

ACTAS DEL XVII CONGRESO
INTERNACIONAL DE INTERACCIÓN
PERSONA-ORDENADOR - INTERACCIÓN 2016

*Lourdes Moreno López; Ernesto Jesús de la Rubia Cuestas;
Victor M. R. Penichet; Francisco José García-Peñalvo (eds.)*



INTER
ACCIÓN '16



Ediciones Universidad
Salamanca

Actas del XVII Congreso Internacional de Interacción
Persona-Ordenador – Interacción 2016

LOURDES MORENO LÓPEZ; ERNESTO JESÚS DE LA RUBIA CUESTAS;
VICTOR M. R. PENICHER; FRANCISCO JOSÉ GARCÍA-PEÑALVO (EDS.)

Actas del XVII Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador – Interacción 2016


Ediciones Universidad
Salamanca

AQUILAFUENTE

221

©

Ediciones Universidad de Salamanca y
de cada autor

Motivo de cubierta:
Diseñadora María Alonso Miguel

1.º edición: septiembre, 2016
ISBN: 978-84-9012-629-5 (PDF)

Ediciones Universidad de Salamanca
www.eusal.es
eusal@usal.es

Realizado en España – Made in Spain

*Todos los derechos reservados.
Ni la totalidad ni parte de este libro
pueden reproducirse ni transmitirse sin permiso escrito de
Ediciones Universidad de Salamanca*

Obra sometida a proceso de
evaluación mediante sistema de revisión por pares a ciegas
a tenor de las normas del congreso

Ediciones Universidad de Salamanca es miembro de la UNE
Unión de Editoriales Universitarias Españolas
www.une.es

CEP

PREFACIO

En la presente publicación se recogen los trabajos aceptados como ponencias, en cada una de sus modalidades, para el XVII Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador (Interacción 2016), que se celebra del 13 al 16 de septiembre de 2016 en Salamanca, dentro del marco del IV Congreso Español de Informática (CEDI 2016).

Este congreso es promovido por la Asociación de Interacción Persona-Ordenador (AIPO) y su organización ha recaído en esta ocasión, en el grupo de GRIAL de la Universidad de Salamanca.

Interacción 2016 es un congreso internacional que tiene como principal objetivo promover y difundir los avances recientes en el área de la Interacción Persona-Ordenador, tanto a nivel académico como empresarial. En este simposio se presentarán nuevas metodologías, novedosos dispositivos de interacción e interfaces de usuario, así como herramientas para su creación y evaluación en los ámbitos industriales y experimentales.

La Asociación para la Interacción Persona-Ordenador (AIPO) lleva organizando este congreso desde el año 2000 (Granada), habiéndose celebrado durante sucesivas ediciones en Salamanca (2001), Leganés (2002), Vigo (2003), Lleida (2004), Granada (durante la celebración del CEDI 2005), Puertollano (2006), Zaragoza (durante la celebración del CEDI 2007), Albacete (2008), Barcelona (2009), Valencia (durante la celebración del CEDI 2010), Lisboa (2011), Elche (2012), Madrid (durante la celebración del CEDI 2013), Tenerife (2014), Vilanova i la Geltru (Barcelona) (2015) y ahora, en su décimo séptima, en Salamanca durante la celebración del CEDI 2016. Las actividades científicas de AIPO cuentan además con el apoyo del Capítulo Español en Interacción Persona-Ordenador de ACM-SIGCHI.

A través de las distintas ediciones, Interacción se ha consolidado como uno de los congresos nacionales más relevantes, siendo actualmente punto de referencia no sólo para la comunidad investigadora en Interacción Persona Ordenador nacional, sino también para la internacional. En sus comunicaciones podemos ver diferentes y nuevas perspectivas de la investigación y desarrollo de la IPO tanto desde el punto de vista académico, como el social y el empresarial. A partir de los distintos proyectos acometidos, Interacción, junto con AIPO, ha suscitado el interés de investigadores de los distintos campos (informática, telecomunicaciones, biblioteconomía, arte y diseño, psicología, sociología, etc.) que componen un área multidisciplinar como es la Interacción Persona-Ordenador.

En concreto en esta edición, este libro de actas refleja la evolución de la investigación en Interacción Persona-Ordenador. Se han recibido 56 comunicaciones, todas ellas han sido revisadas por tres miembros del Comité de Programa. De las contribuciones recibidas se han aceptado a 37 en su categoría de envío, lo que supone una tasa de aceptación de 66 %. Queremos agradecer el trabajo esencial del Comité de Programa para conseguir el nivel de calidad adecuado de todos los trabajos aceptados y contribuir con sus comentarios a la mejora de los mismos. A estas contribuciones se suman los envíos de 12 propuestas en la 2 edición del Concurso de AIPO en Trabajos Fin de Grado (TFG) y Trabajos Fin de Máster (TFM) 2016, con 2 ganadores y 2 finalistas.

Como se viene haciendo desde ediciones anteriores, siguiendo una política de internacionalización, en esta edición se cuenta con una ponencia invitada a cargo de Stephen Brewster, profesor de Interacción Persona-Ordenador en la School of Computing Science de la University of Glasgow, experto en Multimodal Human-Computer Interfaces y ponente distinguido de ACM.

En estas actas, se incluyen artículos en los que subyacen nuevos enfoques y paradigmas de la disciplina IPO, este escenario refleja una disciplina cambiante según el avance de la tecnología, como se demuestra en los trabajos de investigación de diferentes líneas temáticas abordadas como la Usabilidad y Experiencia de Usuario (UX), Accesibilidad, dispositivos de Interacción y de Sistemas Interactivos Multimodales, Interacción Natural así como Realidad Aumentada y Virtual, Ingeniería del

Software, aplicaciones de la IPO a las áreas de la Salud y como asistencia a las Personas con Discapacidad, además de trabajos en el área de Educación como con aplicaciones Serious Games de los videojuegos y la gamificación. Por ello, podemos decir que estas actas presentan el estado del arte y los avances de la IPO.

Además de las comunicaciones, esta edición se completa con dos sesiones especiales: (1) EnGendering Technologies, que aborda el tema del papel de la mujer como creadora de tecnología y está apoyado por investigadoras de distintos grupos de investigación e interés en este tema así como instituciones académicas preocupadas por la igualdad de género, tales como el Instituto de Estudios de las Mujeres, el grupo de investigación ITED y la Unidad de Igualdad de la Universidad de la Laguna, el grupo de investigación GRIAL de la Universidad de Salamanca, el proyecto Tech&Ladies, el programa de Género y TIC de la Universidad Oberta de Catalunya, los capítulos de ACM-Women y el Women in Engineering Chapter (WIE) del IEEE, la Asociación de Mujeres Investigadoras y Tecnólogas (AMIT) o la Asociación de Mujeres Científicas y Técnicas (MUCIT); y (2) una sesión conjunta con el XVIII Simposio Internacional de Informática Educativa (SIE) como punto de encuentro de investigadores para exponer trabajos en el ámbito de la Interacción, Aprendizaje y Educación.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a los organizadores del CEDI, y entidades colaboradoras, la gestión realizada para la celebración y organización de Interacción 2016, a la dirección de la AIPO por su apoyo institucional e incondicional, a los miembros del Capítulo en España de ACM SIGCHI CHISPA por el soporte científico y ayuda constante.

Por otro lado, agradecemos a los grupos de investigación GRIAL de la Universidad de Salamanca, LaBDA de la Universidad Carlos III de Madrid, Diana de la Universidad de Málaga y ISE Research (Interactive Systems Everywhere) de la Universidad de Castilla-La Mancha, por su implicación en el evento. También queremos agradecer y felicitar a los autores de las comunicaciones por su dedicación en la elaboración de sus trabajos de investigación incluidos en estas actas.

Por último, reiterar nuestro agradecimiento a los Miembros del Comité de Programa por su trabajo de difusión e implicación en el evento, así como en las labores de revisión a todos los revisores y sub-revisores implicados.

Dr. D. Francisco José García Peñalvo – Universidad de Salamanca, España
PRESIDENTE DE INTERACCIÓN 2016 Y REPRESENTANTE EN EL COMITÉ CIENTÍFICO
DEL CEDI 2016

Dra. Dña. Lourdes Moreno López, Universidad Carlos III de Madrid, España
Dr. D. Ernesto Jesús de la Rubia Cuestas, Universidad de Málaga, España
Dr. D. Víctor M. R. Penichet, Universidad de Castilla-La Mancha, España
CO-PRESIDENTES DEL COMITÉ DE PROGRAMA DE INTERACCIÓN 2016

COMITÉS

PRESIDENTES DEL CONGRESO

Dr. D. Francisco José García Peñalvo – Universidad de Salamanca, España

COMITÉ DE PROGRAMA

Co-Presidentes

Dra. Dña. Lourdes Moreno López, Universidad Carlos III de Madrid, España

Dr. D. Ernesto Jesús de la Rubia Cuestas, Universidad de Málaga, España

Dr. D. Victor M. R. Penichet, Universidad de Castilla-La Mancha, España

COMITÉ ASESOR

Co-Asesores

Dr. D. José Antonio Macías - Universidad Autónoma de Madrid, España

Dra. Dña. Sandra Baldassarri – Universidad de Zaragoza, España

Dr. D. Jaime Urquiza – Universidad Rey Juan Carlos, España

COMITÉ DE PROGRAMA

Abascal, Julio (Universidad País Vasco, Spain)
Aciar, Silvana Vanesa (Universidad Nacional de San Juan, Argentina)
Acuña, Silvia (Universidad Autónoma de Madrid, Spain)
Álvarez, Francisco (Universidad Autónoma de Aguascalientes, Mexico)
Andrade, Antonio (Instituto Superior de Engenharia do Porto, Portugal)
Arellano, Diana (Filmakademie Baden-Wuerttemberg, Germany)
Baldassarri, Sandra (Universidad de Zaragoza, Spain)
Bez, Marta (Universidad de Rio Grande do Sul, Brazil)
Botella, Federico (Universidad Miguel Hernández, Spain)
Carron, Thibault (University of Savoie, France)
Ceres, Ramón (Instituto de Automática Industrial (CSIC), Spain)
Cetina, Carlos (Universidad de San Jorge, Spain)
Collazos, César (Universidad del Cauca, Colombia)
Coto, Mayela (Universidad Nacional de Costa Rica, Costa Rica)
Deco, Claudia (Universidad Nacional del Rosario, Argentina)
de la Guía, Elena (Universidad de Castilla-La Mancha, Spain)
de la Rubia, Ernesto (Universidad de Málaga, Spain)
Díaz-Estrella, Antonio (Universidad de Málaga, Spain)
Escudeiro, Paula (Instituto Superior de Engenharia do Porto, Portugal)
Fabregat, Ramón (Universidad de Girona, Spain)
Fernández, Eduardo (Universidad de la República, Uruguay)
Ferré, Xavier (Universidad Politécnica de Madrid, Spain)
Garay-Vitoria, Néstor (University of the Basque Country, Spain)
García, Roberto (Universitat de Lleida, Spain)
García-Pañeda, Xabiel (Universidad de Oviedo, Spain)
Garrido, José Luis (Universidad de Granada, Spain)
Gil, Rosa M. (Universitat de Lleida, Spain)
González, Víctor (Instituto Tecnológico Autónomo de México ITAM, Mexico)
González, Carina (Universidad de la Laguna, Spain)
González, M^a Paula (CONICET, Argentina)
González, José Mariano (Universidad de Sevilla, Spain)
González, Juan Manuel (Universidad Autonoma de Puebla, México)
Granollers, Toni (Universitat de Lleida, Spain)
Guash, Daniel (Universitat Politècnica de Catalunya, Spain)
Guerrero, Josefina (Universidad Autonoma de Puebla, México)
Gutiérrez, Francisco (Universidad de Granada, Spain)

Haya, Pablo (Instituto de Ingeniería de Conocimiento, Spain)
Hernán, Isidoro (Universidad Rey Juan Carlos, Spain)
Jaén, Fco. Javier (Universidad Politécnica de Valencia, Spain)
Llamas-Nistal, Martín (Universidad de Vigo, Spain)
López, Juan Miguel (Universidad País Vasco, Spain)
López-Jaquero, Víctor (Universidad de Castilla-La Mancha, Spain)
Lozano, María (Universidad de Castilla-La Mancha, Spain)
M. Fardoun, Habib (King Abdulaziz University, Saudi Arabia)
Macías, José A. (Universidad Autónoma de Madrid, Spain)
Madrid, Ignacio (Ilunion Consultoría, Spain)
Manresa, Cristina (Universidad de las Islas Baleares, Spain)
Marco, Javier (Universidad de Zaragoza, Spain)
Martín, Estefanía (Universidad Rey Juan Carlos, Spain)
Martínez Fernández, Paloma (Universidad Carlos III de Madrid, Spain)
Marty, Jean-Charles (University of Savoie, France)
Mendes, Antonio José (Universidad de Coimbra, Portugal)
Molina-Massó, J. Pascual (Universidad de Castilla-La Mancha, Spain)
Montero, Francisco (Universidad de Castilla-La Mancha, Spain)
Mor-Pera, Enric (Universidad Oberta de Catalunya, Spain)
Morán, Alberto (Universidad Autónoma de Baja California (UABC), Mexico)
Moreno, Lourdes (Universidad Carlos III de Madrid, Spain)
Muñoz, Jaime (Universidad Autónoma de Aguascalientes, Mexico)
Oliva, Marta (Universitat de Lleida, Spain)
Ortega, Manuel (Universidad de Castilla-La Mancha, Spain)
Padawreski, Patricia (Universidad de Granada, Spain)
Padilla Zea, Natalia (Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología, Universidad Internacional de La Rioja, Spain)
Palanque, Philippe (Universidad Paul Sabatier, France)
Panach, José I. (Universidad Politécnica de Valencia, Spain)
Pastor, Óscar (Universidad Politécnica de Valencia, Spain)
Penichet, Víctor (Universidad de Castilla-La Mancha, Spain)
Peñalver, Antonio (Universidad Miguel Hernández, Spain)
Perdomo, Inmaculada (University of La Laguna, Spain)
Plaza, José Antonio (Instituto de Microelectrónica de Barcelona, Spain)
Pons, Claudia (Universidad Nacional de La Plata, Argentina)
Ponsa, Pere (Universitat Politècnica de Catalunya, Spain)
Pow, José A. (Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú)
Puerta, Angel (RedWhale Software, USA)

Redondo, Miguel A. (Universidad de Castilla-La Mancha, Spain)
Reis, Rosa (Instituto Superior de Engenharia do Porto, Portugal)
Reyes, Arcadio (Universidad de Málaga, Spain)
Ribera, Mireia (Universitat de Barcelona, Spain)
Rodríguez-Santiago, Inmaculada (Universitat de Barcelona, Spain)
Rojas, Luis A. (Universidad Autónoma de Madrid, Spain)
Rossi, Gustavo (Universidad Nacional de la Plata, Argentina)
Rusu, Cristian (Pontificia Universidad Católica de Valparaiso, Chile)
Sánchez, José Luis (Universidad de la Laguna, Spain)
Serrano, Marcos (Institut de Recherche en Informatique de Toulouse (IRIT), France)
Sturm, Christian (Hamm-Lippstadt University of Applied Sciences, Germany)
Talavera, Marina (Hewlett-Packard, Spain)
Therón Sánchez, Roberto (Universidad de Salamanca, Spain)
Urquiza Fuentes, Jaime (Universidad Rey Juan Carlos, España)
Vaz de Carvalho, Carlos (Instituto Superior de Engenharia do Porto, Portugal)
Velázquez, Angel (Universidad Rey Juan Carlos, Spain)
Vera, Pablo (Universidad Nacional de La Matanza, Argentina)
Vilanova, Ramón (Universitat Autònoma de Barcelona)
Winckler, Marco (Université Paul Sabatier, France)
Zepeda, Joaquín Sergio (Universidad Autónoma Metropolitana, Mexico)

COMITÉ Workshop: EnGendering Technologies

Alicia García Holgado (University of Salamanca) - Chair
Alex Hache (Colectivo Donestech)
Ana María González Ramos (GENTIC, Internet Interdisciplinary Institute, IN3, Open University of Catalonia)
Barbara Biglia (Universitat Rovira i Virgili)
Celia Paola Sarango Lapo (Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador)
Cristina Manresa-Yee (Department of Mathematics and Computer Science, University of Balearic Islands)
Eva Cerezo (Department of Informatics and Systems Engineering, University of Zaragoza)
Eva Cruells (Asociación Alia)
Elisenda Espino (Department of Informatics and Systems Engineering, University of La Laguna)
Felicidad García Sánchez (University of Salamanca)
Inmaculada Perdomo (Department of History and Philosophy of Science, IUEM, University of La Laguna)
Laura Briz Ponce (University of Salamanca)
Laura Icela González Pérez (Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora, México)

Lourdes Moreno (Computer Sciences, University Carlos III of Madrid)
M. Antonia Huertas Sánchez (Department of IT, Multimedia and Telecommunication, Universitat Oberta de Catalunya)
Mireia Ribera (Universitat de Barcelona)
Norena Martin-Dorta (Dept. of Techniques and Projects in Engineering & Architecture, University of La Laguna)
Noura Aknin (Abdelmalek Essaâdi University, Department of Physics, Morocco)
Núria Vergés Bosch (Copolis, University of Barcelona)
Patricia Paderewski (Department of Languages and Informatics Systems, University of Granada)
Sandra Baldassarri (Department of Informatics and Systems Engineering, University of Zaragoza)

Miembros del Jurado del 2º Concurso TFG/TFM AIPO 2016

Baldassarri, Sandra (Universidad de Zaragoza, Spain)
Botella, Federico (Universidad Miguel Hernández, Spain)
Cerezo, Eva (Universidad de Zaragoza, Spain)
Collazos, César (Universidad del Cauca, Colombia)
Granollers, Toni (Universitat de Lleida, Spain)
Gutiérrez, Francisco (Universidad de Granada, Spain)
Moreno, Lourdes (Universidad Carlos III de Madrid, Spain)
Penichet, Víctor (Universidad de Castilla-La Mancha, Spain)
Ribera, Mireia (Universitat de Barcelona, Spain)
Rusu, Cristian (Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile)
Urquiza Fuentes, Jaime (Universidad Rey Juan Carlos, España)
Zepeda, Joaquín Sergio (Universidad Autónoma Metropolitana, Mexico)

Índice

Parte I.- Comunicaciones

Conferencia Inaugural Interaccion 2016:

| | |
|---|----|
| Plenary Conference: Multimodal Human-Computer Interfaces | |
| STEPHEN BREWSTER | 21 |

IPO & Gamificación, Videojuegos y Serious Games (I):

| | |
|---|----|
| Diseño de una narrativa interactiva para experiencias geolocalizadas | |
| JOSÉ RAFAEL LÓPEZ-ARCOS, FRANCISCO LUIS GUTIÉRREZ VELA, NATALIA PADILLA-ZEA, PATRICIA PADEREWSKI RODRÍGUEZ | 25 |
| Evaluación de la UX para Juegos Serios Geolocalizados con RA | |
| CARINA S. GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, BELÉN ARMAS-TORRES, YERAY BARRIOS-FLEITAS | 33 |
| Interacción en videojuegos para personas con problemas en la función visual: cómo mejorar la accesibilidad | |
| JOSEFA MOLINA LÓPEZ, NURIA MEDINA MEDINA, RAFAEL PRIETO DE LOPE | 37 |
| Interacción en videojuegos serios | |
| RAFAEL PRIETO DE LOPE, NURIA MEDINA-MEDINA, JOSEFA MOLINA LÓPEZ. | 41 |

IPO & Gamificación, Videojuegos y Serious Games (II):

| | |
|---|----|
| Gamificación y entrenamiento cognitivo en personas mayores: una aproximación basada en “crowdsourcing” | |
| ALBERTO MORA, CARINA GONZÁLEZ, JOAN ARNEDO-MORENO, ALEXIS ÁLVAREZ | 49 |
| Principios de Diseño de Juegos Serios para la Enseñanza de Lectoescritura para Niños con Discapacidad Auditiva | |
| SANDRA CANO, CÉSAR A. COLLAZOS, CRISTINA MANRESA, JAIME MUÑOZ ARTEAGA, VICTOR PEÑEÑORY. | 51 |
| Una Prueba de Aprendibilidad basada en trabajo colaborativo para niños con Síndrome de Down | |
| ALFREDO MENDOZA G, FRANCISCO J. ALVAREZ R, JAIME MUÑOZ A, CRISTIAN RUSU, FRANCISCO ACOSTA E, RICARDO MENDOZA G | 59 |
| Diseño de un sistema interactivo para la enseñanza de las vocales a niños sordos | |
| JULIÁN SOTELO, JAIME DUQUE, ANDRÉS SOLANO, SANDRA CANO | 61 |

Usabilidad y Experiencia de Usuario (I):

| | |
|---|----|
| SUSApp: Una Aplicación Móvil para la Medición Comparativa de Evaluaciones Subjetivas de Usabilidad | |
| ALBA DE CASTRO, JOSÉ A. MACÍAS | 67 |
| La producción científica sobre usabilidad en la web | |
| CAROLINA NAVARRO-MOLINA, LAURA PRUÑONOSA-MEDINA, ANTONIO VIDAL-INFERR, ADOLFO ALONSO-ARROYO, JUAN-MIGUEL LÓPEZ-GIL | 69 |
| Un Conjunto de Heurísticas para Seguridad Usable y Autenticación de Usuario | |
| PAULO C. REALPE, CESAR A. COLLAZOS, JULIO HURTADO, ANTONI GRANOLLERS | 73 |
| Estudio de Usabilidad de la Red Social Privada SocialNet mediante Evaluación Heurística | |
| JOSÉ MIGUEL TORIBIO GUZMÁN, ALICIA GARCÍA-HOLGADO, FELIPE SOTO PÉREZ, FRANCISCO J. GARCÍA-PEÑALVO, MANUEL A. FRANCO MARTÍN | 75 |

