelling of Dropout and Certificate acquisition on MOOCs for Professional Learning. In *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*.
- Cobos, R., Gil, S., Lareo, A., y Vargas, F. (2016). Open-DLAs: An Open Dashboard for Learning Analytics. En the *Third (2016) ACM Conference on Learning @ Scale*, ACM, 265-268.
- Cobos, R., Jurado, F., y Blázquez-Herránz, A. (2019). A Content Analysis System that supports Sentiment Analysis for Subjectivity and Polarity detection in Online Courses. *Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*. <https://doi.org/10.1109/rita.2019.2952298> Nov'19
- Cobos, R., Wilde, A., y Zaluska, E. (2017). Predicting attrition from Massive Open Online Courses in FutureLearn and edX. En Workshop at the *7th International Learning Analytics and Knowledge Conference*, 13-17.
- Costales, F.G. y Carro, R.M. (2017). SilverTouch: Game-based Training for Children with Myoelectric Prostheses. En companion proceedings de *22nd International Conference on Intelligent User Interfaces*, 93-96.
- Echeverría, L., Cobos, R., Machuca, L. y Claros, I. (2017). Using collaborative learning scenarios to teach programming to non-CS majors. *Computer applications in engineering education*, 25(3),1-13.
- Echeverría, L., Cobos, R. y Morales, M. (2019) Improving the students Computational Thinking skills with collaborative learning techniques. *Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*. In-press.
- Garcia, A., Carro, R.M. y Haya, P. (2012). Where Should I Go? Guiding Users with Cognitive Limitations through Mobile Devices Outdoors. En *13th International Conference on Interacción Persona-Ordenador*. ACM, art 46.
- Gomez, J., Jaccheri, L., Torrado, J. C., y Montoro, G. (2018). Leo con lula, introducing global reading methods to children with ASD. In the *17th ACM Conference on Interaction Design and Children*. 420-426.
- Gomez, J., Montoro, G., Torrado, J. C., y Plaza, A. (2015). An Adapted Wayfinding System for Pedestrians with Cognitive Disabilities. *Mobile Information Systems*. 15 págs.
- Gomez, J., Torrado, J. C., y Montoro, G. (2017). Using smartphones to assist people with Down syndrome in their labour training and integration: a case study. *Wireless Communications and Mobile Computing*. 15 págs.
- Gomez, L. and Carro, R.M. (2014). Adaptive Training of Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder through Multi-touch Surfaces. In *IEEE 14th International Conference on Advanced Learning Technologies*, 561-563.
- Guerrero, G., Ayala, A., Mateu, J. Casades, L. y Alamán, X. (2016). Integrating Virtual Worlds with Tangible User Interfaces for Teaching Mathematics: A Pilot Study. *Sensors*,16(11),1775.
- Isidro, C., Carro, R.M. y Ortigosa, A. (2018). Dropout Detection in MOOCs: An Exploratory Analysis. *2018 International Symposium on Computers in Education (SIIE)*, 1-6.
- Lang, C., Siemens, G., Wise, A., y Gasevic, D. (2017). *Handbook of Learning Analytics*. Society of Learning Analytics Research.
- Leon, M., Cobos, R., Dickens, K., White, S., y Davis, H. (2016). Visualising the MOOC experience: a dynamic MOOC dashboard built through institutional collaboration. En *4th European MOOCs Stakeholders Summit*, 461-470.
- Llanos, Julia (2015). *Análisis de personalidad en Twitter mediante modelos de usuario basados en extracción de características y aprendizaje colaborativo*. Trabajo fin de máster. UAM.
- Llanos, J., Carro, R.M. (2015) The Squares: A Multi-touch Adaptive Game for Children Integration. In the *XVII International Symposium on Computers in Education*. 137-140.
- Mateu, J., Lasala, M.J. y Alamán, X. (2015). Developing Mixed Reality Educational Applications: The Virtual Touch Toolkit. *Sensors*, 15(9). 21760-21784

- Martin, E. y Carro, R.M. (2009). Supporting the development of mobile adaptive learning environments: a case study. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 2(1), 23-36.