Usabilidad y Experiencia de Usuario (II):

| | |
|--|----|
| La realización de tareas universales utilizando un mini iPad: evaluación de la usabilidad para personas con discapacidad intelectual | |
| TANIA ROCHA, MAXIMINO BESSA, LUCIANA CABRAL | 81 |
| La inclusión de las metodologías de experiencia de usuario en el sector de la consultoría: una aproximación a la experiencia de Caggemini | |
| CRISTINA GALLEGO GÓMEZ, CONSUELO PUCHADES RUIZ | 83 |
| Estrategia para el Reconocimiento de Emociones Colectivas en Entornos Sociales Basados en TIC | |
| GARY SACCÁ, JAIME MORENO-LLORENA | 87 |
| Evaluaciones de usuarios y experimentos con dispositivos móviles en actividades al aire libre: bicicleta de montaña | |
| DAVID GUERRA-RODRÍGUEZ, ANTONI GRANOLLERS | 89 |

IPO & Salud y Personas con Discapacidad:

| | |
|---|-----|
| Análisis de la Morfología de Glóbulos Rojos en Dispositivos Táctiles a través de un CAPTCHA | |
| ANTONI JAUME-I-CAPÓ, CARLOS MENA-BARCO, BIEL MOYÀ-ALCOVER | 93 |
| Uso de smartwatches para la auto-regulación emocional de personas con Trastorno del Espectro Autista | |
| JAVIER GÓMEZ, JUAN CARLOS TORRADO, GERMÁN MONTORO | 101 |
| Hacia el Desarrollo de Actividades Multi-Tableta para Fomentar la Comunicación en Niños Hospitalizados | |
| FERNANDO GARCÍA-SANJUAN, JAVIER JAEN, SANDRA JURDI | 105 |
| Gestión de las emociones para el tratamiento de pacientes con dolor lumbar crónico | |
| FRAN VALENZUELA PASCUAL, JORDI VIRGLI GOMÀ, R. M. GIL IRANZO | 107 |

Interacción Natural (I):

| | |
|--|-----|
| Actividades tangibles para niños con problemas en el desarrollo | |
| CLARA BONILLO, EVA CEREZO, SANDRA BALDASSARRI, JAVIER MARCO | 113 |
| Incorporación de Dispositivos Head-Up Display en Entornos Vehiculares Reales para la Mejora de la Eficiencia en la Conducción | |
| JOSÉ A. SÁNCHEZ, LAURA POZUECO, XABIEL G. PAÑEDA, ALEJANDRO G. TUERO, DAVID MELENDI, ROBERTO GARCÍA | 121 |
| Propuesta de un Mecanismo de Monitorización para Sistemas de Rehabilitación con Interacción Basada en Movimiento | |
| ALBERTO MORA PLATA, JUAN E. GARRIDO, JOSÉ A. F.VALLS, VÍCTOR M. R. PENICHER, MARÍA D.LOZANO | 129 |

Interacción Natural (II):

| | |
|--|-----|
| Diferencias de edad en el rendimiento utilizando diversos dispositivos de input: evaluación de tarea de inserción | |
| DIANA CARVALHO, LUÍS MAGALHÃES, MAXIMINO BESSA, EURICO CARRAPATOSO | 133 |
| Interacción Gestual en Dispositivos Móviles: Análisis basado en la posición del usuario | |
| W.GONZALO POMBOZA-JÚNEZ, JUAN A. HOLGADO-TERRIZA | 135 |
| Evaluación preliminar del sensor Kinect V2 para su uso en platós virtuales de televisión con interacción natural | |
| ROI MÉNDEZ, JULIÁN FLORES, ENRIQUE CASTELLÓ, RUBÉN ARENAS | 143 |

Interacción Natural (III):

| | |
|---|-----|
| Accesibilidad Móvil: Head-tracker para Personas con Discapacidad Motora | |
| CRISTINA MANRESA-YEE, MARIA FRANCESCA ROIG-MAIMÓ, JAVIER VARONA | 153 |
| ¿Mejora los vídeos a 360 grados en 3D la experiencia de RV de los usuarios? Un estudio de evaluación | |
| MAXIMINO BESSA, MIGUEL MELO, DAVID NARCISO, LUÍS BARBOSA, JOSÉ VASCONCELOS-RAPOSO | 161 |
| Creando Experiencias de Realidad Aumentada Interactivas y Realistas | |
| ÁLVARO MONTERO, TELMO ZARRAONANDIA, PALOMA DÍAZ, IGNACIO AEDO | 163 |
| Diseño y evaluación de la usabilidad de Entornos Virtuales creados sobre la plataforma 3DGEN | |
| JESÚS DAVID CARDONA, JENNY MEDEIROS, ANDRÉS SOLANO | 165 |

IPO & Proceso de desarrollo Software:

| | |
|--|-----|
| Incorporación de la Técnica Personas en el Proceso de Desarrollo Open Source Software | |
| LUCRECIA LLERENA, NANCY RODRÍGUEZ, GARY SACCA, JOHN W. CASTRO, SILVIA T. ACUÑA | 173 |
| Selección de framework para el desarrollo de apps móviles híbridas y web | |
| FEDERICO BOTELLA, PEDRO ESCRIBANO, ANTONIO PEÑALVER | 175 |
| Un Marco de Procesos para el Desarrollo de Juegos Serios para Rehabilitación Motora | |
| ESPERANÇA AMENGUAL ALCOVER, ANTONI JAUME-I-CAPÓ, BIEL MOYÀ-ALCOVER | 177 |
| Uso del Contexto para la Recomendación de Código: un Enfoque Basado en Minería de Patrones Frecuentes | |
| PAUL MENDOZA | 181 |
| Un Modelo De Producción De Aplicaciones Móviles Para Niños Con Problemas Leves en Matemáticas Básicas | |
| MIGUEL ANGEL ORTIZ ESPARZA, JAIME MUÑOZ ARTEAGA, FRANCISCO JAVIER ÁLVAREZ R, JOSÉ RAFAEL ROJANO C, JOSEFINA GUERRERO GARCÍA | 185 |

Sistemas Interactivos (I):

| | |
|--|-----|
| Integrando historias de usuarios para inspirar el codiseño de futuros digitales para el patrimonio cultural | |
| PALOMA DÍAZ, IGNACIO AEDO, ANDREA BELLUCCI | 191 |
| Herramienta para el Desarrollo de Espacios Colaborativos Interactivos: Arquitectura y Prueba de Concepto | |
| CLARA BONILLO, EVA CEREZO, JAVIER MARCO, SANDRA BALDASSARRI | 193 |
| Social4all: Plataforma colaborativa para la mejora de la accesibilidad Web | |
| RUBÉN GONZÁLEZ CRESPO, ELENA VERDÚ, JORDÁN PASCUAL ESPADA, DANIEL BURGOS | 201 |
| Instawatch: Una herramienta freeware para la anotación semántica de video | |
| FRANCISCO JAVIER BERMÚDEZ RUIZ | 205 |

Sistemas Interactivos (II):

| | |
|---|-----|
| Alarm Trend Catcher: Proyectando Condiciones de Operación en el Dominio de la Red Eléctrica mediante el Uso de Visualizaciones Interactivas | |
| ROSA ROMERO-GÓMEZ, DAVID DIEZ | 215 |
| Taxonomía de la Actividad: Selección de Elementos de Modelado para la Especificación de Sistemas Interactivos | |
| MARIA L. VILLEGAS, CÉSAR A. COLLAZOS, CÉSAR A. COLLAZOS, JUAN M. GONZÁLEZ, JOSEFINA GUERRERO | 217 |
| Distribución de las Capacidades Interactivas de la Web: The Web Interaction Hub | |
| FELIX ALBERTOS-MARCO, VICTOR M.R. PENICHER, JOSE A. GALLUD | 221 |
| Diseño de una arquitectura de interacción por escenarios para personas Sordas | |
| JOSÉ RAFAEL ROJANO-CÁCERES, GUILLERMO MOLERO-CASTILLO, HÉCTOR SÁNCHEZ-BARRERA, MANUEL ELEAZAR MARTÍNEZ-GUTIÉRREZ, JOSÉ ANTONIO ORTEGA-CARRILLO | 223 |

Parte II.- Temáticas especiales

Sesion conjunta con Educación:

| | |
|--|-----|
| Afrontando los retos de transformar un curso de Accesibilidad Universal online en un curso MOOC | |
| COVADONGA RODRIGO, ANA GARCÍA-SERRANO, JOSÉ LUIS DELGADO, FRANCISCO INIESTO | 229 |
| LEGA: Un Framework de Diseño de Gamificación Centrado en el Estudiante | |
| JOHAN PAUL BALDEÓN, INMACULADA RODRÍGUEZ, ANA PUIG | 231 |

EnGendering Technologies:

| | |
|---|-----|
| Género y Pensamiento Computacional: Revisión sistemática de literatura | |
| ELEISENDA EVA ESPINO ESPINO, CARINA GONZÁLEZ GONZÁLEZ | 235 |
| Inclusión de la Perspectiva de Género En los Entornos del Diseño y las Tecnologías de la Información | |
| ANA M. GONZÁLEZ RAMOS, TERESA ROJAS-RAJS | 243 |

| | |
|---|-----|
| Sensibilización en torno a la brecha digital de género: una experiencia pedagógica | |
| ADRIANA GIL-JUÁREZ, JOEL FELIU I SAMUEL-LAJEUNESSE, MONTSE VALL-LLOVERA | 245 |
| Diferencias de Género en Programas de Informática: Estudio de Caso Colombiano | |
| BEATRIZ EUGENIA GRASS RAMÍREZ, CESAR A. COLLAZOS, CARINA SOLEDAD GONZÁLEZ | 249 |

Concurso AIPO de Trabajos Fin de Grado y Trabajos Fin de Máster

| | |
|--|-----|
| TankWarVR: juego colaborativo sobre plataforma Oculus Rift | |
| AURORA MACÍAS, ELENA NAVARRO, MIGUEL A. TERUEL | 257 |
| Implementación y Evaluación de un Entorno Virtual de Interacción de Cuerpo Entero para Promover Comportamientos Sociales en Niños con Autismo | |
| CIERA CROWELL, JOAN MORA-GUIARD, NARCIS PARES | 259 |
| Creación de EPUB accesibles desde editores de texto y WYSIWIG | |
| JORDI ROIG, MIREIA RIBERA | 263 |

Conferencia Inaugural Interaccion 2016

Plenary Conference: Multimodal Human-Computer Interfaces



Stephen Brewster

School of Computing Science, University of Glasgow

ABSTRACT

This talk introduces the topic of multimodal interaction and discusses some of the most important work in the area, with a focus on haptics, audio and smell based interaction. Each modality is presented in terms of perception, technology and applications. In particular, the talk covers the area of non-speech audio, with discussion of Earcons, Auditory Icons, sonification and other forms of sound. For haptics, force-feedback, vibrotactile, thermal feedback are described along with pressure and force input. For smell, the longer version of the talk goes into more details about the different modalities with more examples of each.

Short Bio

Stephen Brewster is a Professor of Human-Computer Interaction in the School of Computing Science at the University of Glasgow. He got his PhD in auditory interfaces at the University of York. After a period spent working in Finland and Norway, he has worked in Glasgow since 1995. He leads the Multimodal Interaction Group, which is very active and has a very strong international reputation. His research focuses on multimodal HCI, or using multiple sensory modalities and control mechanisms (particularly audio, haptics and gesture) to create a rich, natural interaction between human and computer. His work has a strong experimental focus, applying perceptual research to practical situations. A long term focus has been on mobile interaction and how we can design better user interfaces for users who are on the move. Other areas of interest include accessibility, wearable devices and in-car interaction. He pioneered the study of non-speech audio and haptic interaction for mobile devices with work starting in the 1990's.

According to Google Scholar, he has 375 publications. He has served as an Associate Chair, Sub-Committee Chair and Papers Chair, and has chaired the Interactivity, Doctoral Consortium and Student Design Competition tracks at ACM CHI.

IPO & Gamificación, Videojuegos y Serious Games (I)

Diseño de una narrativa interactiva para experiencias geolocalizadas

| | | | |
|--|--|---|--|
| José Rafael López-Arcos | Francisco Luis Gutiérrez Vela | Natalia Padilla-Zea | Patricia Paderewski Rodríguez |
| Universidad de Granada | Universidad de Granada | Universidad Internacional de la Rioja | Universidad de Granada |
| C/Periodista Daniel Saucedo Aranda s/n 18071 Granada | C/Periodista Daniel Saucedo Aranda s/n 18071 Granada | Gran Vía Rey Juan Carlos I, 41 26002, Logroño | C/Periodista Daniel Saucedo Aranda s/n 18071 Granada |
| +34 958242812 | +34 958242812 | +34 941210211 | +34 958248425 |
| jrlarco@ugr.es | fgutierr@ugr.es | natalia.padilla@unir.net | patricia@ugr.es |

Abstract

Los paradigmas actuales de computación nos permiten interactuar con la tecnología mediante diferentes dispositivos al mismo tiempo. Las herramientas e interfaces virtuales son parte del mundo real. Ésta es la causa del incremento en el uso de juegos pervasivos, donde se mezclan actividades en el mundo real con el uso de tecnologías y mecánicas típicas de los juegos. Las características que nos ofrece el juego pervasivo proporcionan nuevas experiencia interactivas, que pueden ser usadas en campos como la enseñanza asistida por la tecnología.

Incluir historias en el diseño de un videojuego es un buen método para motivar a los participantes. Sin embargo, el diseño de estas historias es una tarea compleja, debido sobre todo a la característica interactiva de este medio. Las historias son diferentes para cada jugador, ya que ellos pueden cambiar los eventos de la historia mediante sus propias acciones. Los escritores y diseñadores del juego deben desarrollar una historia interactiva que sea siempre una “buena historia”, independientemente de las decisiones que tome el jugador, pero que mantenga un buen nivel de plasticidad, interactividad y diversión.

En el presente trabajo, proponemos un conjunto de técnicas para diseñar y evaluar una buena historia, que sea el centro de una *experiencia educativa geolocalizada*. Partiendo de las actividades educativas del juego, es posible diseñar la estructura de la historia, mejorarla y evaluar si se comportará como una buena historia o no.

Palabras clave

Narrativa, experiencias geolocalizadas, metodología, videojuegos educativos.

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, tenemos numerosos casos de éxito en el uso del juego como herramienta de motivación. Podemos encontrar ejemplos en campos tan diferentes como son la educación, la rehabilitación, el marketing o la publicidad. En parte, este éxito se ha producido por la evolución de la concepción del juego desde las definiciones clásicas, como la propuesta por Huizinga en 1938 [1] que define el juego como “una acción u ocupación libre, que se desarrolla dentro de unos límites temporales y espaciales determinados, según reglas absolutamente obligatorias, aunque libremente aceptadas, acción que tiene su fin en sí misma y va acompañada de un sentimiento de tensión y alegría y de la conciencia de ser de otro modo que en la vida corriente”. Ahora, encontramos definiciones más amplias como la de experiencia del jugador, basada en la medida de la jugabilidad [2] como “el conjunto de propiedades que describen la experiencia que percibe un jugador

ante un sistema de juego determinado, cuyo principal objetivo es divertirse y entretener de forma satisfactoria y creíble ya sea solo o en compañía de otros jugadores”.

La mayor parte de las definiciones de juego o experiencia de juego se basan en la creación de una serie de reglas y situaciones que limitan las acciones del jugador. En muchos de los juegos actuales, estas limitaciones se rompen explorando nuevas posibilidades como son el espacio, el tiempo o la dimensión social del juego; es lo que conocemos como *videojuegos o juegos pervasivos*. Estos juegos se basan en expandir la realidad alternativa del juego con elementos como pueden ser los lugares físicos, la movilidad y posición de los jugadores, los objetos de la realidad, las interacciones sociales con personas ajenas al juego o las actividades cotidianas de un jugador, dejando que otro tipo de realidades entren en el propio juego.

Las experiencias que se diseñan y desarrollan dentro del ámbito de los juegos pervasivos no tienen por qué tener todas las características que se definen dentro de la pervasividad, sino que cada uno de ellos rompe “el círculo mágico de juego” [1] centrándose en alguno de los aspectos mencionados anteriormente. Un tipo particular de juego pervasivo son los denominados *juegos basados en la localización o juegos geolocalizados* en los que la experiencia de juego se expande en la dimensión espacial. Los límites de localización de los elementos del juego (escenarios, personajes, retos, ...) se ven expandidos al incluir el mundo real en la dinámica del juego y del jugador.

Desde el punto de vista del jugador, podríamos hablar de experiencias geolocalizadas. En ellas, la experiencia del jugador se ve enriquecida con elementos propios del contexto físico en el que se está desarrollando el juego, donde el escenario del juego es el mundo real.

Este tipo de experiencias tiene una aplicación directa en campos como la educación, donde técnicas como el *aprendizaje basado en el contexto* pueden ser aplicadas de una forma mucho más motivante. El aprendizaje basado en el contexto establece que el proceso de aprendizaje no se limita a la actividad que tiene lugar dentro de la mente del estudiante [3], sino que el aula o el lugar en el que se realiza el aprendizaje, las herramientas que utiliza y las relaciones con otros estudiantes conforman también parte del proceso de aprendizaje. Estas características nos permiten definir procesos de aprendizaje basados en la localización y la contextualización con el entorno.

En trabajos anteriores hemos estudiado las posibilidades de utilizar experiencias de juego geolocalizadas como herramienta educativa. En [4] realizamos una especificación a nivel de diseño

y cómo se podría integrar con una arquitectura que dé soporte a estas experiencias educativas.

Cada vez nos encontramos un número mayor de juegos en los que la historia es la base de la experiencia o una parte importante de la forma de atraer y mantener la atención del jugador. El análisis de la efectividad de una historia es un proceso complejo e imprescindible para la obtención de una experiencia del jugador adecuada. Se deben analizar aspectos complejos como son las reacciones de los usuarios a los elementos narrativos o la integración efectiva de la narrativa con la interactividad del juego.

En el caso de juegos geolocalizados, el contexto del juego se enriquece y el hecho de involucrar lugares y eventos del mundo real favorece el aprendizaje. Sin embargo, también se hace más difícil la inclusión de una narrativa y el análisis de su efectividad.

El resto del documento se organiza del siguiente modo: Las secciones 2 y 3 profundizan en las características de los juegos geolocalizados y la narrativa. La sección 4 describe el método propuesto y la sección 5 muestra un ejemplo de uso de dicho método. Finalmente, encontramos las conclusiones de la propuesta y el trabajo futuro en la sección 6.

2. JUEGOS GEOLOCALIZADOS

Como se ha comentado anteriormente, los juegos geolocalizados se caracterizan por introducir el mundo real en la dinámica del juego. Para ello, parte de los retos y escenarios del juego se relacionan con elementos de la realidad. Al abordar el mundo de los juegos y experiencias geolocalizadas, es destacable la gran variedad de experiencias diferentes que se pueden diseñar.

A modo de ejemplo, podemos destacar el juego *Yasmine's Adventure*. Se trata de una historia multimedia geolocalizada que contextualiza el contenido que quiere mostrar en un escenario real. Tiene como objetivo concienciar a los visitantes de un museo de las bondades y problemas de la zona y ha obtenido buenos resultados en su evaluación [5].

Para poder estudiar estos juegos desde el prisma académico, es necesario categorizarlos. En [6], los autores proponen cinco metáforas para agrupar los diferentes tipos de experiencias geolocalizadas, basándose en la idea de que un juego es un conjunto de actividades que se distribuyen a lo largo de diversos escenarios que pueden estar distribuidos de diferentes formas:

- Búsqueda del tesoro: Secuencia preestablecida de actividades que se suceden una tras otra en orden lineal.
- Rompecabezas: Piezas o actividades que el jugador debe recolectar. No existe orden preestablecido.
- Dominó: Conjunto de piezas o actividades sin orden establecido, pero donde la consecución de cada una condiciona las características o situación del resto.
- Palabras cruzadas: Conjunto de partes de una historia que el jugador puede combinar para formar la historia completa.
- Recolectar mariposas: Conjunto de actividades o piezas sin orden preestablecido en el que cada una contiene una historia completa e independiente a las otras.

Por otra parte, a raíz del estudio citado anteriormente, en [7] los autores realizan una reinterpretación de las metáforas expuestas para conseguir representaciones más ajustadas a conjuntos de actividades educativas geolocalizadas.

En este estudio, se describen tres estructuras subyacentes que engloban todos estos tipos de experiencias: estructuras secuenciales 1) lineales, secuenciales 2) con bifurcaciones y 3) estructuras de conjunto. La Figura 1 muestra gráficamente estas estructuras.

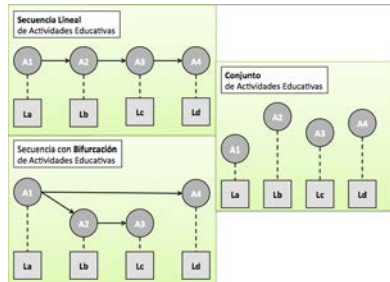


Figura 1. Conceptualización en capas de diferentes tipos de experiencias geolocalizadas para ambientes educativos

Incluir contenidos educativos en una experiencia geolocalizada implica relacionarlos de forma más o menos directa con las diferentes posiciones y los elementos que nos encontramos en cada una de ellas. En trabajos previos [8] hemos abordado el problema de relacionar contenidos educativos y contenidos lúdicos de un videojuego educativo y se ha propuesto una arquitectura multicapa que permite realizar esta asignación. De esta forma, se trata de alcanzar el equilibrio necesario para que no se descompense uno de estos aspectos y el juego se convierta en algo aburrido, perdiendo su motivación; o sea tan lúdico que la parte educativa no sea tan representativa como cabría esperar. En el caso de juegos geolocalizados es necesario añadir una nueva capa para la red de posiciones diseñada y las relaciones entre los aspectos anteriormente marcados.

Un aspecto que consideramos relevante y en muchos casos crucial para el éxito de una experiencia geolocalizada es la componente narrativa que sirve de unión y da sentido al resto de los elementos del juego. En el presente trabajo, entendemos la narrativa como una tercera capa sobre los contenidos educativos y lúdicos geolocalizados. Esta estructuración en tres capas está descrita más en profundidad en [9].

3. LA NARRATIVA EN LOS VIDEOJUEGOS

La narrativa se ha convertido en un elemento de gran importancia en los videojuegos, hasta tal punto que actualmente existen numerosos títulos basados en la transmisión de historias al jugador/espectador. Este hecho es una evolución lógica del mundo de la narración [10]. Al pasar de la literatura al cine, el receptor de la historia está más cerca de la acción, ya que en el cine la observa directamente en lugar de recibir una descripción sobre esta. Los videojuegos narrativos van un paso más allá, haciendo al espectador participe de esa historia. Ninguno de estos tres medios, la escritura, el cinematógrafo y el videojuego, fueron concebidos para contar historias, pero se convirtieron en su debido momento en medios utilizados para ello.

En el presente trabajo, partimos de los estudios realizados en nuestros trabajos previos [9], en los que dábamos una estructura formal a la componente narrativa del videojuego. Gracias a ello, es posible diseñar la narrativa, analizarla y evaluarla como un componente más de un producto informático desde la perspectiva de la experiencia de usuario.

La característica especial que adquiere la narrativa en los videojuegos es la componente interactiva. En [11] se define la Narrativa Interactiva como “una representación de personajes y acciones temporizada en la que un lector puede afectar, elegir o cambiar la trama”. Esto provoca una estructura ramificada que el escritor debe diseñar cuidadosamente para que el lector, independientemente de sus acciones, reciba una historia formalmente correcta y una experiencia de usuario apropiada.

En [12] se definen diferentes formas que una narrativa interactiva puede adoptar:

- Árbol: Donde la historia presenta bifurcaciones.
- Exploración: Estructura lineal que el jugador puede abandonar para explorar el mundo virtual.
- Trama paralela: Diferentes versiones de la historia.
- Nodal: Caminos alternativos que llevarán al jugador al final de la historia mediante aciertos y errores.
- Modulada: Contiene componentes interactivos pero permite al jugador pasar a un nuevo conjunto de interacciones cuando ha superado el anterior.
- Abierta: Las partes de la historia están ligadas a diferentes lugares virtuales de forma que el jugador puede descubrirlas viajando de uno a otro.
- Abierta sin arco narrativo: Típica de los juegos con mundo abierto o de multijugador online.

En dicho trabajo, los autores concluyen que todas estas formas pueden ser representadas mediante estructuras de grafo. Para ello, estructuran el contenido narrativo en nodos unidos por enlaces a los que añaden características y restricciones. Esto último es completamente aplicable a nuestro método, ya que facilita la manipulación y el estudio de las propiedades estructurales de la historia. Además, ofrece otras cualidades que se tratan en la sección 4.2.6 sobre el análisis y la evaluación de la historia que proponemos.

Por su parte, en [13], los autores proponen una metodología para la autoría de narrativa en videojuegos educativos. En este caso, también proponen una estructuración de la historia, donde las tareas son: 1) definición de los actores (objetos y personajes, por ejemplo); 2) definición del mundo donde se desarrolla la historia; y 3) creación de la historia mediante una representación visual del flujo del juego.

En las siguientes secciones, ampliamos el método de diseño y evaluación de historias propuesto en trabajos previos [14]. En el caso que nos ocupa, presentamos el método de diseño de la estructura narrativa a partir de las actividades educativas. Se omite, sin embargo, la especificación de los personajes, objetos, escenarios y otros elementos que, siendo igualmente importantes, no son foco de estudio del presente trabajo.

4. MÉTODO DE DISEÑO DE LA HISTORIA DE LA EXPERIENCIA GEOLOCALIZADA

Las estrategias y técnicas analizadas en los anteriores apartados nos permiten comprender los conceptos sobre experiencias geocalizadas y narrativa necesarios para abordar el objetivo de este apartado. Centrándonos en el componente narrativo de la experiencia geocalizada, vamos a proponer una serie de pasos para diseñar la historia de un videojuego educativo geocalizado. Una vez que los educadores han definido los contenidos educativos, es posible construir el resto de elementos del videojuego en torno a él. En el caso que nos ocupa, la historia, proponemos, en primer lugar, definir el tipo de experiencia que será transmitida al jugador y el tipo de historia, como un esbozo del contenido narrativo del videojuego. Tras esto, los diseñadores definen la historia del videojuego. En el presente trabajo, particularizamos el método de diseño propuesto en [9] para adaptarlo a las experiencias geocalizadas. Esto nos permite estructurar las historias interactivas de los videojuegos.

4.1 De las actividades educativas a la historia interactiva

Construir una historia interactiva que, además, acompañe al aprendizaje de un contenido educativo requiere un alto nivel de abstracción. Es necesario definir diferentes posibilidades para cada situación que, además, influyen en el resto de la historia.

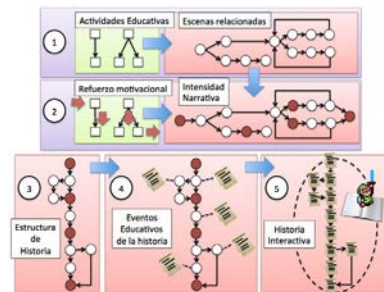


Figura 2. Resumen de pasos para obtener una historia interactiva a partir de las actividades educativas de una experiencia geocalizada

Para facilitar la escritura de la narrativa interactiva de una experiencia geocalizada, proponemos seis pasos que se realizan de forma cíclica en varias iteraciones. En cada iteración se producirá una evaluación que permitirá mejorar el diseño. Los tres primeros pasos tienen como objetivo encontrar una estructura narrativa apropiada para la experiencia y los dos siguientes facilitan escribir una historia narrativamente correcta y eficiente sobre dicha estructura. Estos cinco primeros, ilustrados en la Figura 2, producen una narrativa. El último paso consiste en evaluar dicha narrativa estructurada. A continuación resumimos dichos pasos:

- 1) Encontrar la estructura base: traducir las relaciones de dependencia entre actividades educativas en escenas relacionadas de la historia.

- 2) Marcar la intensidad narrativa: identificar dónde es necesario un refuerzo motivacional y usar escenas con un alto nivel de intensidad.
- 3) Simplificar: unir escenas y definir la estructura final según las necesidades del caso particular. Identificar en la actual estructura qué escenas podrían corresponder con la historia principal y cuáles podrían formar líneas argumentales paralelas.
- 4) Diseñar escenas educativas: escribir, en caso de que sea necesario, aquellas escenas que deban aparecer en la historia para transmitir determinados conceptos educativos.
- 5) Escribir la historia sobre las escenas de la estructura creada. Utilizar doctrinas y teorías de la narrativa tradicional.
- 6) Analizar y evaluar la historia para detectar errores o deficiencias.

Los pasos del método propuesto pretenden facilitar la tarea de escribir una historia que cumpla el objetivo de motivar y atraer al jugador. Además, la historia obtenida estará estructurada en conjunto con las actividades del juego y sirve de unión y da sentido a todos los elementos que lo forman (situaciones, escenarios, retos, ...).

Es aconsejable, en primera instancia, establecer las bases argumentales de la historia de la experiencia. De este modo, teniendo claro el argumento a grandes rasgos, será más fácil seguir los pasos del método con vistas a esta idea.

4.2 Encontrar la estructura base

Esta tarea consiste en convertir las dependencias entre actividades educativas en eventos narrativos unidos por la "causalidad". Es decir, escenas conectadas entre sí por el devenir de la historia como hechos consecuentes unos de otros. Las diferentes actividades y conceptos educativos contienen una estructura o conjunto de estructuras propio. Encontrar las dependencias entre los diferentes elementos y abstraerlas nos ayuda a dar forma a la historia a partir de esa estructura. La tarea se centra en traducir las dependencias entre las tareas educativas y convertirlas en escenas de la historia que proporcionen una justificación narrativa asociada a esas relaciones. En esta tarea, como observamos en la Figura 2, obtenemos una serie de conjuntos de eventos relacionados causalmente. Nótese que en este paso del proceso aún no está definido qué va a pasar en la historia a nivel narrativo. Simplemente, se está construyendo la estructura que más tarde será ampliada y sobre la que se escribirá la historia.

Como hemos estudiado en el apartado 2, existen diferentes estructuras que podemos encontrar en los diseños de experiencias geolocalizadas. Estas se pueden agrupar en tres tipos: 1) secuencias lineales, 2) secuenciales con bifurcación y 3) conjuntos de actividades. A continuación proponemos algunas reglas para diseñar la historia relacionada con este tipo de estructuras. Es importante mencionar que en el diseño de una experiencia geolocalizada es común encontrar estas tres estructuras al mismo tiempo. La primera tarea es identificarlas y trabajar independientemente con ellas.

4.2.1 Secuencias lineales

En este tipo de estructura, las actividades educativas se suceden una tras otra en orden lineal. La Figura 3 muestra un ejemplo de cómo obtener un conjunto de escenas de historia a partir de dicha

estructura. Obsérvese en dicha figura que cada actividad educativa (A_i) tiene asignado un *lugar* real (L_x) en el que deberá ser realizada por el participante de la experiencia geolocalizada. Tener en cuenta estos lugares podrá ser útil para el diseñador de la historia a lo largo del proceso, como marco para el diseño de las escenas y de otros lugares virtuales.

La parte de la historia asignada a una secuencia de actividades lineal se puede definir mediante una serie de acontecimientos con un orden determinado. En este tipo de historias, cada evento necesita de los anteriores para ser comprendido, por tanto, existe un orden temporal entre ellos.

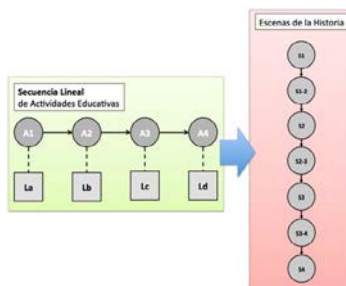


Figura 3. Escenas a partir de una Secuencia Lineal

Observamos, por tanto, que cada actividad A_i tiene una *Relación de Orden* con la siguiente actividad A_j . Suponemos, para crear esta estructura de historia preliminar, que cada una de estas actividades tiene una escena asignada en la historia: S_i para A_i y S_j para A_j . Además, para la relación de orden entre A_i y A_j , a la que llamamos $(A_i)R(A_j)$, incluimos una escena adicional llama S_{i-j} . Las escenas resultantes mantienen una relación de orden entre sí, de modo que $(S_i)R(S_{i-j})R(S_j)$. En la Figura 3 se observa de forma gráfica un ejemplo de uso de esta norma.

4.2.2 Secuencias con bifurcación

Las bifurcaciones en la secuencia de actividades educativas proporcionan al jugador la posibilidad de elegir qué actividad realizará en siguiente lugar. Esta elección se produce gracias a las acciones, las capacidades o la selección explícita del jugador. En cuanto a la narrativa, la posibilidad de tomar diferentes caminos proporciona un carácter interactivo a la historia. Por tanto, las decisiones por parte del jugador darán lugar a una instancia de la historia completamente distinta en cada experiencia de juego. No hay que olvidar que en siguientes etapas del método, cada estructura de escenas podrá ser simplificada dependiendo de las necesidades de la experiencia particular que se está diseñando.

La construcción de la estructura narrativa que se ejemplifica en la Figura 4 es, sin embargo, simple. En primer lugar, tal y como ocurría en las secuencias lineales, se añade una escena para cada actividad más una adicional para las relaciones entre ellas. En el caso de la figura, $(A1)R(A2)$ y $(A1)R(A4)$. Por tanto, centrándonos en esas actividades, se generan las escenas $S1$, $S1-2$, $S2$, $S1-4$ y $S4$. Para posibilitar la selección de diferentes caminos, se crea además una escena de elección, a la que llamamos SCH en este caso. Las relaciones de orden entre estas escenas se componen del siguiente modo: $(S1)R(SCH)$, $(SCH)R(S1-2)R(S2)$ y $(SCH)R(S1-4)R(S4)$.

Nótese que en la Figura 4 se muestran dos opciones diferentes para componer la estructura de escenas. En la opción a, al terminar cada una de las dos secuencias lineales que se forman a partir de la bifurcación, se incluye una relación de orden para poder volver a la escena de selección SCH. De este modo, el jugador podrá volver y escoger el otro camino. Así, se incluyen las relaciones (S3)R(SCH) y (S4)R(SCH).

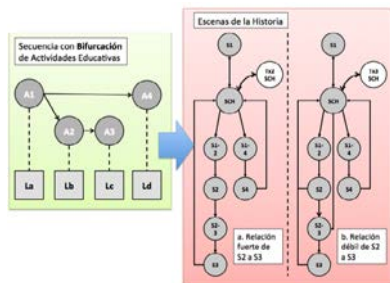


Figura 4. Escenas a partir de una Secuencia Lineal con Bifurcación con dos resultados posibles, a (izq.) y b (dcha.)

Para comprender la diferencia entre la opción a y la b, es necesario explicar los conceptos de *relación de orden fuerte o débil* [9]. Una relación de orden fuerte entre dos escenas implica que sea obligatorio que una se juegue inmediatamente después de la otra. Con una relación débil, esto no es necesario. Por ello, en la opción b de la figura, al existir una relación de orden débil entre S2 y S2-3, que denominamos (S2)R(S2-3), se incluye un retorno a la escena de selección después de S2.

Esta distinción entre relaciones deriva del hecho de que hay partes de la historia que no tienen relación cronológica con otras. Por tanto, mediante la definición de prerequisites se puede definir qué escenas o eventos es necesario haber jugado para continuar con esa rama de la historia. De este modo, se crea una red de relaciones de orden que es, de hecho, más compleja que la propia estructura de historia que se está definiendo.

Una utilidad de esta red de prerequisites es que cada escena puede tener asociada una explicación de las partes de la historia que el jugador haya podido omitir hasta el momento pero que son necesarias para comprender lo que se va a narrar a continuación. Así, esta explicación o narración de acontecimientos perdidos se puede mostrar al jugador.

Por último, y volviendo a la tarea actual, nótese que la escena SCH se terminará visitando varias veces. Dos en el caso a y tres en el b. Por ello, se introduce un marcador que llamamos *escena gemela* (Tx2 en a y Tx3 en b) [9]. Este concepto indica que una escena con el mismo objetivo narrativo ocurrirá varias veces, por lo que podrán escribirse escenas ligeramente distintas para cada ocasión con el fin de no causar en el jugador la sensación de repetición.

4.2.3 Conjuntos de actividades

Por último, encontramos el caso de conjuntos de actividades que no están relacionadas por orden alguno. Como puede observarse en la Figura 5, consideramos este caso de forma similar a las

secuencias con bifurcación. Es decir, además de la escena correspondiente a cada actividad, incluimos una escena de selección SCH que permite ir y volver de las diferentes escenas mediante una doble relación de orden. Nótese, además, la escena gemela Tx4 asignada a SCH. En este caso, suponemos que todas las escenas son de cumplimiento obligatorio.

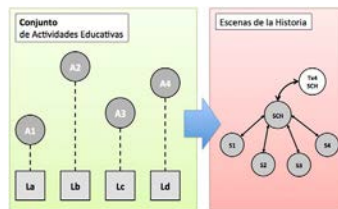


Figura 5. Escenas a partir de un Conjunto de Actividades

4.3 Marcar la intensidad narrativa

Para completar la estructura de escenas preliminar que permitirá componer la historia de nuestra experiencia interactiva geolocalizada, es necesario indicar la forma en la que la historia deberá motivar al jugador. Es decir, seleccionar dónde es necesario una mayor intensidad narrativa (ganchos, climax, sorpresas, etc.). Los cambios entre actividades educativas poco parecidas o la repetición de ejercicios pueden romper la inmersión del jugador. Es importante reforzar mediante la historia estos puntos con escenas de alto contenido emocional, que inciten al jugador a continuar con la historia y la experiencia.

En la Figura 2, concretamente en la actividad 2, hemos representado esos momentos de necesaria motivación como flechas gruesas entre las actividades educativas. Se puede observar que en la estructura de escenas se pueden añadir algunas escenas marcadas o marcar otras que ya estaban incluidas (en la figura se cambia el color), según estime el diseñador. Es interesante incluir un valor numérico a esa intensidad necesaria. Ya que habrá momentos que requieran de más o menos intensidad, dentro de ser destacados. Es posible, incluso, indicar en qué emoción concreta se quiere incidir con esa escena.

4.4 Simplificar

Una vez se ha construido la estructura de escenas en los dos pasos anteriores, los diseñadores pueden simplificar esta estructura uniendo escenas, añadiendo o sustrayendo bucles, etcétera. Trabajando en coordinación con los educadores y teniendo conocimiento de las características de las actividades que tendrán lugar en la experiencia les será fácil estructurar la historia. Además, conocer el hilo argumental que se realizó al comenzar el proceso permite empezar a intuir dónde se narrarán qué cosas y, por tanto, establecer una estructura apropiada. Obsérvese el ejemplo de esta tarea en la actividad 3 de la Figura 2.

Para realizar esta estructuración es útil identificar en la actual estructura narrativa la historia principal y las posibles tramas paralelas. Es decir, encontrar una estructura narrativa que encaje con las actividades educativas y con las exigencias a niveles motivacionales. En [15], los autores proponen diferentes conceptos tras estudiar las componentes narrativas de diferentes videojuegos. Para referirse a la estructura de la historia, distinguen entre dos grupos de eventos diferenciados:

- *Macroestructuras*: conjunto de eventos vinculados que refuerzan o estructuran la historia principal.

- *Microestructuras*: conjunto de eventos vinculados que establecen o amplifican sucesos paralelos a la historia principal.

En una historia interactiva es común encontrar estos dos tipos de estructuras.

La intensidad de las escenas que han sido marcadas en el paso anterior también nos puede ayudar a componer la historia. Con vistas a los siguientes pasos, el diseñador puede ir intuyendo dónde y cómo colocar eventos de interés e intensidad narrativa. Para ello, es útil aplicar las teorías sobre estructuras narrativas descritas en el Apartado 3.

4.5 Escenas educativas

En muchas ocasiones, la propia historia puede servir para transmitir contenidos educativos. En esta tarea, escribimos diferentes eventos y escenas educativas, basándonos en el esbozo del argumento de la historia realizado al principio del proceso, con vistas a crear una historia completa y conexa sobre la estructura que se ha definido en los primeros pasos. Como se observa en la Figura 2, obtenemos una estructura de historia que empieza a presentar ciertos contenidos narrativos asociados.

Es importante mencionar que las experiencias geolocalizadas permiten utilizar los lugares reales para apoyar el contenido educativo. Por ejemplo, si estamos enseñando la historia de los Reyes Católicos y estamos en la Catedral de Granada, podemos hacer referencia a ello y colocar retos asociados con elementos de la tumba. La narrativa del videojuego puede, por tanto, apoyarse en estos escenarios reales.

4.6 Escribir la historia

Escribir la historia de un videojuego educativo puede ser una tarea complicada. Requiere imaginación y creatividad y, en muchas ocasiones, provoca que el proceso se estanque o que el resultado sea simple. Gracias a la estructura de historia creada en las tareas anteriores de este proceso, y las escenas educativas que se han añadido, en su caso, esta tarea se puede abordar con mayor seguridad.

Esta tarea consiste en, sobre la estructura realizada previamente, escribir una historia que cumpla los cánones de la tradición narrativa. Los trabajos de [16] sobre la metáfora de *el viaje del héroe* y los arquetipos que pueden adoptar los personajes, también llamada *el monomito*, son un buen marco de trabajo para todo escritor.

Con esta tarea obtenemos la historia o evolución narrativa del videojuego, indicando las posibilidades de la historia derivadas de su carácter interactivo. Como puede observarse en la Figura 2, el resultado del paso 5 se representa como un conjunto de escenas conexas, que conforman una historia global.

4.7 Analizar y evaluar la historia

En este paso se realiza un análisis y evaluación de la historia creada basándose en dos focos: la estructura narrativa y la intensidad emocional que transmite.

Cabe destacar que la evaluación no es un aspecto independiente, sino que puede realizarse a lo largo de los pasos anteriores para mejorar la narrativa en tiempo de diseño.

Con la estructura narrativa nos referimos a estructuras formales tratadas en teorías clásicas sobre narrativa. En [15] los autores

proponen una serie de métricas y estadísticas para abstraer y organizar esta información dada una historia. Algunas de ellas son: 1) contabilizar la ocurrencia de escenas pertenecientes a cada etapa del *Viaje del Héroe* [16]; 2) calcular qué porcentaje del tiempo que ocupa la historia pertenece a cada uno de los actos de la estructura clásica narrativa de tres actos; 3) identificar eventos pertenecientes al núcleo de la historia y los eventos satélite y contabilizarlos; 4) contabilizar el número de personajes que correspondan a cada uno de los arquetipos definidos por Vogler [16] y 5) calcular en qué porcentaje de cada acto de la historia están presentes cada uno de esos personajes arquetipo.

El análisis de la estructura narrativa de la instancia se engloba en dos tareas: 1) búsqueda de posibles incoherencias derivadas de acciones inesperadas del jugador o errores de diseño y 2) generación de una gráfica que represente qué presencia tiene cada paso de la historia en la instancia y, a raíz de estos datos, generación de consejos automáticos.

El interés despertado en el jugador, en cada momento de la experiencia, puede ser evaluado y analizado. Gracias a ello es posible generar "curvas de interés". La Figura 6 muestra una típica curva de interés en una experiencia de entretenimiento óptima [17]. Este análisis es útil para saber si se están generando en el jugador las emociones deseadas con el fin de llevar a cabo el proceso de enseñanza correctamente. Si no es así, se modificará el diseño de la historia en las partes que se vea que no se consigue el objetivo.