- Mascaraque, P. y Carro, R.M. (2016). Supporting the Design and Development of Personalised Activities for Occupational Therapy, In the *XVIII International Symposium on Computers in Education (SIIE)*. 103-108.
- Molins-Ruano, P., Gonzalez-Sacristan, C., y Garcia-Saura, C. (2018). Phogo: A low cost, free and «maker» revisit to Logo. *Computers in Human Behavior*, 80, 428-440.
- Molins-Ruano, P., Jurado, F., Rodriguez, P., Atrio, S., y Sacha, G. M. (2016). An approach to gamify an adaptive questionnaire environment. En *2016 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*. IEEE.
- Molins-Ruano, P., Rodriguez, P., Atrio, S., y Sacha, G. M. (2016). Modelling experts' behavior with e-valUAM to measure computer science skills. *Computers in Human Behavior*, 61, 378-385.
- Molins-Ruano, P., Sevilla, C., Santini, S., Haya, P. A., Rodríguez, P., y Sacha, G. M. (2014). Designing videogames to improve students' motivation. *Computers in Human Behavior*, 31, 571-579.
- Molins-Ruano, P., Borrego-Gallardo, F., Sevilla, C., Jurado, F., Rodriguez, P., y Gomez-Monivas, S. (2016). Improvement Process of Adaptive Questionnaires: Implementation and Early Experiences with e-valUAM. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías Del Aprendizaje*, 11(3), 187-193.
- Moraleda, M. and Carro, R.M. (2013) Designing and delivering adaptive educational games through multi-touch surfaces for users with cognitive limitations. In the *XV International Symposium on Computers in Education*. Viseu.
- Ortigosa A. and Carro R.M. (2003) The Continuous Empirical Evaluation Approach: Evaluating Adaptive Web-Based Courses. In: Brusilovsky P., Corbett A., de Rosis F. (eds) *User Modeling 2003. LNCS, 2702*. 163-167.
- Ortigosa, A., Carro, R.M., Bravo, J., Lizcano, D., Alcolea, J. y Blanco, O. (2019). From Lab to Production: Lessons Learnt and Real-Life Challenges of an Early Student-Dropout Prevention System. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 12(2). 264-277.
- Ortigosa, A., Carro, R.M. y Quiroga, J. (2014). Predicting user personality by mining social interactions in Facebook. *Journal of Computer and System Sciences*, 80(1). 57-71.
- Ortigosa, A., Martin, J. y Carro, R.M. (2014). Sentiment analysis in Facebook and its application to e-learning. *Computers in Human Behavior*, 31, 527-541.
- Rodriguez, P., Ortigosa, A. y Carro, R.M. (2014). Detecting and making use of emotions to enhance student motivation in e-learning environments. *Int. J. of Continuing Engineering Education and Life-Long Learning*, 24 (2). 168-183.
- Rojo, J. A. y Carro, R. M. (2013). MyDressRecommender: a distributed mobile dress recommender for users with special needs. In the *XV International Symposium on Computers in Education (SIIE)*. Viseu.
- Ruipérez-Valiente, J., Cobos, R., Muñoz-Merino, P., Andújar, A., y Kloos, C.D. (2017). Early Prediction and Variable Importance of Certificate Accomplishment. En *European MOOC Stakeholder Summit*. eMOOCs. 22-26.
- Siemens, G., y Baker, R.S. (2012). Learning Analytics and Educational Data Mining: Towards Communication and Collaboration. In *International Conference on Learning Analytics and Knowledge*.
- Torrado, J. C., Gomez, J., y Montoro, G. (2017). Emotional self-regulation of individuals with autism spectrum disorders: smartwatches for monitoring and interaction. *Sensors*, 17(6), 1359.
- Torrado, J. C., Jaccheri, L., y Gomez, J. (2019, June). Supporting self-evaluation for children with mental disabilities through Augmented Reality. In the *18th ACM International Conference on Interaction Design and Children*. ACM, 635-641.
- Torrado, J. C., Montoro, G., y Gomez, J. (2016). Easing the integration: A feasible indoor wayfinding system for cognitive impaired people. *Pervasive and Mobile Computing*, 31, 137-146.