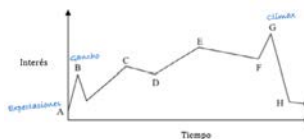


Figura 6. Curva de interés típica

5. EJEMPLO DE DISEÑO DE UNA HISTORIA PARA LA EXPERIENCIA LIVING UGR

Para evaluar el método se ha diseñado una experiencia geolocalizada consistente en un juego de aventuras con retos basados en puzzles. La experiencia se desarrolla en diferentes puntos de interés del patrimonio de la Universidad de Granada. El objetivo educativo de la experiencia es fomentar el conocimiento de dicho patrimonio y de la cultura universitaria de esta ciudad.

La experiencia es conducida mediante una aplicación para dispositivos móviles (Figura 7, imagen de la Izquierda). Ésta detecta la localización geofísica del jugador. De esta forma, los retos y la información se muestran contextualizados. A nivel lúdico, el jugador debe componer un "monstruo" (inspirado en la idea de Frankenstein) formado por siete partes del cuerpo de diferentes personajes famosos de ficción (Figura 8, imagen de la izquierda). Para conseguirlo, deberá resolver puzzles, localizar objetos o responder preguntas que encontrará en los lugares físicos establecidos. Para localizar escenario, objetos y personajes, la aplicación hace uso de códigos QR, dispositivos i-beacon (faros bluetooth) que han sido instalados en los puntos de interés (figura 8, imagen de la derecha) y el GPS.



Figura 7. Imágenes de la aplicación móvil creada (1).



Figura 8. Imágenes de la aplicación móvil creada (2).

Como puede observarse en la Figura 9, a nivel general, vamos organizar las actividades educativas de forma jerárquica. De este modo, definimos siete actividades, cada una se corresponde a una facultad, cuyo orden de realización es indiferente. Es por tanto, un conjunto desordenado de actividades. Encontramos, además, una última actividad que deberá ser completada una vez que todas las demás lo hayan sido. Cada una de estas actividades, contiene su propia estructura de subactividades que, en cada caso, es diferente a las demás.

El argumento escogido para sentar las bases de la historia, que acompañará la experiencia, es involucrar al jugador en una misión para construir un monstruo de Frankenstein con diversos personajes famosos, aprovechamos la idea de que cada facultad está asociada a una disciplina que puede aportar información y técnicas a la construcción de nuestro monstruo. Una vez analizada la estructura de actividades y establecido este argumento, es posible comenzar el método propuesto.

1) Encontrar la estructura base. La aplicación de las reglas descritas en las secciones previas nos permite crear una primera estructura. Es importante mencionar que es posible y aconsejable crear una jerarquía entre los componentes de la historia. En este caso, podemos establecer un capítulo en cada facultad, más el capítulo inicial que sirve como puerta a los otros y un capítulo

final. Dentro de cada capítulo desarrollamos una estructura de escenas propia.

2) Marcar la intensidad narrativa. Este paso cobra importancia en este tipo de experiencias. En nuestro caso, necesitamos un gancho inicial que establezca un objetivo para que el jugador se vea motivado a continuar la aventura. Del mismo modo, necesitamos momentos especialmente motivantes en los cambios de una facultad a otra. Cuando el jugador tiene que trasladarse a larga distancia, debe encontrar una justificación narrativa dentro de la experiencia.



Figura 9. Actividades educativas de la experiencia Living UGR (jerarquía)

3) Simplificar. La Figura 10 muestra la estructura narrativa dentro del capítulo reservado a la Escuela de Informática de la UGR. Aunque en la figura esta estructura ya ha sido convertida en una historia, el grafo que la forma es resultado de este paso. Por tanto, se establece una estructura narrativa que sirve de esqueleto para la escritura de los diferentes eventos.

4) Escenas educativas. Existen datos sobre las diferentes facultades que queremos sean transmitidos al jugador en cada lugar. Para ello, usamos escenas en las que un personaje relacionado con cada facultad conduce al jugador a lo largo de las actividades y aporta dichos datos mediante el diálogo. Tomemos como ejemplo el capítulo dedicado a la Escuela de Informática. Como puede observarse en la Figura 9, los objetivos educativos de este centro eran mostrar los laboratorios de robótica y de circuitos integrados, además de presentar a los grupos de investigación que trabajan en ellos. Por tanto, conociendo la estructura del paso anterior, es posible escribir una escena dedicada a explicar de forma narrativa el funcionamiento de los grupos de investigación e incluirla.

5) Escribir la historia. Continuando el ejemplo de la Figura 10, se ha incluido una mini-historia dentro del capítulo de la Escuela de Informática. En ella, se establece un objetivo narrativo por el que se necesita utilizar el brazo robot para construir la pieza de Frankenstein de este lugar. Al acudir al laboratorio de robótica, otro evento narrativo informa de la necesidad de buscar un sustituto para un chip que ha sido destruido, dando a entender que necesita información del grupo de investigación en circuitos integrados. En este punto, la historia es adaptable a las acciones

del jugador, ya que éste puede acudir directamente al laboratorio si conoce su ubicación o acudir al grupo de investigación, donde se dará información sobre los trabajos de dicho grupo. En caso de no acudir al grupo de investigación, la historia dará esta información al jugador por medio de una variación en la escena del laboratorio controlada mediante prerrequisitos. Finalmente, una vez recuperado el chip, el jugador puede arreglar el brazo robot mediante un puzle y construir su pieza de Frankenstein. De forma paralela, existe una escena que podrá ser jugada en cualquier momento y de forma opcional donde el jugador obtiene un cromó adicional.

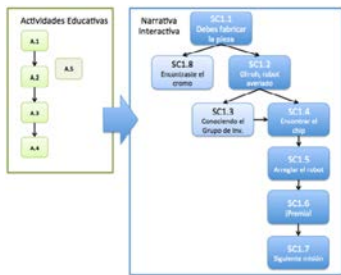


Figura 10. Ejemplo de obtención de una narrativa interactiva estructurada a partir de las actividades

6) Analizar y evaluar la historia. La mini-historia que nos ocupa tiene una complejidad baja, y es fácil observar su estructura de tres actos: una introducción, la consecución de las tareas que termina con el objetivo principal y el clímax y un último acto de cierre.

6. CONCLUSIONES

Mediante la realización de la experiencia geolocalizada que ha sido presentada, se ha comprobado la utilidad del método. Aplicando el proceso, resulta más fácil escribir una historia interactiva sobre las actividades del juego. Esto se debe a que los autores sólo deben preocuparse de insertar eventos narrativos sobre una estructura ya establecida.

El siguiente paso para completar el estudio propuesto es llevar a cabo experiencias de evaluación de la aplicación diseñada con usuarios reales. Para ello, se realizará una evaluación basada en pre-test, test y post-test. En ella, se pondrá en marcha una experiencia usando la aplicación desarrollada e implantando en los diferentes centros a visitar los elementos físicos necesarios (como códigos QR) y se evaluará por medio de la observación y mediante cuestionarios facilitados a los usuarios de prueba.

7. RECONOCIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad de España como parte del proyecto DISPERSA (TIN2015-67149-C3-3-R) y el Proyecto de Excelencia de la Junta de Andalucía (P11-TIC-7486).

8. REFERENCIAS

- [1] Huizinga, J. (1938). Homo ludens: proeve fleener bepaling van het spel-element der cultuur. *Haarlem: Tjeenk Willink*.
- [2] González Sánchez, J. L. (2010). *Jugabilidad. Caracterización de la experiencia del jugador en videojuegos* (Doctoral dissertation, Universidad de Granada).
- [3] Hansman, C. A. (2001). Context-based adult learning. *New directions for adult and continuing education, 2001*(89), 43-52.
- [4] A. J. Soriano, J. L. González y F. L. Gutiérrez, "Realidad Aumentada en Videojuegos Educativos basados en el Contexto", *Revista FAZ – Diseño de Interacción*, N8, Mar15, pp 40-68. (2015)
- [5] Dionisio, M., Barreto, M., Nisi, V., Nunes, N., Hanna, J., Herlo, B., & Schubert, J. (2015, November). Evaluation of Yasmine's Adventures: Exploring the Socio-Cultural Potential of Location Aware Multimedia Stories. In *International Conference on Interactive Digital Storytelling* (pp. 251-258). Springer International Publishing.
- [6] Kjeldskov, J., & Paay, J. (2007). Augmenting the City with fiction: fictional requirements for mobile guides. *Mobile Interaction with the Real World*, 5, 41-55.
- [7] Liiteras, A. B., Challoi, C., & Gordillo, S. (2014, February). Juegos Educativos Móviles basados en posicionamiento: una guía para su conceptualización. In *XXI JAIIO (Jornadas Argentinas de Informática)*.
- [8] Zea, N. P. (2011). *Metodología para el diseño de videojuegos educativos sobre una arquitectura para el análisis del aprendizaje colaborativo* (Doctoral dissertation, Universidad de Granada).
- [9] Padilla-Zea, N., Gutiérrez, F. L., López-Arcos, J. R., Abad-Arraz, A., & Paderewski, P. (2014). Modeling storytelling to be used in educational video games. *Computers in Human Behavior*, 31, 461-474.
- [10] Lee, Terence, October 24, 2013. Disponible en la web: <http://hitboxteam.com/designing-game-narrative>
- [11] Meadows M. S. 2003. Pause and Effect, the art of interactive narrative. New Riders.
- [12] Lindley, C. A. (2005). Story and narrative structures in computer games. *Bushoff, Brunhild. ed.*
- [13] Marchiori, E. J., Torrente, J., del Blanco, Á., Moreno-Ger, P., Sancho, P., & Fernández-Manjón, B. (2012). A narrative metaphor to facilitate educational game authoring. *Computers & Education*, 58(1), 590-599.
- [14] López-Arcos, J. R., Zea, N. P., Paderewski, P., & Vela, F. L. G. (2014). Diseñando y analizando historias interactivas en el marco de los videojuegos educativos. In *CoSECivi* (pp. 127-136).
- [15] Ip, B. (2011). Narrative structures in computer and video games: part 2: emotions, structures, and archetypes. *Games and Culture*, 6(3), 203-244.
- [16] Vogler, C. (2007). *The Writer's journey*. Michael Wiese Productions.
- [17] Schell, J. Understanding entertainment: story and gameplay are one. *Computers in Entertainment (CIE)*, 2005, 3(1), 6-6.

Evaluación de la UX para Juegos Serios Geolocalizados con RA

Carina S. González-González
Grupo de Interacción, Tecnologías y
Educación (ITED).

D. Ingeniería Informática y de
Sistemas.

Universidad de La Laguna. España.
+34 922318284

cigonza@ull.edu.es

Belén Armas-Torres
Grupo de Interacción, Tecnologías y
Educación (ITED).

D. Ingeniería Informática y de
Sistemas.

Universidad de La Laguna. España.
+34 922318287

alu0100696677@ull.edu.es

Yeray Barrios-Fleitas
Grupo de Interacción, Tecnologías y
Educación (ITED).

D. Ingeniería Informática y de
Sistemas.

Universidad de La Laguna. España.
+34 922318283

ybarrios@ull.edu.es

ABSTRACT

El objetivo de este trabajo es proponer los instrumentos y técnicas más adecuadas para evaluar los videojuegos geolocalizados con realidad aumentada (RA). Para ello, se han estudiado los instrumentos de evaluación recomendados por los principales autores e investigadores de Experiencia de Usuario (UX), Jugabilidad y Experiencia del Jugador (PX). De estos instrumentos y técnicas, se seleccionaron los instrumentos y métodos más adecuados para este tipo de videojuegos. Como caso de estudio, se ha tomado la evaluación de Progrezz, una plataforma que permite gamificar acciones sociales reales, utilizando como soporte para ello tecnología móvil geolocalizada con realidad aumentada. Finalmente, se propone una guía de evaluación inicial organizada en fases, que permite medir de forma multidimensional la UX/PX en videojuegos móviles geolocalizados con RA.

Categories and Subject Descriptors

H.1.1.2 [Information Systems]: User/Machine Systems – Human factors.

General Terms

Performance, Design, Human Factors.

Palabras claves

Juegos serios geolocalizados, RA, UX/PX, Jugabilidad.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, existe un creciente interés por las aplicaciones móviles geolocalizadas y sus aplicaciones de realidad aumentada con diversos fines, por ejemplo marketing, turismo, o los juegos serios [1]. Para poder crear aplicaciones efectivas, un aspecto clave es tener en cuenta a los usuarios en el propio diseño y diseñar su experiencia con la aplicación. Por ello, en este trabajo nos centraremos en estudiar la experiencia de usuario (UX) [3] y la experiencia del jugador (PX) [3] para poder contribuir al diseño de juegos serios geolocalizados de realidad aumentada (RA) [4].

La UX es un concepto en desarrollo, de carácter interdisciplinar, que requiere de la investigación y estudio, aplicada a los diferentes sistemas, dispositivos, contextos y personas [2]. Asimismo, la experiencia del jugador (PX) se ve influenciada por diversos factores externos e internos al sujeto [3]. Por ejemplo, como factores externos podemos encontrar los relacionados al contexto (social, cultural, tiempo, espacio) o al propio sistema del videojuego (gameplay, mecánicas, motor, narrativa, interfaz, dispositivos, inmersión, sensores, etc.) [5, 6]. Como factores internos al jugador podemos encontrar a sus propias características

(por ejemplo, edad cronológica y género), psicológicas y/o físicas, sus preferencias, sus estilos de juego, sus modelos mentales y cognitivos, entre otros [6]. Si deseamos modelar y evaluar esta experiencia nos encontramos con variables y métricas de diferentes tipos: cualitativas y cuantitativas o concretas y abstractas [7]. Todo esto dificulta la selección instrumentos, métodos y técnicas de evaluación adecuadas para el caso que nos ocupa: los juegos serios geolocalizados de RA.

En este artículo presentamos una propuesta metodológica para evaluar juegos serios geolocalizados con RA y se presenta una guía para la configuración de la prueba. Esta guía incluye la selección del grupo de usuarios a evaluar, la configuración de la selección por zonas de geolocalización, el guion de la prueba y los distintos instrumentos a utilizar antes, durante y después de la prueba. Los instrumentos que han sido seleccionados y utilizados son: test de tipos de jugadores [8], test de jugabilidad [6], cuestionarios de experiencia del juego [9], focus group y análisis de logs. Esta metodología ha sido empleada en la evaluación de un juego serio creado por el grupo de investigación, denominado Progrezz [10-13], el cual se describe en la siguiente sección.

2. PROGREZZ: JUEGO SERIO GEOLOCALIZADO CON RA

La plataforma Progrezz es nace como un proyecto de software libre y código abierto (licencia MIT) que busca la creación de un videojuego ideado para smartphones y diseñado como aplicación web y se encuentra en esta-do de desarrollo.

Pretende entrelazar la realidad con la propia historia y mecánica del juego, de tal manera que una energía llamada "entropía" simboliza el desequilibrio social, que ha sido generado por todas aquellas acciones negativas que se manifiestan en la sociedad actual. Partiendo de esta realidad, se invita al jugador a encarnar a un miembro de una red clandestina de voluntarios, que buscan detener el colapso de la civilización y devolver la armonía al mundo. Haciendo uso de la geolocalización, se proporciona al usuario un escenario que explorar, donde la posibilidad de encontrar mensajes y otros elementos ubicados en el mapa real constituye una de las mecánicas básicas, y cuya recolección está ligada al desplazamiento físico del jugador a su lugar concreto.

La utilidad de los objetos recolectados permite progresar en la historia (descubriendo nuevas mecánicas o aumentando el nivel y privilegios del jugador), promocionar eventos, contener textos de jugadores avanzados, etc. Además, es necesario completar una serie de mini juegos a cada paso para la consecución de los distintos objetivos. Además, busca que todos los jugadores puedan entrar en contacto con otros voluntarios y detectar puntos críticos del entorno a través de mensajes y otros recursos geolocalizados. Así mismo,

existe la posibilidad de detectar y potenciar los lugares donde tienen lugar acciones positivas (incluso contribuir económicamente). Es decir, la característica fundamental es que los usuarios dispondrán de la capacidad de ayudar a la sociedad mientras juegan y avanzan en Progrezz. De acuerdo a lo anterior, pretende funcionar como una red social solidaria y plataforma de difusión de acciones y movimientos sociales y de voluntariado, permitiendo, de algún modo, visualizar las acciones positivas que suceden en nuestro entorno tanto a nivel local como global. Estas acciones se verán reforzadas con el componente de gamificación que rodea cada acción que realizan los jugadores de Progrezz. Algunos elementos jugables de Progrezz incluyen la territorialidad y la sensación de pertenencia a un grupo global, añadiendo un sentido solidario al juego, ya que se cuantifica el impacto en la realidad que realice el jugador (Fig. 1).



Fig. 1. Plataforma de acciones sociales Progrezz (<http://www.improvechange.org/innovacion-social/improve-social-lab/>)

Al no existir estándares definidos ni guías de evaluación de la UX para juegos geolocalizados móviles, en este trabajo se ha evaluado, seleccionado y adaptado diferentes técnicas e instrumentos que permitieran la evaluación de esta plataforma. A continuación se describe la evaluación diseñada específicamente para este tipo de juegos móviles.

3. PROPUESTA DE EVALUACIÓN

A continuación describiremos cada una de las actividades llevadas a cabo para poder evaluar el videojuego geolocalizado con RA.

3.1 Pre-Test

3.1.1. Configurar el grupo, los objetivos y la zona de la prueba

El número de participantes ideal para la prueba se determinó que estuviese entre 10 y 12 personas, con el fin de asegurar el correcto desarrollo de la misma en una sesión de 3 horas. Además, se el grupo debe estar equilibrado en el número de hombres que de mujeres para evitar sesgos en cuanto al género. En cuanto a las edades, se elegirán en función del público objetivo del juego. Por ejemplo, en el caso de Progrezz, será entre los 18 y los 45 años.

El perfil de usuarios deberá estar relacionado a su nivel de experiencia con las tecnologías móviles y con juegos geolocalizados. En el caso de los usuarios expertos en juegos geolocalizados, se les pedirá que actúen como expertos evaluadores para inspeccionar la jugabilidad del videojuego.

Asimismo, las metas a alcanzar en la prueba deben estar correctamente situados en un mapa, de forma que sean alcanzados en un recorrido a pie por la ciudad elegida para la prueba, en el tiempo de duración de la sesión de evaluación. En el caso de

Progrezz, se procedió al diseño de distribuir mensajes en diferentes calles de la ciudad de La Laguna, en Tenerife.

3.1.2. Elaborar el guión de la prueba

El guión de la prueba incluye las instrucciones que se deben dar a los participantes, así como todo lo que se debe tener en cuenta para la realización de la prueba: instrumentos necesarios, enlaces, recursos, etc.

Antes de comenzar la prueba, los jugadores deberán completar el cuestionario sobre el perfil de jugador de forma on-line, guardar el resultado que se obtiene del mismo y enviarlo vía email a una dirección facilitada por los evaluadores. A continuación, se debe acceder desde el dispositivo móvil al juego serio.

En el caso de Progrezz, el acceso se realiza utilizando para ello el navegador del mismo y se solicitará el inicio de sesión desde alguna cuenta personal (Facebook, Twitter, Google, Github o Steam). Se deberá autorizar a la aplicación a utilizar la localización GPS y el uso de la cámara del teléfono, además de activar el geotricopio (rotación de pantalla). Una vez que el usuario esté en su cuenta de Progrezz, podrá elegir entre:

- Mensajes, dónde se pueden ver los mensajes leídos, los mensajes sin leer, los que están disponibles para desbloquear y los fragmentos de mensajes incompletos.
- Para desbloquear un mensaje, será necesario completar un mini juego.
- Perfil, dónde se mostrará el nivel del usuario y datos sobre el rango del visión que tiene disponible, acorde a su nivel, la distancia a la que debe estar del fragmento a recoger para recolectarlo y la precisión de la detección de los mismos. En los primeros niveles los jugadores no podrán, aún, publicar mensajes en la plataforma.
- Mapa, dónde se muestra la localización del jugador y las posibles ubicaciones de mensajes a su alrededor. El círculo azul indica el rango de visión, los cuadrados rojos las áreas donde se pueden encontrar los mensajes. Los triángulos que unen cuadrados rojos unen los fragmentos de un mismo mensaje.
- Escáner, dónde podremos acceder al visor de realidad aumentada del juego. En él aparecerán rombos azules-verdes cuando estemos ante un fragmento de mensaje a recolectar.
- El escáner cuenta con tres modos: Visor de cámara, dónde se mostrará lo que se ve directamente de la cámara del teléfono, visor de realidad aumentada, dónde se superpone el mundo aumentado a la imagen original de la cámara, y visor para gafas de realidad aumentada, pensado para utilizarse con gafas como las Oculus Rift.

Una vez dentro del juego, se le introducirá en la narrativa del mismo. De esta forma, en Progrezz se propondrá al jugador una aventura en la que forma parte de una sociedad clandestina que intenta salvar el mundo haciendo acciones sociales positivas. Concretamente, para la prueba se han introducido en el sistema un total de 17 mensajes, algunos de los cuales están divididos en fragmentos a modo de tutorial. El objetivo del jugador será recopilar los diferentes mensajes. Para ello, deberá moverse por el mapa hasta las áreas rojas y, una vez allí, utilizar el visor de realidad aumentada para encontrar los mensajes. Cuando el jugador tenga el mensaje, deberá “capturarlo” para, más adelante, poder desbloquear su lectura. Una vez tenga todos los fragmentos de cada

mensaje, podrá acceder a un panel dónde se mostrarán los que ha recopilado hasta el momento. En caso de querer leer alguno, bastará con seleccionarlo y, tras superar un pequeño mini juego, se mostrará su contenido en pantalla. Se han de recopilar 17 mensajes para finalizar la misión.

La prueba ha sido pensada para ser llevada a cabo en un día, aunque la duración dependerá, mayormente, de la implicación del jugador. Durante la sesión de juego, el jugador deberá hacer una pausa para completar el cuestionario que medirá la experiencia durante el juego. El hipervínculo al cuestionario se le enviará al usuario durante el transcurso de la evaluación. Una vez terminada la sesión de juego, el usuario deberá completar los dos módulos restantes del cuestionario de experiencia de juego: el módulo básico, que medirá la experiencia del jugador durante el juego y el módulo post-juego que medirá las sensaciones del jugador una vez ha dejado de jugar. Además, los jugadores expertos, que son los que ya tienen experiencia con juegos similares, tales como Ingress, también deberán cumplimentar un cuestionario de heurísticas que mide factores de la Jugabilidad en diferentes facetas, como la Jugabilidad intrínseca, la Jugabilidad Mecánica, la Jugabilidad Artística, la Jugabilidad Personal o la Jugabilidad Social. Para finalizar, se llevará a cabo un Focus Group con los participantes de la prueba para discutir la experiencia, los objetivos logrados y frustrados, la dificultad de la misión propuesta, la satisfacción con las metas logradas, posibles errores de la plataforma, los principales problemas, etc.

3.2 Test: Cuestionario de Experiencia de Juego (GEQ)

El Cuestionario de Experiencia de Juego (GEQ) [9] tiene una estructura modular compuesta por: un cuestionario básico, un módulo de presencia social y un módulo de post-juego. Los tres módulos están destinados a ser evaluados inmediatamente después de que haya terminado una sesión de juego, en el orden indicado anteriormente. La primera y segunda parte son sondeos de los sentimientos y pensamientos del jugador mientras está jugando al videojuego; la tercera parte, el módulo de post-juego, evalúa cómo se sienten los jugadores después de haber terminado de jugar. En nuestro caso hemos desarrollado una versión in-game del GEQ, para así poder evaluar la experiencia de juego en múltiples intervalos durante una sesión de juego.

De esta forma, se proponen los siguientes módulos:

- GEQ Módulo básico: Podríamos decir que ésta es la parte central del GEQ. Nos va a servir para evaluar la experiencia de juego mediante siete componentes: Inmersión, flujo, competencia, afecto positivo, afecto negativo, tensión y reto.
- GEQ Módulo In-Game: el módulo In-Game del GEQ es la versión mínima del cuestionario básico, se utiliza para evaluar la experiencia de juego a medida que transcurre la sesión de juego, lo cual facilitará la validación de indicadores continuos en tiempo real.
- GEQ Módulo Post-Juego: El módulo post-juego evalúa cómo se sintieron los jugadores después de haber dejado de jugar.

3.3 Post-test

3.3.1. Focus Group

Después de que los usuarios ejecutaran la prueba y, tras hacer los cuestionarios correspondientes, se lleva a cabo una sesión de Focus Group donde se discuten los hechos más destacados de la prueba. Después de la sesión, se realiza una transcripción de la misma y se procede a su análisis cualitativo. Las fases del citado análisis son las siguientes:

1. Lectura de la transcripción e identificación de los temas que son más relevantes de acuerdo con el objetivo de la observación.
2. Proceso de categorización y codificación.
3. Representación de la información recogida por cada categoría en una matriz.
4. La obtención de resultados y elaboración de las conclusiones.

3.3.2. Jugabilidad

La evaluación de la jugabilidad debe ser realizada por usuarios expertos, ya que se utilizará un cuestionario validado sobre la experiencia del jugador con distintas heurísticas que permiten la inspección de distintos criterios organizados en dimensiones [2], que permite medir la calidad de uso de un videojuego. Estas medidas de calidad de uso son:

- Satisfacción: Agrado o complacencia del jugador ante el videojuego completo o en algunos aspectos concretos de éste. Se puede medir mediante el porcentaje de juego descubierto o desbloqueado y, mediante el número de retos (principales y secundarios) resueltos.
- Aprendizaje: Facilidad para comprender y dominar el sistema, la mecánica del videojuego y la forma de interactuar con él. Se puede medir mediante el número de intentos por reto y según el tiempo invertido por objetivo.
- Efectividad: Tiempo y forma de usar los recursos necesarios para ofrecer diversión al jugador mientras éste logra los objetivos propuestos. Se puede medir mediante el número de acciones no realizadas y según el tiempo entre objetivos, metas y retos.
- Inmersión: Capacidad para creerse lo que se juega e integrarse en el mundo virtual mostrado en el juego. Se puede medir mediante el tiempo e intentos por reto y mediante la Técnica SAGAT [14].
- Motivación: Característica del videojuego que mueve a la persona a realizar determinadas acciones y persistir en ellas para su culminación. Se puede medir mediante el porcentaje de juego desbloqueado y el número de ítems conseguidos y objetivos secundarios.
- Emoción: Impulso involuntario originado como respuesta a los estímulos del videojuego que induce sentimientos y que desencadena conductas de reacción automática. Se puede medir mediante el Test de rejilla emocional [15] y mediante la observación biométrica y pensamiento en voz alta.
- Socialización: Medida de los elementos que fomentan el factor social o la experiencia en grupo, gracias a las reacciones que se entablan con otros jugadores o con otros personajes del juego. Se puede medir mediante el número y tipo de mensajes entre miembros del grupo y el número de recursos compartidos y utilizados.

3.3.3. Análisis de Logs

Los registros de los participantes de la prueba son analizados para obtener diferentes métricas relacionadas con la efectividad y la eficiencia en el logro de las metas del juego, tales como:

- Efectividad en la meta: Número de metas que han sido alcanzadas correctamente.
- Complejidad de los retos: Número de retos completados.
- Frecuencia de intentos en el logro de metas: Número de intentos para lograr la meta.
- Tiempo de meta: Tiempo requerido por el usuario para lograr una meta.
- Ruta óptima: Variabilidad de la ruta empleada por el usuario para el logro de la meta frente al camino óptimo.

4. CONCLUSIONES

En este artículo se ha presentado una guía para la evaluación de la experiencia de usuario (UX) y la experiencia del jugador (PX) en un videojuego geolocalizado que utiliza realidad aumentada, organizados de forma tal que permitan analizar la jugabilidad como medida de calidad de uso. Esta guía ha sido propuesta luego de evaluar diferentes técnicas y métodos de UX y PX para videojuegos. Además, se ha aplicado a un caso de estudio concreto: Progrezz. La guía consta de tres fases: una fase de pre-test, una de test y otra de posttest. La fase de pre-test, comprende diferentes actividades, tales como la de configurar el grupo de participantes que realizará la prueba, los objetivos o metas a alcanzar y la zona de la prueba. Además, se debe elaborar el guión de la prueba e identificar el perfil de jugador, que en nuestro caso, se ha seleccionado los perfiles descritos por Marczewski. Luego, en la fase de test, lo importante es evaluar la experiencia en el juego. Para ello se ha optado por seleccionar el cuestionario GEQ y realizar una adaptación del mismo para realizar un test en diferentes intervalos durante el desarrollo de la prueba. Finalmente, como cierre de la prueba de evaluación, se propone la realización de un focus group que permita analizar las principales dificultades encontradas en la realización de la prueba así como sugerencias y propuestas de mejoras. Asimismo, los usuarios expertos deberán realizar una prueba de inspección de la jugabilidad del videojuego. Finalmente, los evaluadores revisarán los logs obtenidos del desarrollo de la prueba con el fin de obtener métricas de efectividad y eficiencia del videojuego. Siguiendo esta propuesta como guía para la evaluación de videojuegos móviles geolocalizados con RA es posible obtener métricas de cualitativas y cuantitativas que permiten una evaluación multidimensional de la UX/PX como calidad de uso del videojuego. Por último, decir que esta guía es una propuesta inicial de evaluación para un caso de estudio en donde no encontramos estándares, pero que debe ser revisada y refinada para obtener métricas más ajustadas de UX/PX para juegos móviles geolocalizados con RA.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a la empresa ImproveChange.org promotora de la plataforma geolocalizada PROGREZZ. Asimismo, agradecen a los desarrolladores de la plataforma Cristo González (front-end), Daniel Herzog (back-end) y Gonzalo Aller (coordinación) y a los participantes de la prueba de evaluación.

6. REFERENCIAS

1. Walz, S. P. and Deterding, S. (Eds.). 2015. *The Gameful World – Approaches, Issues, Applications*. The MIT Press.
2. Rusu, C., Rusu, V., Roncagliolo, S., & González, C. (2015). Usability and User Experience: What Should We Care About?. *International Journal of Information Technologies and Systems Approach (IJITSA)*, 8(2), 1-12. doi:10.4018/IJITSA.2015070101
3. Engl S., Nacke L.E. (2012). Contextual influences on mobile player experience – A game user experience model, *Entertainment Computing*, Volume 4, Issue 1, February 2013, Pages 83-91, ISSN 1875-9521, <http://dx.doi.org/10.1016/j.entcom.2012.06.001>.
4. Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S., & Kinshuk. (2014). *Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications*. *Educational Technology & Society*, 17 (4), 133–149.
5. Di Loreto, I. (2013). *Social Interactive Systems Design for Serious Games*. In C. Gonzalez (Ed.), *Student Usability in Educational Software and Games: Improving Experiences* (pp. 174-200). Hershey, PA: Information Science Reference. doi:10.4018/978-1-4666-1987-6.ch008
6. Sánchez, J. L., Iranzo, R. M., & Vela, F. L. (2013). Enriching the Experience in Video Games Based on Playability Development Techniques. In C. Gonzalez (Ed.), *Student Usability in Educational Software and Games: Improving Experiences* (pp. 87-117). Hershey, PA: Information Science Reference. doi:10.4018/978-1-4666-1987-6.ch004
7. Nacke, L. E., Drachen, A., & Goebel, S. (2010). Methods for Evaluating Gameplay Experience in a Serious Gaming Context. *International Journal of Computer Science in Sport*, 9(2 / Special Issue).
8. Marczewski, A. 2013. *A Player Type Framework for Gamification Design*. 2013. Retrieved December 8, 2015. <http://www.gamified.uk/user-types/>
9. Brockmyer J.H, Fox C.M., Curtiss K.A., McBroom E., Burkhart K.M., Pidruzny J. (2009). The development of the Game Engagement Questionnaire: A measure of engagement in video game-playing. *Journal of Experimental Social Psychology*, Volume 45, Issue 4, July 2009, Pages 624-634, ISSN 0022-1031, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jesp.2009.02.016>.
10. Progrezz website: <http://socialmemorycompany.com:9292/pages/client/index.html>
11. González-Rodríguez C. (2015). *Módulo de Realidad Aumentada Geolocalizada*. Trabajo fin de Grado. Ingeniería Informática. Universidad de La Laguna.
12. Herzog Cruz, D. (2015). *Progrezz back-end*. Trabajo fin de Grado. Ingeniería Informática. Universidad de La Laguna.
13. Armas B. (2015). *Técnicas de evaluación para videojuegos geolocalizados*. Trabajo fin de Grado. Ingeniería Informática. Universidad de La Laguna.
14. Endsley, M. R. (1988, May). Situation awareness global assessment technique (SAGAT). In *Aerospace and Electronics Conference, 1988. NAECON 1988., Proceedings of the IEEE 1988 National* (pp. 789-795). IEEE.
- Mehrabian, A. (1994). Evidence bearing on the affiliative tendency (MAFF) and sensitivity to rejection (MSR) scales. *Current Psychology*, 13(2), 97

Interacción en videojuegos para personas con problemas en la función visual: cómo mejorar la accesibilidad

Josefa Molina López
Universidad de Granada
Dpto. Lenguajes y Sistemas
Informáticos

+34 958 240634/ +34 958 243697
pepaml@correo.ugr.es

Nuria Medina Medina
Universidad de Granada
Dpto. Lenguajes y Sistemas
Informáticos

+34 958 240634/ +34 958 243697
nmedina@ugr.es

Rafael Prieto de Lope
Centro de Investigación en
Tecnologías de la Información y de las
Comunicaciones

+34 958 240634/ +34 958 243697
rprieto@ugr.es

ABSTRACT

Dada la importancia que han adquirido los videojuegos, no solo como instrumento de entretenimiento sino también como medio educativo -entre otros fines serios- es fundamental garantizar su accesibilidad para que puedan ser utilizados por el mayor número de personas con independencia de sus capacidades. Sin embargo, dentro de este propósito de accesibilidad universal el colectivo de personas con problemas de visión ha sido ignorado. Estas personas encuentran serias dificultades a la hora de usar este tipo de software dado el carácter intrínsecamente visual del mismo. Y, aunque existen juegos específicos (audio juegos) diseñados para atender dichas limitaciones, esto no evita que se sientan excluidos de la gran mayoría de los videojuegos, comerciales y no comerciales, dirigidos a una audiencia con visión plena. Dada la escasa normativa al respecto y la poca atención que la industria y el mundo académico sigue prestando al problema, en este artículo se pretende analizar algunas de las principales barreras que frenan la jugabilidad interactiva de este colectivo y esbozar una serie de estrategias para atender esta problemática.

CCS Concepts

• Human-centered computing → Accessibility design and evaluation methods

Keywords

Accesibilidad; videojuegos; jugadores con discapacidad visual; jugadores ciegos; videojuegos universalmente accesibles.

1. INTRODUCTION

Según la Asociación Española de Videojuegos (AEVI), el sector de los videojuegos movió en España 1083 millones de euros durante el año 2015 [1], situándose como el principal segmento español de ocio en lo que a facturación se refiere -superando a la música y al cine-. Estos datos hacen incontestable el hecho de que los videojuegos constituyen hoy en día una de las mayores formas de entretenimiento a nivel mundial. Además, los videojuegos -cada vez más- son considerados un sólido apoyo en la divulgación de contenidos e informaciones, una vía de acercamiento a las tecnologías, un instrumento de socialización y un medio para el aprendizaje de materias, el entrenamiento de habilidades y la rehabilitación física o mental -entre otros fines-; lo que ha dado lugar al concepto de *serious game* [2].

Por todo lo anterior, asegurar un diseño del videojuego no discriminatorio debería ser un objetivo prioritario. Contrariamente, a pesar de la voluntad de desarrolladores y distribuidores de ampliar su público objetivo, se continúa descuidando un sector significativo de la población: las personas con discapacidad funcional y concretamente los jugadores con problemas en la función visual -utilizando la diferenciación propuesta por la Organización Mundial de la Salud de acuerdo a la Clasificación Internacional de enfermedades CIE-10 los distinguiremos en: jugadores ciegos o jugadores con discapacidad visual, moderada o grave (jugadores con baja visión)- quienes encuentran grandes obstáculos debido al carácter inherentemente gráfico de los videojuegos.

Por su parte, la accesibilidad web ha adquirido una gran relevancia desde que en la "Convención sobre los derechos de las personas con discapacidad" (Nueva York 13 de Diciembre de 2006) -aprobada por la ONU y ratificada por España en su artículo 30 (B.O.E. nº96, 21 de Abril de 2008)- se estableciese que "los Estados Partes reconocen el derecho a las personas con discapacidad a participar, en igualdad de condiciones con las demás, en la vida cultural y adoptarán todas las medidas pertinentes para asegurar que las personas con discapacidad tengan acceso a material cultural en formatos accesibles". Una de las principales medidas adoptadas fue el establecimiento de pautas de accesibilidad web (*Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG), a través de W3C) que mejoran el acceso a la información -en escenarios web- a todos los usuarios, independientemente de sus circunstancias y de los dispositivos involucrados. Sin embargo, a pesar del éxito en lo que a la Web se refiere, a la consideración desde Marzo de 2009 de los videojuegos como industria cultural en España y a la publicación en Julio de este mismo año de la Norma UNE139802 (versión oficial de la Norma Europea EN ISO 9241-171:2008), la accesibilidad de las tecnologías asociadas al ocio en general -y a los videojuegos en particular- no han recibido tanta atención, ni por parte de la industria, ni por parte del mundo académico. Es esta una descompensación que debe ser abordada, ya que la accesibilidad deber ir más allá de la Sociedad de la Información e integrar nuevas áreas tecnológicas hasta que todas las barreras desaparezcan.

Aunque existen algunas guías con pautas para mejorar la accesibilidad en los videojuegos tales como: *Game Accessibility Guide* [3] e *Includification* [4], no hay ninguna norma oficial (ISO, UNE) ni estándar que las reglamente y que sirva de referente en la industria. Por otro lado, y en lo que al proceso de desarrollo se refiere, las directrices son muy escasas, casi inexistentes, a excepción de algunas referencias como los documentos "Buenas prácticas de accesibilidad en videojuego" [5], publicado por el "Centro de Referencia Estatal de Autonomía Personal y Ayudas Técnicas" (CEAPAT) y el libro "*Accessibility in Games: Motivations an Approaches*" [6] creado por la GA-SIG de la International Game Developers Association.

En la actualidad, debido a la complejidad de diseñar un videojuego universalmente accesible, casi todos los esfuerzos han ido orientados al diseño de juegos específicos. En el caso de jugadores con problemas de visión, han proliferado juegos basados exclusivamente en audio (audio juegos), como por ejemplo: "Huyendo en la oscuridad" [7], los desarrollados por CIDAT (Centro de Investigación, Desarrollo y Aplicación Tiflotécnica) [8] de la ONCE o los que se pueden descargar de la página creada por Javier Mairena [9]. En el problema que nos ocupa, el fin último debería ser que todos los videojuegos pudieran ser usados por una persona con problemas en la función visual, sin tener que renunciar a su experiencia lúdica ni, en su caso, al componente serio. Con esta intención, la estructura del resto del artículo es como sigue: La sección 2 analiza la jugabilidad interactiva, por considerarse el aspecto más interesante en su manera de acceso a los mismos para el colectivo de personas con problemas de visión, numerando algunas de las barreras de interacción más significativas que provocan dificultades a este colectivo; la sección 3 propone algunas soluciones a los problemas propuestos (la numeración de las barreras servirá para identificar la solución propuesta), que no solo facilitan el acceso para este colectivo, sino que también pueden ayudar al resto de jugadores; y finalmente la sección 4 plantea algunas conclusiones y el trabajo futuro.

2. ANALIZANDO LA JUGABILIDAD INTERACTIVA EN VIDEOJUEGOS

El análisis de un videojuego puede realizarse desde muy distintas disciplinas [10]: teoría del diseño de juegos y ludología; narratología del videojuego; semiótica y análisis discursivo del videojuego; estudios culturales; estudios de efectos psicosociales; estudios sobre educación y videojuegos y seriousgames; jugabilidad, etc. No obstante, dado que el entretenimiento parece ser la esencia de este tipo de sistemas, un buen punto de partida puede ser la descomposición de la jugabilidad establecida por González-Sánchez en [11] en el que se entiende la jugabilidad como "el conjunto de propiedades que describen la experiencia del jugador ante un sistema de juego determinado", el autor propone considerar por separado la jugabilidad intrínseca, mecánica, interactiva, artística, intrapersonal e interpersonal implicadas en el juego. Debido a su especial importancia y a la interrelación con el resto de facetas, en este trabajo nos centraremos en analizar precisamente la jugabilidad interactiva. Dicha tarea requiere inspeccionar el diseño de la mecánica del juego, la interfaz de usuario y los efectos de inmersión, aspectos que son analizados en las secciones 2.1, 2.2 y 2.3 respectivamente.

2.1 BARRERAS EN LA MECÁNICA DEL JUEGO

Entendiendo mecánica de juego como el conjunto de reglas que legislan la experiencia del juego [12], parece evidente que para empezar a jugar hay que saber cómo hacerlo. En muchas ocasiones, los videojuegos y/o sus páginas web asociadas están diseñadas de manera que, por ejemplo; instrucciones, manuales, FAQs, etc., son muy poco, o nada, accesibles para softwares lectores de pantalla (barrera 1) ya que utilizan, en la mayoría de los casos, ficheros con extensión pdf (para exportar o imprimir) o creados con Photoshop. Estas deficiencias provocan que la fase de aprendizaje del juego sea complicada o imposible de ejecutar con éxito para una persona con ceguera o baja visión. Asimismo, son muchos los videojuegos en los que la interacción con el jugador se realiza de manera única (barrera 2) -tanto para recibir la información como para ejecutar la acción resultante del procesamiento de la misma-, y en la mayoría de los casos, esta es

inaccesible para personas con problemas de visión, como pueden ser: eventos mostrados en pantalla, interrupción del juego sin ningún sonido asociado, etc.



Figura 1. Izda.: Control "Buzz", Dcha.: Respuestas "Buzz".

Por ejemplo, en el videojuego "Buzz: escuela de talentos" (videojuego de preguntas y respuestas creado por Sony Computer Entertainment España (SCEE) para videoconsolas PlayStation), cada jugador cuenta con un pulsador (como único modo de interacción con el juego) como el que se muestra en la Figura 1.Izda. imposible de utilizar para personas con ceguera o discapacidad visual grave, ya que no se especifica los colores de cada botón ni el orden en el que estos se encuentran. Además, al comenzar la partida, el videojuego muestra un menú no audio navegado en el que se han de seleccionar las principales opciones de juego; cantidad de retos, número de jugadores, etc., por lo que un jugador con problemas en la función visual nunca podría comenzar a jugar. Suponiendo estos obstáculos superados con ayuda de una persona que asista al invidente, el juego se basa en la resolución correcta de una serie de preguntas propuestas en determinadas situaciones, límite de tiempo, el primero en pulsar gana, etc. Tanto las preguntas como las respuestas se muestran escritas en pantalla, pero solo son audibles las preguntas. De manera que este juego –al igual que muchos otros– es accesible para un jugador con problemas auditivos, pero no sería jugable para personas ciegas o con discapacidad visual grave (por ser la información fundamental del juego no audible).

2.2 BARRERAS EN EL DISEÑO DE INTERFAZ DE USUARIO (I.U.)

Uno de los aspectos más importantes de un juego es el diseño de su interfaz de usuario (I.U.), espacio complejo donde el usuario realiza múltiples actividades: aprende, investiga, actúa, decide y sobre todo juega [13], es decir, a través de la misma se le permite al usuario interactuar con el juego y es fundamental para determinar la accesibilidad del mismo.

En la mayoría de los casos las I.U. presentan controles (botones, listas de selección, etc.) que permiten al usuario introducir, seleccionar o modificar información así como activar funciones del juego. De su distribución, forma y color depende en gran medida que el colectivo de personas con problemas de visión pueda jugar de manera satisfactoria. En muchas I.U. la distribución de los controles y la combinación de colores elegida es confusa o imperceptible para personas con discapacidad visual (barrera 3): daltonismo, ceguera del color, visión en túnel, etc. Siguiendo con el juego "Buzz: escuela de talentos", las distintas opciones de respuesta se presentan en azul, naranja, verde y amarillo. Como se puede distinguir en la Figura 1.Dcha, los parecidos entre el naranja y el amarillo son tales que incluso en función de cómo está configurada la televisión se pueden dar problemas de confusión también en personas sin problemas de visión. Un problema similar presenta el videojuego ZUMA (PopCap Games y Yahoo!, 2003), en el que hay que lanzar bolas para juntar las que sean del mismo color (Figura 2). Además, en la mayoría de los juegos, hay que satisfacer los objetivos dentro de

un límite de tiempo, lo que es muy complicado para estos jugadores que requieren tiempos de reacción más amplios. Otras veces, el usuario con discapacidad visual no cuenta con información acerca de ciertas propiedades fundamentales del juego (tiempo consumido, número de vidas, puntuación, objetivos restantes, etc.), ya que la información mostrada en el "Head-Up Display" (HUD) está situada fuera de la línea visual del jugador.

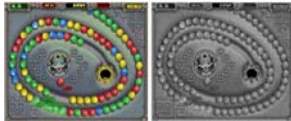


Figura 2. Izda.: Pantalla del juego ZUMA real. Dcha.: vista por una persona con daltonismo.

Por otro lado, hay videojuegos en los que se representa cierta información esencial -como es el mapa del juego o la identificación de los "enemigos"- basada únicamente en el uso del color, siendo imperceptible para personas con discapacidad visual leve que de otra manera podrían jugar perfectamente (barrera 4). Por ejemplo, en el videojuego "Call of Duty Modern Warfare 2", diseñado por la compañía Infinity Ward y uno de los más vendidos en 2009, en modo "multijugador" las etiquetas que distinguen a los avatares son verdes para los "amigos" y "rojas" para los enemigos (Figura 3); una combinación de colores muy difícil de distinguir para personas que sufren daltonismo.



Figura 3. Etiquetas en los avatares "enemigos" del videojuego "Call of Duty Modern Warfare 2".

2.3. BARRERAS EN EL EFECTO DE INMERSIÓN

De forma simplificada se puede definir la inmersión en un videojuego como el efecto que produce en el jugador una sensación de abstracción, de fusión con el videojuego y el rol que ha tomado en el mismo, de desconexión con la realidad y conexión con la virtual en ejecución [14]. Es común, sobre todo en los videojuegos basados en mapas, que los jugadores con discapacidad visual tengan a menudo una sensación de pérdida y desorientación debido al desconocimiento del entorno (barrera 5). A veces, es tan escasa la información de la que disponen que no son capaces de orientarse dentro del juego (barrera 6). No saben, por ejemplo, los distintos elementos que componen un escenario y a veces ni siquiera hacia dónde han de dirigirse o de dónde vienen. Esto hace imposible el desarrollo normal del juego y en muchos casos provocan su abandono.

3. LÍNEAS DE ACTUACIÓN

Siguiendo el orden establecido en el punto 2 y utilizando algunas de las soluciones propuestas en las guías de accesibilidad consultadas [3] y [4], comenzamos proponiendo algunas soluciones a los problemas planteados en la sección 2.1. *Mecánica del juego*, es primordial entender cuáles son los objetivos a alcanzar y cómo conseguirlos antes de comenzar a jugar. Por ello, tanto el juego como la página web de soporte -si es que la tienen- deben ser diseñados de manera legible por softwares lectores de

pantalla [3], utilizando una estructura html correcta; con elementos estructurales para párrafos (p), encabezados multi-nivel (h1, h2, ..., h6), listas (ul, ol y li), y asociando a cada imagen un texto explicativo mediante la etiqueta alt, entre otras pautas. O, en el mejor de los casos, permitir la posibilidad de habilitar locuciones propias (evitando la necesidad de instalar software externo) que vayan describiendo los contenidos y el orden de los menús, las opciones de configuración, las instrucciones de juego, los distintos controles, etc (solución barrera 1).

Para la mayoría de personas con problemas de visión, el audio del juego es la principal herramienta para interactuar con el mismo, de ahí que sea de máxima importancia la existencia de [3]: menús audio guiados (diseñados utilizando mensajes de voz que guían su uso); locuciones asociadas a toda la información presentada en la pantalla (una correcta descripción de los vídeos si es que los hubiera); un buen diseño sonoro que garantice la identificación unívoca de cada evento (un sonido que identifique el tiempo empleado y/o el fin del mismo, la pérdida de una vida, el logro de un objetivo, etc.), así como el control de volumen de los mismos de manera independiente y un sonido continuo de fondo que permita al jugador estar seguro de que el videojuego sigue funcionando, etc.

Para una correcta interacción con el juego, además de recibir estímulos, el jugador ha de responder a los mismos una vez procese la información recibida; pulsando un botón, disparando, etc. Es fundamental asegurarse de que, además de proporcionar diversos diseños en forma y color del cursor [3], a veces el cursor está diseñado con una forma que personas con baja visión lo confunden con el fondo, todas las acciones clave puedan llevarse a cabo a través de controles digitales (se ha de poder jugar utilizando sólo el teclado) y no sólo a través de entradas más complejas [3] tales como gestos, determinados movimientos de ratón, etc (solución barrera 2).

Otras de las claves a la hora de jugar, es contar con una buena configuración de la *interfaz de usuario* (Sección 2.2.). Es por ello, por lo que se pretende, en el caso más óptimo, proporcionar una I.U. totalmente configurable en lo que a aspecto se refiere (solución barrera 3). Por ejemplo [4]; permitiendo modificar: el contraste, la combinación de colores (accesibilidad a daltónicos), el tipo y tamaño de letra (acceso a personas con resto visual o pérdida parcial de la visión). O de acuerdo a la guía "Game Accessibility Guide" [3]; mediante la colocación personalizada de los controles más importantes en la pantalla (acceso a personas con pérdida de visión periférica) y la asociación de símbolos en vez de colores a las principales características del juego (solución barrera 4). Como se indica en la misma guía, sería de gran ayuda poder guardar la configuración de diferentes perfiles, ya sea a nivel de juego o de plataforma. Pues un mismo hardware puede ser utilizado por diferentes jugadores cada uno con sus necesidades y sus preferencias, siendo muy tedioso configurar la I.U. cada vez que se quiere jugar.



Figura 4. Pantalla "Bejeweled" jugadores; sin problemas visuales (izqda.) y con ceguera de color (drccha.).

Un ejemplo de juego que, en contraposición con "Zuma" (Figura 2) es accesible para personas con ceguera del color es el conocido como "Bejeweled" o "Diamantes" (PopCap Games) (Figura 4) ya que cumple con la premisa de no basar solamente en el color sus propiedades más importantes (barrera 4).

En lo que a los *efectos de inmersión* se refiere (sección 2.3.), se plantean en [3] una serie de estrategias cuyo objetivo principal es evitar la sensación de pérdida o desorientación, por ejemplo el uso de un mapa de audio (solución barrera 5), que asigna distintos tipos de sonido o estilo de los mismos a los diferentes elementos del escenario, como sonido del viento si se encuentra en el exterior, sonido de agua si está cerca de un río, etc. y que ayudarán al jugador a situar objetos importantes o "enemigos". En la misma línea y propuesto por la misma guía [3], sería también de gran utilidad proporcionar un GPS sonoro (solución barrera 5) que indique al usuario de manera audible la localización de cualquier objeto que pudiera estar en su campo de acción, por ejemplo; coche a la derecha, enemigo en el tejado, etc. Otra de las mejoras propuesta en [3] es permitir posicionarse en cualquier punto cardinal en el momento en el que el jugador lo desee a través, por ejemplo, de una determinada combinación de teclas (solución barrera 6).

Por último, el aspecto de la orientación podría mejorar notablemente con las estrategias referentes al diseño sonoro propuestas en la guía [3]: uso de sonidos envolventes (*surround sounds*), que permiten la identificación de la procedencia del sonido de manera casi unívoca. O, en un caso óptimo, empleando grabaciones binaurales (reproducibles en auriculares estéreos estándares), muy utilizadas ya en videojuegos de última generación y en videojuegos sin video, como por ejemplo "Blind.Legend" -entendiendo por binaural aquellos sonidos grabados y reproducidos en dos canales que construyen un mundo sonoro de inmersión, al ser el sonido posicional increíblemente preciso (solución barrera 6).

Cabe destacar, que la mayoría de estas mejoras no solo servirían a determinados colectivos (en este artículo, personas con problemas en la función visual), sino que pueden ser de gran utilidad al resto de jugadores en determinadas circunstancias; por ejemplo jugar con demasiada luz o con pantallas de baja resolución o de pequeño tamaño (móviles, tabletas, etc.).

4. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Según Jonathan Chacón en una entrevista para El País "en la actualidad no podemos considerar ni el 1% de los juegos de la AppStore como accesibles (...). Curiosamente los usuarios que nos quejamos de falta de accesibilidad, en un 99%, somos los ciegos (...)"[17].

Por tanto, el gran reto consiste en mejorar la interacción de este colectivo partiendo de la premisa de que el principal desafío es proporcionar alternativas -mediante información accesible o locutada, a través de una correcta configuración de la I.U. o a través de distintos sistemas de emisión de audio- para los estímulos visuales mostrados en la pantalla. Por todo lo anterior, en este trabajo se ha analizado la jugabilidad interactiva de los videojuegos, identificando problemáticas a las que se han asignado soluciones en la mecánica de juego, interfaces de usuario y efectos de inmersión cuando el usuario final sufre algún problema de visión. A partir de aquí, trabajaremos en el desarrollo de una guía completa que aúne además de todas las estrategias planteadas en este artículo muchas otras que faciliten el diseño universal de videojuegos. Se pretende también seguir trabajando en el estado del arte, realizando mediante un enfoque más metodológico una evaluación profunda de los juegos existentes, comparativas de APIs relacionadas y una revisión integradora de las recomendaciones propuestas para mejorar la interacción de este colectivo. Además, se pretende llevar a cabo varias experiencias con usuarios reales que permitan analizar datos empíricos estadísticos que corroboren las barreras detectadas previamente e identifiquen nuevas problemáticas. Todo ello, con

el ánimo de construir una guía de recomendaciones completa y validada que mejoraría el bienestar y el desarrollo personal de las personas con discapacidad.

ACKNOWLEDGMENTS

This research is supported by the Andalusia Research Program under the project P11-TIC-7486 co-financed by FEDER (European Regional Development Fund-ERDF).

5. REFERENCES

- [1] Asociación Española de Videojuegos (AEVI). <http://www.aevi.org.es> [Último acceso: 21/04/2016]
- [2] Ritterfeld, U., Cody, M., & Vorderer, P. (Eds.). (2009). *Serious games: Mechanisms and effects*. Routledge.
- [3] Game accessibility guidelines. <http://gameaccessibilityguidelines.com> [Último acceso: 21/04/2016].
- [4] Includification. <http://www.includification.com> [Último acceso: 21/04/2016].
- [5] España, Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. (2012). *Buenas prácticas de accesibilidad en videojuegos*. Colección Estudios.
- [6] Bierre, K., Hinn, M., Martin, T., McIntosh, M., Snider, T., Stone, K., & Westin, T. (2004). *Accessibility in games: Motivations and approaches*. White paper, International Game Developers Association (IGDA).
- [7] Huyendo en la Oscuridad (s.f.). <http://www.huyendoenlaoscuridad.com> [Último acceso: 21/04/2016].
- [8] CIDAT (Centro de Investigación, Desarrollo y Aplicación Tiflotécnica) de la ONCE (s.f.). <http://cidat.once.es> [Último acceso: 21/04/2016].
- [9] Mairena, Javier. *Videojuegos Accesibles* [en línea]. Disponible en: <http://www.videojuegosaccesibles.es/> [Último acceso: 21/04/2016].
- [10] Pérez Latorre, Ó. (2011). Géneros de juegos y videojuegos: una aproximación desde diversas perspectivas teóricas. *Comunicación. Revista de recerca i d'anàlisi [abans Treballs de Comunicació]*, 127-146.
- [11] Sánchez, J. G., Zea, N. P., Gutiérrez, F. L., & Cabrera, M. J. (2008). De la Usabilidad a la Jugabilidad: Diseño de Videojuegos Centrado en el Jugador. *Proceedings of Interaccion*, 99-109.
- [12] Frasca, G. (2009). *Juego, Videojuego y Creación de Sentido: Una introducción*. *Comunicación*, Nº 7, Vol.1, PP. 37-44.
- [13] Talleres Creativos de la Universidad de Palermo. *Diseño de Interfaz para videojuegos* [en línea]. Disponible en: http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/escuela_plusde/detalle_actividad.php?id_curso=381 [Último acceso: 21/04/2016].
- [14] El efecto de inmersión en los videojuegos. *Integeneral*. Recuperado de: <http://www.integeneral.com>. [Último acceso: 21/04/2016].
- [15] Manguiron, C. (2011). *Accesibilidad a los videojuegos: estado actual y perspectivas futuras*. *Trans*, 15, dossier 53-67.
- [16] Díez Alegre, M.I. (2013). *La accesibilidad en los videojuegos: una asignatura pendiente*. *Revista Española de Discapacidad*, 1(2): 155-158.
- [17] Chacón, J. (4 de enero de 2011). *Apple publica el primer juego diseñado por un invidente*. *El País*. Recuperado de: http://elpais.com/diario/2011/01/04/radiotv/1294095601_850215.html [Último acceso: 21/04/2016].

Interacción en videojuegos serios

Rafael Prieto de Lope
Centro de Investigación en
Tecnologías de la Información
y de las Comunicaciones
de la Universidad de Granada
C/ Periodista Rafael Gómez
Montero 2, 18014. Spain
rprieto@ugr.es

Nuria Medina-Medina
Centro de Investigación en
Tecnologías de la Información
y de las Comunicaciones
de la Universidad de Granada
C/ Periodista Rafael Gómez
Montero 2, 18014. Spain
nmedina@ugr.es

Josefa Molina López
Departamento de Lenguajes y
Sistemas Informáticos
ETS Ingenierías Informática y
de Telecomunicación
C/Periodista Daniel Saucedo
Aranda s/n, 18071. Spain
pepaml@correo.ugr.es

ABSTRACT

En los últimos años el impacto de los videojuegos serios va en aumento, cada vez son más los trabajos científicos que ponen de relieve las bondades de estos videojuegos en diferentes áreas de aplicación, como la salud, la educación o la empresa entre otras. Sin embargo, no son muchos los esfuerzos centrados en mejorar el diseño. Este trabajo se centra en uno de los aspectos a tener en cuenta en el diseño de videojuegos serios, el tipo de interacción. En el estudio se propone una nueva clasificación para los tipos de interacción. Posteriormente se determinará, haciendo uso de la clasificación propuesta, el tipo de interacción de una muestra de 22 videojuegos serios.

CCS Concepts

•Human-centered computing → HCI theory, concepts and models;

Keywords

Videojuegos; juegos serios; clasificación de la interacción

1. INTRODUCCIÓN

El impacto de los videojuegos serios o *serious games* en la última década es una realidad incuestionable. Algunos trabajos evidencian este auge en términos cuantitativos [9] y es que tanto en el campo de la investigación como en la industria cada vez es mayor el número de artículos que se ocupan de alguna forma de los videojuegos serios, y siguen en crecimiento los millones de euros que mueven anualmente en el mercado. Asociado a este creciente interés debe ser considerado el más amplio conjunto de características que reúnen estos videojuegos frente a los videojuegos no serios, y es que el propósito serio complica un poco más -si cabe- la tarea de diseño. Una de estas características, que por supuesto también está presente en los videojuegos no serios, es la interacción -entendida como la manera en la que los

jugadores interactúan con un videojuego a través de diferentes dispositivos o tecnologías-. A pesar de su aplicabilidad general, la interacción es especialmente clave durante el diseño del juego serio ya que a veces el propósito no lúdico determina el tipo de interacción a usar. Por ejemplo, son varios los estudios donde se exponen las bondades de videojuegos serios enfocados a la rehabilitación de pacientes con diversas lesiones motoras. Estos videojuegos [2, 5, 6] usan o se basan en la tecnología de sensores de movimiento y con otro tipo de interacción no tendrían sentido. Dicho de otro modo, el núcleo de estos videojuegos es la interacción. En los videojuegos no serios la interacción no es una característica destacada o relevante, de hecho según datos extraídos de la Asociación Española de Videojuegos [1], los videojuegos más vendidos en los últimos meses usan como tipo de interacción la estándar, información que en muchos casos ni siquiera facilita la propia compañía que ha desarrollado el videojuego, poniendo de manifiesto la poca relevancia que tendría el tipo de interacción. Este ranking se incluye en el anexo I. El propósito de este artículo es profundizar en la interacción de los videojuegos serios, estableciendo una clasificación que pueda ayudar, sobre todo, a los grupos de interés no técnicos involucrados en el diseño de un videojuego serio, y con ello poder evitar posibles desviaciones en tiempo y coste de futuros proyectos. Esta clasificación se obtiene después de analizar algunos trabajos que detallan una taxonomía para videojuegos serios, donde uno de los criterios es el tipo o estilo de interacción [9, 13], criterio que ha sido ampliado en el presente trabajo. Después de presentar en la sección 2 una categorización de los posibles tipos de interacción, el artículo se estructura como sigue: en la sección 3 se ejemplarizan los tipos definidos en la sección anterior, en la sección 4 se analiza un conjunto de videojuegos serios desde el punto de vista de la interacción, y por último en la sección 5 se establecen las conclusiones y el trabajo futuro.

2. TIPOS DE INTERACCIÓN

La interacción se podría clasificar en función del periférico o dispositivo usado como hacen Laamarti, Eid y Saddik [9] o Rego, Moreira y Reis [13] en sus respectivos trabajos. Sin embargo, en opinión de los autores, el tipo de interacción es algo más que un dispositivo. En un primer nivel de clasificación se puede hablar de interacción activa, interacción estándar o interacción perversiva.

En la *interacción estándar* el jugador utiliza en la gran mayoría de los casos los dedos para controlar el videojuego. Esta interacción contempla dos subcategorías según el usuario

utilice periféricos comunes o periféricos especiales tales como pedales, cascos de realidad virtual, joysticks o guitarras (por ejemplo, en *Guitar Hero*). Respecto a los periféricos comunes la interacción se subdivide en:

- Interacción táctil: se asocia con smartphones y tablets y su manejo táctil, aunque desde no hace mucho, también en ordenadores personales se permite este tipo de interacción.
- Interacción tradicional: probablemente la interacción más habitual donde se controla el videojuego a través de un teclado y un ratón en el caso de los ordenadores personales, y con un mando en el caso de videoconsolas.

En ambos casos, el jugador utiliza las manos para controlar el juego y en la mayor parte de las ocasiones los eventos de los usuarios se realiza después de un point&click en la interacción. De este modo, la interacción point&click es un subtipo de la interacción estándar (compatible con los dos anteriores), donde el jugador utiliza el ratón o directamente sus dedos para hacer clic en los objetos y menús disponibles en el juego. Los videojuegos de aventura gráfica son asociados normalmente con este mecanismo de comunicación.

En la *interacción activa*, el jugador realiza la interacción con el videojuego con su propio cuerpo, para ello hace uso de una serie de dispositivos que utilizan sensores giroscópicos o acelerómetros para captar los movimientos. Un ejemplo de este tipo de interacción serían los *Exergaming* [15], uno de los dispositivos que permite este tipo de interacción es la *Wii* de Nintendo.

Por último, la *interacción pervasiva* es el tipo más reciente en el tiempo, uno de los primeros trabajos que puso de relieve este tipo de interacción fue el estudio de Cheek et al. [4] con el videojuego *Human Pacman*. En este tipo de interacción se persigue integrar el videojuego y el contexto personal del jugador, es decir, una parte importante de la experiencia del videojuego interactúa con objetos del mundo real [8, 10].

En la siguiente imagen (Figura 1) se resume la tipología expuesta para clarificar las diferentes interacciones definidas anteriormente.

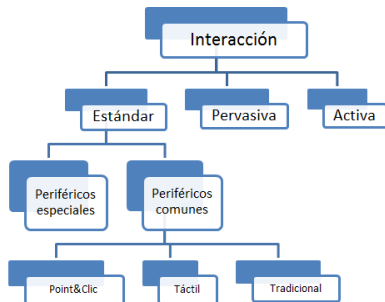


Figure 1: Tipos de interacción.

3. EJEMPLOS DE INTERACCIÓN

3.1 Interacción Estándar. Periféricos comunes

Este tipo de interacción, como cabe esperar, es el más habitual y son muchos los videojuegos serios que usan esta interacción. A continuación algunos ejemplos son discutidos para cada subtipo de interacción estándar.

Uno de los muchos ejemplos de interacción tradicional es *Prog&Play* [11], que es un videojuego serio basado en *Kernel Panic* y desarrollado con el objetivo de practicar la programación informática. El videojuego se puso en práctica dentro del programa docente de ciencias de la computación de la Universidad Paul Sabatier (Francia). El estudio concluyó unos mejores resultados en evaluaciones reales con el grupo de alumnos que se formó a través del videojuego.

Dentro del subtipo de interacción táctil, encontraremos cualquier videojuego serio que se haya desarrollado para smartphone o tablet, por ejemplo, un videojuego llamado *Bejelewed II*. Aún no siendo desarrollado con un fin serio, en el trabajo de Russoniello, O'Brien and Parks [14] se puso de relieve su posible propósito serio, argumentando cómo este videojuego casual conseguía reducir el estrés y mejorar la ansiedad, previniendo con ello posibles problemas en pacientes con enfermedades cardiovasculares o depresión.

Por último, un ejemplo de interacción point&click puede ser el videojuego serio *It's a Deal!* [7], un videojuego destinado a mejorar el inglés empresarial, y que se probó con estudiantes de filología inglesa con diferentes niveles de inglés, obteniendo resultados positivos.

3.2 Interacción Estándar. Periféricos especiales

En el estudio de Qin, Chui, Pang, Choi and Heng [12] se analiza un videojuego cuya área de aplicación es la formación de futuros cirujanos, en concreto, en la importante gestión del sangrado en ciertas intervenciones quirúrgicas. El videojuego *Orthopedic-surgery* simula las herramientas y los materiales utilizados en la cirugía real. Para un manejo similar a cómo sería un caso real, el videojuego incorpora un dispositivo hardware especial y táctil para facilitar la interacción con las herramientas virtuales.

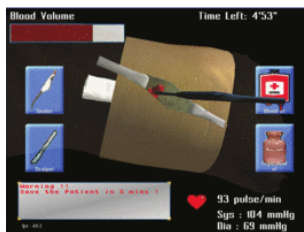


Figure 2: Videojuego *Orthopedic-surgery* (Estándar con periféricos especiales).

Otro trabajo que presenta un videojuego haciendo uso de una interacción con un periférico especial es *Ultrasound Guided* [3] que también pertenece al ámbito de la formación en medicina y cuyo objetivo es la correcta colocación

de una aguja guiada por ultrasonido. Este procedimiento es muy usado en algunas intervenciones radiológicas, como la biopsia, el drenaje linfático o la anestesia local. En este videojuego, la interacción de los jugadores en el mundo virtual se produce mediante un dispositivo háptico (6-DOF) para simular la aguja.

3.3 Interacción Activa

Son varios los ejemplos de este tipo de interacción en los serious games, uno de los más relevantes es el sistema *eBaViR* (easy Balance Virtual Rehabilitation) [6]. Este sistema está basado en la *Wii Balance Board* de Nintendo. Fue diseñado por terapeutas con el fin de mejorar el equilibrio en pacientes con lesiones cerebrales. En el estudio se puso de manifiesto la eficacia de *eBaViR* con varias aplicaciones en 2D y 3D diseñadas por el mismo equipo, los tres videojuegos fueron: *Simon*, *Balloon Breaker* y *Air Hockey*. Como resultado sobre 17 pacientes que utilizaron *eBaViR* fue palpable una mejoría significativa en el equilibrio estático en comparación con los pacientes que se sometieron a la terapia tradicional, también en el equilibrio dinámico se produjo una mejora aunque no significativa.

Otro trabajo que se puede destacar, también aplicado en el área de la rehabilitación, es el trabajo de Burke, McNeill and Charles [2] donde usando la tecnología virtual de Nintendo *Wii*, cámara web y un PC personal se diseñan varios minijuegos para la rehabilitación de los miembros superiores de pacientes con accidentes cerebrovasculares. Uno de los minijuegos desarrollados es *Rabbit Chase*, donde el jugador debe intentar cazar al conejo, el cual se va moviendo entre los diferentes agujeros. Una imagen de este videojuego en acción se muestra en la figura 3. Por último, es importante destacar la adaptación del videojuego, ya que se podrá configurar la velocidad con la que el conejo se mueve.



Figure 3: Videojuego Webcam games. Minijuego *Rabbit Chase* (Activa).

3.4 Interacción Pervasiva

Como se ha mencionado en la sección anterior, uno de los primeros videojuegos que usa la interacción pervasiva es *Human Pacman* [4]. En este videojuego dirigido a niños, los jugadores representan físicamente los personajes del juego. Los movimientos de cada usuario en el mundo físico o real tienen su correspondencia en el mundo virtual, además, los jugadores pueden interactuar entre ellos, así como colaborar a través de mensajes. Se usa como tecnología equipos

portátiles personales, dispositivos bluetooth y una red LAN. Un ejemplo de interacción podría ser cuando un jugador con el rol de fantasma quiere devorar a otro jugador con rol de personaje principal, para ello se deberá producir un contacto físico en el mundo real donde el jugador-fantasma toca en el hombro al jugador-personaje principal.

Otro ejemplo de videojuego pervasivo es *Hearbeat* [10], en este videojuego también dirigido a niños, cada jugador lleva consigo un dispositivo portátil que incorpora un GPS y el videojuego consiste en crear dos equipos, uno denominado equipo defensor y otro equipo atacante. En un escenario real, el equipo defensor procede a esconderse y dispone de 30 segundos para ello, el objetivo del equipo atacante será localizar a cada uno de los defensores, en especial, a uno de ellos al cual se le asigna un tesoro. Si el equipo atacante logra en un tiempo de cuatro minutos encontrar al defensor que tiene el tesoro habrá ganado la partida, en caso contrario gana el equipo defensor.



Figure 4: Videojuego *Hearbeat* (Pervasivo).

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

En la sección anterior se han seleccionado algunos ejemplos de los tipos de interacción definidos en la sección 2, pero para poner a evaluar la idoneidad de la clasificación presentada se ha decidido categorizar una muestra más amplia de videojuegos serios. Para ello se ha realizado una búsqueda en la base de datos científica Web of Science usando como palabra clave *serious game* y añadiendo un filtro para que la fecha sea posterior al año 2007. Se ha elegido ese año porque en el estudio de Wouters, Van Nimwegen, Van Oostendorp y Van Der Spek [16] se pone de manifiesto que la mayoría de trabajos (54%) sobre serious game se aglutina desde esa fecha hasta 2012.

El resultado de la búsqueda supera los 3000 artículos, en concreto, 3140. A continuación, se han aplicado dos filtros más, que el idioma sea el inglés y que el área de investigación sea *computer science*. El número de trabajos queda reducido a 1226. Por último, los trabajos son ordenados de mayor a menor en función del número de citas que tengan para su posterior análisis, donde el principal objetivo es buscar artículos que detallen o describan un videojuego serio. Actualmente se han revisado los 65 artículos más citados, los cuales describen un total de 22 videojuegos serios diferentes. Todo este proceso queda esquematizado en la figura 5. La tabla del anexo I recoge la clasificación, indicando el tipo de interacción junto con el nombre del videojuego serio.

Como se puede observar, la mayoría de videojuegos usan interacción estándar (14), siendo la más habitual la interacción con periféricos comunes (12). Por su parte, la interacción activa está presente en 8 videojuegos. En la figura 6 se muestra la distribución de los diferentes tipos de interacción. Destacar la ausencia hasta ahora de interacción pervasiva en

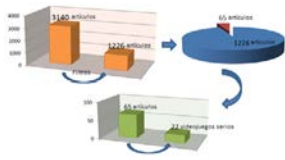


Figure 5: Proceso de búsqueda de videojuegos serios.

la muestra analizada.

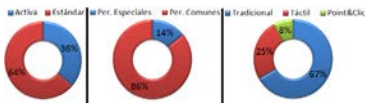


Figure 6: Estadísticas de la muestra sobre los diferentes tipos de interacción.

5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En el artículo se ha propuesto una clasificación de los diferentes tipos de interacción aplicables en videojuegos, especialmente significativa para juegos serios. Los autores consideran que establecer una clasificación de este tipo puede ser beneficioso durante la primeras fases del diseño, ya que grupos de interés y participantes en el desarrollo del juego podrán tener una perspectiva comprensiva de las posibilidades que existen. Esta categorización ofrece al equipo no técnico (pedagogos, médicos, etc.) una visión general que muchas veces no logra alcanzar debido a su falta de formación TIC.

La clasificación reconoce tres tipos principales de interacción: activa, pervasiva y estándar. La interacción estándar se estructura en subtipos según se usen periféricos comunes (interacción tradicional, interacción táctil e interacción point&click) o periféricos especiales. Como trabajo futuro se prevee continuar ampliando la muestra de análisis para llegar a una cifra estadísticamente más representativa; además de estudiar la posibilidad de ampliar la tipología propuesta para detectar interrelaciones de la interacción con otras características de diseño.

6. AGRADECIMIENTOS

This research is supported by the Andalusian Research Program under the project P11-TIC-7486 cofinanced by FEDER.

7. REFERENCES

[1] AEV. <http://www.aev.org.es/la-industria-del-videojuego/los-videojuegos-mas-vendidos/>, June 8, 2016.
 [2] J. W. Burke, M. McNeill, D. Charles, P. J. Morrow, J. Crosbie, and S. McDonough. Serious games for upper limb rehabilitation following stroke. In *Games and Virtual Worlds for Serious Applications, 2009. VS-GAMES'09. Conference in*, pages 103–110. IEEE, 2009.

[3] W.-Y. Chan, J. Qin, Y.-P. Chui, and P.-A. Heng. A serious game for learning ultrasound-guided needle placement skills. *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on*, 16(6):1032–1042, 2012.
 [4] A. D. Cheok, K. H. Goh, W. Liu, F. Farbiz, S. W. Fong, S. L. Teo, Y. Li, and X. Yang. Human pacman: a mobile, wide-area entertainment system based on physical, social, and ubiquitous computing. *Personal and ubiquitous computing*, 8(2):71–81, 2004.
 [5] V. A. Fogel, R. G. Miltnerberger, R. Graves, and S. Koehler. The effects of exergaming on physical activity among inactive children in a physical education classroom. *Journal of applied behavior analysis*, 43(4):591–600, 2010.
 [6] J.-A. Gil-Gómez, R. Lloréns, M. Alcáñiz, and C. Colomer. Effectiveness of a wii balance board-based system (ebavir) for balance rehabilitation: a pilot randomized clinical trial in patients with acquired brain injury. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 8(1):1, 2011.
 [7] V. Guillén-Nieto and M. Aleson-Carbonell. Serious games and learning effectiveness: The case of itÁZsa deal! *Computers & Education*, 58(1):435–448, 2012.
 [8] A. Gustafsson, C. Katzoff, and M. Bang. Evaluation of a pervasive game for domestic energy engagement among teenagers. *Computers in Entertainment (CIE)*, 7(4):54, 2009.
 [9] F. Laamarti, M. Eid, and A. E. Saddik. An overview of serious games. *International Journal of Computer Games Technology*, 2014:11, 2014.
 [10] R. Magielse and P. Markopoulos. Heartbeat: an outdoor pervasive game for children. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 2181–2184. ACM, 2009.
 [11] M. Muratet, P. Torguet, F. Viallet, and J.-P. Jessel. Experimental feedback on prog&play: a serious game for programming practice. In *Computer Graphics Forum*, volume 30, pages 61–73. Wiley Online Library, 2011.
 [12] J. Qin, Y.-P. Chui, W.-M. Pang, K.-S. Choi, and P.-A. Heng. Learning blood management in orthopedic surgery through gameplay. *Computer Graphics and Applications, IEEE*, 30(2):45–57, 2010.
 [13] P. Rego, P. M. Moreira, and L. P. Reis. Serious games for rehabilitation: A survey and a classification towards a taxonomy. In *Information Systems and Technologies (CISTI), 2010 5th Iberian Conference on*, pages 1–6, 2010.
 [14] C. V. Russoniello, K. O'Brien, and J. M. Parks. Eeg, hrv and psychological correlates while playing bejeveled ii: A randomized controlled study. *Stud Health Technol Inform*, 144:189–92, 2009.
 [15] S. Sanders and L. Hansen. Exergaming: New directions for fitness education in physical education. *Policy Brief, University of South Florida, College of Education, David C. Anchin Center*, 2008.
 [16] P. Wouters, C. Van Nimwegen, H. Van Oostendorp, and E. D. Van Der Spek. A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games. *Journal of Educational Psychology*, 105(2):249, 2013.

ANEXO I

Ranking de videojuegos más vendidos (03/16)

| Videjuego | Tipo de interacción |
|------------------------------|--|
| Tom Clancy's The Division | Estándar (Per. Comunes>Tradicional) |
| Far Cry Primal | Estándar (Per. Comunes>Tradicional) |
| Pokken Tournament | Estándar (Per. Especiales) |
| Call of Duty: Black Ops III | Estándar (Per. Comunes>Tradicional) |
| Fifa 2016 | Estándar (Per. Comunes>Tradicional Táctil) |
| Grand Theft Auto V | Estándar (Per. Comunes>Tradicional) |
| Pokemon Mundo Megamisterioso | Estándar (Per. Comunes>Tradicional) |
| EA Sports UFC 2 | Estándar (Per. Comunes>Tradicional) |
| Hyrule Warriors Legends | Estándar (Per. Comunes>Tradicional) |

Ranking de videojuegos más vendidos (04/16)

| Videjuego | Tipo de interacción |
|-----------------------------|--|
| Ratchet & Clank | Estándar (Per. Comunes>Tradicional) |
| Dark Souls III | Estándar (Per. Comunes>Tradicional) |
| Mario & Sonic:Río 2016 | Estándar (Per. Comunes>Tradicional) |
| Fifa 2016 | Estándar (Per. Comunes>Tradicional Táctil) |
| Call of Duty: Black Ops III | Estándar (Per. Comunes>Tradicional) |
| Dark Souls III-Apocalypse | Estándar (Per. Comunes>Tradicional) |
| Dirty Rally Legend Edition | Estándar (Per. Comunes>Tradicional) |
| Grand Theft Auto V | Estándar (Per. Comunes>Tradicional) |
| Yo-Kai Watch | Estándar (Per. Comunes>Tradicional) |
| Far Cry Primal | Estándar (Per. Comunes>Tradicional) |

Tipos de interacción en los videojuegos serios

| Videjuego serio | Tipo de interacción |
|---------------------|-------------------------------------|
| Bejeweled II | Estándar (Per. Comunes>Táctil) |
| Childhood obesity | Activa |
| Dance games | Activa |
| Drugs and the Brain | Estándar (Per. Comunes>Tradicional) |
| EbaViR | Activa |
| eMed-Office | Estándar (Per. Comunes>Tradicional) |
| eScape | Estándar (Per. Comunes>Tradicional) |
| It's a Deal! | Estándar (Per. Comunes>Point&Clic) |
| MINWii | Activa |
| NIU-Torcs | Estándar (Per. Comunes>Tradicional) |
| Orthopedic-surgery | Estándar (Per. Especiales) |
| PlayMancer | Estándar (Per. Comunes>Tradicional) |
| Prog&Play | Estándar (Per. Comunes>Tradicional) |
| Re-Mission | Estándar (Per. Comunes>Táctil) |
| Time After Time | Estándar (Per. Comunes>Tradicional) |
| Triage trainer | Estándar (Per. Comunes>Tradicional) |
| Tux Racer | Estándar (Per. Comunes>Táctil) |
| Ultrasound Guided | Estándar (Per. Especiales) |
| VR games | Activa |
| VRBT | Activa |
| VRWii | Activa |
| Webcam games | Activa |

IPO & Gamificación, Videojuegos y Serious Games (II)

Gamificación y entrenamiento cognitivo en personas mayores: una aproximación basada en “crowdsourcing”

Alberto Mora
Estudis d'Informàtica, Multimedia i
Telecomunicació
Universitat Oberta de Catalunya
Barcelona, España
+34 934 81 72 72
amoraca@uoc.edu

Carina González
Departamento de Ingeniería
Informática y Sistemas
Universidad de La Laguna
La Laguna, España
+34 922 31 82 84
cjgonza@ull.edu.es

Joan Arnedo-Moreno
Estudis d'Informàtica, Multimedia i
Telecomunicació
Universitat Oberta de Catalunya
Barcelona, España
+34 934 81 72 72
jarnedo@uoc.edu

Alexis Álvarez
Departament d'Innovació i Nous
Negocis
Grupo ICA
Barcelona, España
+34 93 452 02 65
alexis.alvarez@grupoica.com

ABSTRACT

El deterioro cognitivo es una seria preocupación para las sociedades más avanzadas. Las investigaciones actuales se centran especialmente en un enfoque preventivo, cuyo objetivo es retrasar lo más posible la aparición de los primeros síntomas. Las estrategias terapéuticas actuales se basan en completar de manera regular diversas tareas de manera monótona, convirtiéndose en una rutina para los individuos, lo que suele conllevar a su abandono en un corto período de tiempo. La gamificación surge como una técnica eficaz en el ámbito del cuidado de la salud y el bienestar, mediante la utilización de los elementos propios de diseño de juegos con una finalidad motivacional. Este trabajo presenta *Preventive Neuro Health* (PNH), una herramienta diseñada con un enfoque *crowdsourcing* para la prevención del deterioro cognitivo de las personas de edad avanzada y que implementa elementos que habilitan una personalización tanto desde las perspectiva terapéutica como motivacional.

Keywords

Gamificación, personalización, salud, cognición, prevención, personas mayores, *crowdsourcing*.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la demencia se ha convertido en una gran preocupación en los países industrializados (Prince et al., 2013). Se presenta como un síndrome, generalmente de naturaleza crónica o progresiva, en la que las funciones cognitivas del individuo se deterioran más allá de las expectativas normales de envejecimiento. Este síndrome se caracteriza generalmente por el deterioro de la memoria, el pensamiento, el comportamiento y la capacidad de realizar actividades cotidianas, a menudo acompañados o precedidos, por el deterioro del control emocional, la conducta social y la motivación. El desarrollo de intervenciones dinámicas a través del uso de herramientas de entrenamiento y estimulación pueden preservar la función cognitiva y también ayudan a mantener la calidad de vida e independencia del individuo. Sin embargo, diversos estudios revelan un problema: se basan en un conjunto de tareas estudiantales y monótonas.

En consecuencia, estas características parecen conducir a una reducción en el uso por parte de los individuos, lo que conlleva

una reducción de su efectividad y finalmente, al abandono. La motivación continua en el ámbito salud suele estar impulsada por resultados tangibles y rápidos, pero en el ámbito cognitivo, las mejoras cognitivas suelen aparecer muy lentamente, suponiendo un desaliento para el individuo. De esta manera, mediante el uso de la gamificación, entendida como una técnica basada en el uso de elementos de juegos y principios de diseño en contextos no lúdicos (Werbach & Hunter, 2012) se pretende motivar a los individuos a lograr unos objetivos terapéuticos, siendo muy adecuada para hacer frente a problemática descrita. En este artículo se presenta el concepto de gamificación y su aplicación a una herramienta gamificada bajo un enfoque colaborativo.

2. BACKGROUND

En los últimos años, gran interés ha suscitado cómo poder aumentar la adherencia y la eficacia de este tipo de intervenciones a través de la gamificación, detectándose una mayor pérdida de motivación en los casos en los que no existe un contacto diario con los profesionales de la salud (Lumsen, Edwards, & Munafò, 2016). A su vez, la gamificación puede ser un gran motivador, pero también puede resultar abrumadora para ciertos conjuntos demográficos en este caso el de las personas mayores.

Lamentablemente, muchas iniciativas de gamificación están proponiendo diseños únicos para todos los individuos, haciendo especialmente hincapié en el uso de puntos, insignias y tablas de clasificación, como una forma simplificada (PBL) para motivar a los individuos. Los resultados muestran que la mayoría de estas propuestas no están alcanzados sus objetivos, más allá de lo que aporta la novedad del corto plazo a los aspectos motivacionales. La aplicación de un proceso formal de diseño supone ser un camino para lograr los objetivos (Mora, Riera, Gonzalez, & Arnedo-Moreno, 2015) y en el que se deben tener en cuenta todos aquellos elementos que posibiliten un cierto grado de personalización (Gonzalez, Toledo, & Muñoz, 2016).

Previo a este proceso de diseño, se lleva a cabo una revisión exhaustiva de la literatura, complementada con un análisis de las soluciones comerciales de entrenamiento cognitivo disponibles en el mercado que incorporan gamificación. Los resultados muestran que las principales soluciones están implementando diseños gamificados “poco recomendables” para el colectivo de personas

mayores, a raíz del conocimiento extraído de los estudios previos, así como una cierta carencia de los elementos de diseño relevantes. A continuación se presenta cómo se ha concebido una herramienta cognitiva colaborativa aplicando técnicas de gamificación

3. DESCRIPCIÓN

Preventive Neuro Health (PNH) es una herramienta gamificada bajo un enfoque colaborativo para la prevención del deterioro cognitivo en personas mayores sanas o en las primeras etapas de la demencia, que no requiere supervisión clínica. No es necesario partir un diagnóstico neuropsicológico inicial; su uso puede ser autónomo e incluso compartido con el médico de familia o gerontólogo. La herramienta consta de un total de 42 ejercicios de estimulación cognitiva, diseñado por neuropsicólogos, que abarca los siguientes seis funciones cognitivas: atención, memoria, funciones ejecutivas, orientación, agnosias y apraxias. El diseño de los ejercicios de estimulación cognitiva se basa en el Conocimiento clínico obtenido en *Guttmann Neuro Personal Training* (GNPT)¹ herramienta (para la rehabilitación cognitiva), que ha involucrado a más de 2.000 pacientes, proporcionando una rigurosa base de conocimiento clínico.

Partiendo de esta base, y con el fin de motivar a los individuos a efectos de adherencia a largo plazo en el entrenamiento cognitivo, se propone agregar una "capa" de gamificación, mediante una versión actualizada del marco de diseño (Mora, Zaharias, González, & Arnedo-Moreno, 2015) y teniendo en cuenta los conocimientos adquiridos a partir de la literatura sobre las experiencias con gamificación con personas mayores. Teniendo en cuenta el presente alcance, motivar a las personas mayores a través de un entorno colaborativo inspirado en el *crowdsourcing* supone una aproximación factible, diversos estudios ya lo demuestran (Choi, Choi, So, Lee, & You, 2014). Por tanto, se plantean los objetivos motivacionales desde esta perspectiva:

- Fomentar el uso regular de la herramienta (con la finalidad de crear un hábito).
- Fomentar el esfuerzo (tener gran interés en la realización de los ejercicios).
- Fomentar los logros sociales en un entorno colaborativo (crear una comunidad influyente de entrenamiento).

En cuanto a la usabilidad de la herramienta, la interfaz de usuario ha sido concebida desde una perspectiva de Diseño Centrado en el Usuario (DCU) hacia la tecnología multi-táctil para dispositivos móviles (no se limita a PC o portátiles, pero no se recomienda su uso) mediante de un enfoque totalmente *responsive*. Este proceso ha sido desarrollado bajo los principios de usabilidad adaptados al tipo de usuario (personas mayores) y se enumeran a continuación: simplicidad, legibilidad, reconocimiento de patrones, ayuda y documentación, y flujo funcional. Desde el punto de vista de la arquitectura, la herramienta está basada Web (HTML5), desarrollada mediante el *framework* Django², hacia las funcionalidades de la personalización, incluyendo los siguientes módulos: planificador automático, motor de gamificación, registro de interacción, gestor de información y generador de ejercicios.

4. CONCLUSIONES

Este artículo presenta una herramienta cognitiva gamificada para la prevención de la demencia. Se compone de un amplio conjunto de tareas de carácter terapéutico, cuyo objetivo es minimizar el

impacto del deterioro cognitivo en las actividades diarias, provista de una capa de gamificación a efectos de adherencia y de motivación a largo plazo. El diseño de la gamificación ha sido realizado mediante un marco basado en el Diseño Centrado en el Usuario y la aplicación de los elementos de juegos más adecuados para los adultos mayores, sin olvidar los principios de usabilidad. Se ha propuesto un entorno colaborativo a través de un enfoque *crowdsourcing* dada su idoneidad en este colectivo. Se ha llevado a cabo una revisión sobre cómo diferentes experiencias similares han sido desarrolladas, así como los resultados obtenidos. A modo complementario, se realizó un análisis de las soluciones comerciales disponibles. Como un trabajo futuro, se prevé realizar un estudio piloto durante 3 meses a comienzo del año 2017, en dos fases: en primer lugar, un estudio de usabilidad con los adultos mayores sobre esta herramienta y una validación del diseño de la capa de gamificación. Para ello se realizará un estudio comparativo entre grupos aleatorios de personas mayores sanas: uno de ellos interactuando con la versión gamificada de la herramienta y la otra, con una versión no gamificada.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado en parte por la Agencia de Gestión de Ayudas Universitarias y de Investigación (Generalitat de Catalunya) a través del programa de Doctorado Industrial 2014-DI-006 y el Gobierno español, mediante el proyecto TIN2013-45303-P "TIC-FLAG" y en colaboración con Grupo ICA Barcelona.

6. REFERENCIAS

- Choi, J., Choi, H., So, W., Lee, J., & You, J. (2014). A Study about Designing Reward for Gamified Crowdsourcing System. In *Design, User Experience, and Usability* (pp. 678-687). Springer International.
http://doi.org/10.1007/978-3-319-07626-3_64
- Gonzalez, C., Toledo, P., & Muñoz, V. (2016). Enhancing the Engagement of Intelligent Tutorial Systems through Personalization of Gamification. *International Journal of Engineering Education (IJEE)*, 32(1), 532-541.
- Lumsen, J., Edwards, E., & Munafò, M. (2016). Gamification of cognitive assessment and cognitive training: A systematic review of applications, approaches and efficacy. In *2nd Behaviour Change Conference: Digital Health and Wellbeing*.
<http://doi.org/10.3389/conf.FPUBH.2016.01.00039>
- Mora, A., Riera, D., Gonzalez, C., & Arnedo-Moreno, J. (2015). A literature review of gamification design frameworks. In *Proceedings of 7th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-Games)* (pp. 1-8). IEEE. <http://doi.org/10.1109/VSS-GAMES.2015.7295760>
- Mora, A., Zaharias, P., González, C., & Arnedo-Moreno, J. (2015). FRAGGLE: a Framework for Agile Gamification of Learning Experiences. In *Games and Learning Alliance conference (GALA 2015)*.
- Prince, M., Bryce, R., Albanese, E., Wimo, A., Ribeiro, W., & Ferri, C. P. (2013). The global prevalence of dementia: A systematic review and metaanalysis. *Alzheimer's & Dementia*, 9(1), 63-75.
<http://doi.org/10.1016/j.jalz.2012.11.007>
- Werbach, K., & Hunter, D. (2012). *For the win: How game thinking can revolutionize your business*. Wharton Digital Press.

¹ <https://www.gnpt.es/>

² <https://www.djangoproject.com/>

Principios de Diseño de Juegos Serios para la Enseñanza de Lectoescritura para Niños con Discapacidad Auditiva

Sandra Cano
Universidad San Buenaventura
Colombia, Grupo LIDIS
Sandra.cano@gmail.com

César A. Collazos
Universidad del Cauca
Colombia, Grupo IDIS
ccollazo@unicauca.edu.co

Cristina Manresa
Universidad Illes Balears
España, Unidad de Gráficos, Visión
por Ordenador e IA
cristina.manresa@uib.es

Jaime Muñoz Arteaga
Universidad Autónoma de
Aguascalientes, México
jmauaa@gmail.com

Victor Peñero
Universidad San Buenaventura
Colombia, Grupo LIDIS
vmpenory@usbcali.edu.co

RESUMEN

Hoy en día hay un gran interés en emplear los juegos digitales en la educación, ya que un juego muestra efectos positivos en los niños. Esta podría ser una alternativa para el docente como una estrategia de enseñanza lúdica. Sobre todo en niños con discapacidad auditiva, que tienen grandes desafíos en el aprendizaje de la lectoescritura, y un juego podría ser una manera de motivarlo. Sin embargo, el diseño de un juego serio para niños con discapacidad auditiva involucra un conjunto de principios que se deben considerar. A partir de un conjunto de actividades que se realizan con los niños con discapacidad auditiva, se identifican un conjunto de principios existentes, y se listan otros a través de la recolección de información. Estos principios se aplican luego en el diseño de un juego serio llamado "lectoescritura con Fitzgerald". Este juego es evaluado, con resultados positivos, con niños con implante coclear y muestra que puede ser útil para el docente como recurso lúdico en el aula.

Categorías y Descriptores

H5.m. [Information interfaces and presentation] (e.g HCI): User Interfaces

Términos generales

Factores Humanos, Diseño

Palabras claves

Juegos serios, niños con discapacidad auditiva, principios de diseño, lectoescritura.

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día hay un gran interés en emplear los juegos digitales en la educación, ya que un juego puede mostrar efectos positivos en los niños. Además para los docentes, puede ser una alternativa como una estrategia de enseñanza para el niño [27]. Un juego serio tiene un propósito más allá del entretenimiento [15], por lo que están siendo incluidos en el contexto de uso educativo. Sin embargo, el diseño de un juego serio debe establecer un equilibrio entre el entretenimiento y la pedagogía.

El diseño de productos interactivos centrados en los niños

representa un gran reto, debido a sus preferencias, habilidades y comportamientos propios que difieren de los adultos. Especialmente es crítico el diseño, si los niños tienen alguna discapacidad [28], como auditiva. El diseño de un juego serio no está enfocado solamente en el diseñador, sino en un grupo multidisciplinario formado por psicólogos, docentes, expertos en Interacción Persona-Ordenador (IPO), entre otros, que sirven de apoyo para identificar aspectos y necesidades del niño en el ámbito social, cultural y educativo.

Estudios como [4][5][6], afirman que los juegos no solo satisfacen necesidades de entrenamiento, también pueden contribuir en su desarrollo cultural, social y emocional. Por lo que, un juego puede servir de apoyo en el desarrollo físico y cognitivo del niño, requiere tener en cuenta un conjunto de aspectos que ayuden a establecer una comunicación con el niño a través de un entorno interactivo.

En este trabajo se realiza una recopilación de investigaciones y recolección de datos con los niños con discapacidad auditiva, con el objetivo de seleccionar y proponer un conjunto de principios de diseño de juegos serios para niños con discapacidad auditiva.

El artículo tiene la siguiente estructura. En la sección 2, se describe el problema al cual se enfrentan los docentes en el proceso de enseñanza/aprendizaje de la lectoescritura para niños con discapacidad auditiva. En la sección 3, se mencionan algunas investigaciones relacionadas con principios de diseño para el diseño de productos orientados a niños. En la sección 4, se presenta la propuesta de principios de diseño de juegos serios para la enseñanza de la lectoescritura para niños con discapacidad auditiva. En la sección 5, se describe un caso de estudio donde se aplican los principios de diseño. En la sección 6, una evaluación aplicada. Por último se presentan algunas conclusiones y trabajos futuros.

2. PROBLEMÁTICA

Los niños con discapacidad auditiva se enfrentan a grandes desafíos durante el proceso de aprendizaje, y las estrategias de enseñanza son diferentes para un niño sordo que no tiene ayudas

auditivas, o para un niño con implante coclear¹, cuyo objetivo es aprender a escuchar.

Los niños con discapacidad auditiva pueden tener diferentes estrategias de aprendizaje dependiendo de si tienen o no implante, o de su sistema de comunicación. Es decir, el niño que tiene implante coclear, debe aprender a reconocer cada uno de los sonidos que compone una palabra, por lo que los docentes se orientan en una estrategia de enseñanza, donde el niño debe aprender primero a identificar cada uno de los sonidos que forman una palabra, para luego reconocer visualmente cada fonema. Este método es llamado método invariante [29]. Por otro lado, están los niños que tienen un sistema de comunicación a través de la lengua de señas. Ellos deben aprender a relacionar los conceptos por medio de pictogramas, por lo que su memoria es visual. Uno de los mayores retos que tienen es memorizar visualmente los conceptos de cada una de las palabras, pero se les dificulta cuando son palabras muy largas para escribirlas correctamente. Las palabras forman una oración por lo que ellos deben aprender a estructurar una oración y su significado, y los docentes les ayudan usando códigos de colores para identificar su estructura. Muchos de ellos, se han basado en un método de enseñanza llamado clave de Fitzgerald [25], que incorpora un código lingüístico de representación visual, haciendo uso de códigos de colores a manera de preguntas. Estos códigos son tarjetas de preguntas que contienen esquemas de preguntas, 'como, que, cuando', 'cuantos', para representar un objeto directo de la oración. Sin embargo, ellos también se apoyan del lenguaje dactilológico como una manera ortográfica para la escritura de las palabras. Los docentes a su vez se enfrentan a problemas cuando no tienen suficiente material como recurso lúdico para motivar al niño, lo cual les toca invertir más tiempo para diseñar elementos en papel que les permita trabajar con los niños de manera lúdica.

3. TRABAJOS RELACIONADOS

Se ha realizado una búsqueda de trabajos relacionados con principios para el diseño de interfaces interactivas para niños. Algunas se han orientado a niños con necesidades especiales, como el caso del proyecto TERENCE[1], un juego serio para niños sordos, donde se analiza algunos factores como aspectos a tomar en cuenta, en: palabras, atención visual, interacción social, nivel de atención y memoria a corto plazo en un contexto de uso, como la lectoescritura. Para construir las guías se han basado en el modelo de evidencia-basado en diseño (Evidence-Based Design) y el Diseño Centrado en el Usuario. En [3] se propone unas guías de diseño para niños a partir de un análisis realizado en el desarrollo del niño en tres áreas: cognitiva, física y mental/emocional. Para cada área propone un conjunto de principios a considerar en el diseño, algunos son: interfaces con fuerte contenido visual, pero sin aumentar la carga cognitiva, mensajes presentados de acuerdo a la edad, mensajes o ayudas fáciles de comprender y recordar, iconos comprensibles, entre otros. Canteri et al. [7] proponen un modelo de juegos educativos para niños sordos. El modelo se encarga de identificar 31 guías orientadas en el diseño e implementación de juegos educativos. Algunas son: (1) cuando se planean un juego educativo es necesario primero definir que quiere el diseñador y que quiere

¹ Producto de alta tecnología que consiste en un transductor que transforma señales acústicas en señales eléctricas que estimulan el nervio auditivo. Estas señales son procesadas mediante las diferentes partes que forman el implante coclear, algunas de las cuales se colocan en el interior del cráneo y otras en el exterior.

enseñar el docente, (2) definición clara de los objetivos y que tengan asociaciones con lo que se va enseñar, (3) los juegos deben tener tutoriales de cómo jugarlos, entre otros. Estas guías están agrupadas en 3 categorías: interfaces, mecánicas del juego y contenido educacional. En 1998 Norman [14], propuso unos principios de diseño, como: visibilidad, permisividad, retroalimentación, restricciones, consistencia y mapeo. Por otro lado, Nielsen[13], propone otros principios orientados a la usabilidad de un producto, como: Reconocer antes que recordar, encajar el sistema al mundo real, control y libertad del usuario, prevención de errores, ayudar a descubrir y recuperarse de errores, proveer información del estado del sistema y proveer solo información necesaria, flexibilidad para lograr eficiencia, proveer ayuda y documentación. Mientras que Mich[9] propone 9 preguntas que servirán de apoyo académico, para presentar un test de evaluación con el niño.

Diseñar un juego serio para niños ya es un reto, debido a que sus intereses y comportamientos son diferentes y más aún un niño con discapacidad auditiva, debido a que necesita de otros canales de comunicación y estrategias de aprendizaje que le permitan comprender la lectoescritura. Un juego serio involucra dos escenarios, el del entretenimiento y el educativo, y las guías que se proponen toman en cuenta ambos escenarios en base a las necesidades del niño.

4. MODELO PROPUESTO

4.1 Procedimiento

En estudios realizados [30] se ha encontrado que la duración para una evaluación con los niños con discapacidad auditiva es alrededor de 30 a 40 minutos, debido a que la capacidad de atención de un niño es muy corta. Basados en estos estudios, se ha realizado un conjunto de actividades que no tienen una duración mayor a 30 minutos, donde se interactúa con niños de diferentes edades y cursos académicos, con el propósito de identificar varias necesidades en ellos. Algunas de las actividades consisten en seleccionar un conjunto de juegos orientados a dispositivos móviles para la enseñanza de la lectoescritura, sin importar si éstos están destinados solo a niños oyentes. Debido a que la mayoría de las aplicaciones con las que trabajan los docentes no están destinadas a niños con dificultades auditivas, pero las usan dentro de sus áreas como material de apoyo para la enseñanza.

Para proponer las diferentes guías de diseño para niños con discapacidad auditiva, se analiza diferentes características en las interfaces, como: modos de comunicación, métodos de entrada, tareas, apariencia (textos, colores, tipo de letra y navegación), entre otros.

A partir de un conjunto de actividades realizadas con niños con discapacidad auditiva, donde se integraron tanto juegos en papel, como juegos digitales en el área de la educación y salud, se han identificado diferentes aspectos para el diseño de juegos serios.

Se aplicaron diferentes métodos de evaluación, con el fin de identificar aspectos en el niño y evaluar la experiencia al interactuar con un producto relacionado en un contexto de uso, como la lectoescritura. Los métodos que se aplicaron fueron: entrevistas, observación directa, intervención de dibujo (drawing intervention) [11] y Fun Toolkit[12]. Para evaluar en cada niño la interacción con la tecnología se apoyo de unos instrumentos de evaluación con el objetivo de evaluar la usabilidad, experiencia de usuario y aspectos relacionados con el niño.

4.2 Participantes

Se ha trabajado con 8 niños con implante coclear del Instituto Niños Ciegos y Sordos del Valle del Cauca, Colombia entre 5 a 11 años de cursos de pre-jardín, jardín y primero, de los niños evaluados hay una niña que cuyo sistema de comunicación es la lectura labio-facial. En USAER (Unidades de Servicios de Apoyo a la Educación Regular) Aguascalientes, México, 6 niños sordos incluidos en la escuela regular, edades entre 12 a 15 años (4 con pérdida audición profunda, 1 con pérdida severa y uno con ayuda auditiva con TDAH). El Instituto de Terapia Especial de Sentidos (ITES)- Club Leones, Cali- Colombia, niños entre 6 a 10 años de edad, cuyo canal de comunicación es la lengua de señas. Se trabajaron con (3) docentes, quienes ayudaron durante todo el proceso para interactuar con los niños, así como informar acerca de los intereses o necesidades de los niños, y los psicólogos para informarnos sobre el desarrollo de las competencias cognitivas en los niños sordos.

En la Figura 1 y Figura 2, se muestra diferentes actividades que se han realizado con los niños con discapacidad auditiva, con el propósito de evaluar los procesos cognitivos, interés y comportamientos. La recolección de datos, registros fotográficos y videos se han tomado bajo el consentimiento de los padres de familia de estos niños.



Figura 1. Usando el método de evaluación Drawing Intervention con los niños de pre-jardín y transición en el Instituto de Niños Ciegos y Sordos del Valle del Cauca- Colombia.

Se aplicaron diferentes métodos de evaluación, con el fin de identificar aspectos en el niño y evaluar la experiencia al interactuar con un producto relacionado en un contexto de uso, como la lectoescritura. Los métodos que se aplicaron fueron: entrevistas, observación directa, intervención de dibujo (Drawing Intervention) [11] y Fun Toolkit[12]. Para evaluar en cada niño la interacción con la tecnología se apoyo de unos instrumentos de evaluación con el objetivo de evaluar la usabilidad, experiencia de usuario y aspectos relacionados con el niño.



Figura 2. Usando la observación directa a partir de realizar un conjunto de actividades con los Niños de la USAER, Aguascalientes – México.

A partir de la información recolectada, se analiza diferentes aspectos orientados a educación, mecánicas del juego e interfaces, a su vez considerando que cada uno de estos aspectos puede afectar el desarrollo cognitivo y social del niño.

4.3 Principios de diseño

A partir de la información recolectada, se analiza diferentes aspectos orientados a la educación, mecánicas del juego e interfaces, a su vez considerando que cada uno de estos aspectos puede afectar el desarrollo físico, cognitivo y social del niño físico.

Se describen diferentes aspectos que se han identificado y seleccionado de investigaciones previas realizadas en áreas de IPO, psicología y educación y experiencias realizadas al interactuar con los niños con discapacidad auditiva [31].

Los principios de diseño que se han propuesto están agrupados en tres categorías: educación, mecánicas del juego y perfil del usuario. Se ha seguido un proceso, como se muestra en la Figura 3, donde se comienza con adquirir información acerca del niño, ya sea de fuentes, métodos de evaluación y áreas evaluadas en los procesos cognitivos, como: percepción, memoria, orientación espacial y lenguaje. Una vez aplicado los diferentes elementos para obtener información acerca del niño se obtienen unos resultados cualitativos y cuantitativos, donde se realiza un análisis y de acuerdo a ello se definen los principios orientados a la educación, mecánicas del juego y perfil del niño.



Figura 3. Método aplicado para seleccionar los principios de diseño.

A. Educación – lectoescritura

En el área de lectoescritura, los niños deben aprender y escribir para poder comunicarse con la sociedad. La lectoescritura, es un proceso de reconocimiento que puede hacerse por dos rutas, una ruta ortográfica (directa) y una ruta fonológica (indirecta) [22]. Los procesos de reconocimiento de palabras que se llevan a cabo con los niños con discapacidad auditiva son diferentes de los niños oyentes, por lo que los docentes hacen uso de estrategias y estilos de aprendizaje adaptados a las competencias del niño.

Usualmente, los docentes usan la comunicación visual, como una manera de comunicarse con los niños con discapacidad auditiva. A través de pictogramas se les enseña a comprender el significado de los diferentes conceptos. Por lo que, el uso de metáforas gráficas son útiles en las interfaces para los niños para lograr su comprensión. Un niño con implante coclear es un niño que ha

sido beneficiado de un implante que le permitirá escuchar, pero sigue siendo un niño sordo. Aunque el implante le permita escuchar, los docentes deben buscar la manera de estimular al niño a escuchar y hablar. En las primeras etapas del desarrollo se enseñan a los niños conceptos cortos apoyados de canales auditivo y visual. Por otro lado, el niño sordo que no tiene implante debe memorizar de manera visual cada uno de los conceptos que se le presenta. Una investigación realizada en el departamento de psicología de la Universidad de Granada [17] ha propuesto unas tareas básicas cognitivas que involucran a un niño sordo, como son: búsqueda visual, lectura y comprensión de textos, entre otras. Por lo que se puede decir que para un niño con discapacidad auditiva que presenta dificultades en el lenguaje, debe evitar desplegar frases largas, con muchas preposiciones o artículos usando un lenguaje directo y sin exceso de palabras.

Tabla 1. Principios de diseño en educación

| |
|---|
| A1. Palabras cortas son más fáciles de aprender, para ello entre más larga es más difícil de memorizar. |
| A2. Los mensajes deben ser comprensibles, acompañados de imágenes que puedan representar dicho mensaje. |
| A3. Textos cortos acompañados de pictogramas. |
| A4. Los contenidos que se ofrecen deben ser acordes a la edad del niño |
| A5. Las instrucciones deben ser fáciles de comprender y recordar [8] |
| A6. Las actividades que se integran deben estar relacionadas a un estilo de aprendizaje. |
| A7. Frases cortas sin exceso de palabras o artículos, con un lenguaje directo. |
| A8. Identificar diferentes niveles de aprendizaje y que las tareas estén relacionadas a ese nivel, de tal manera que les permita adquirir habilidades. |
| A9. Considerar el contexto cultural, ya que puede afectar el significado de las palabras. |
| A10. Presentar al niño un número de palabras con una determinada longitud y frecuencia. |
| A11. Incluir palabras que les permitan manipular o construir o complementar la palabra a través de una imagen de apoyo que les permita identificar la palabra a construir o componer. |

Para transmitir información no basta solo texto, más aún cuando se trabaja con niños con discapacidad auditiva, cuyo problema está enfocado en la lectoescritura. Para un niños con discapacidad auditiva, cuyo de sistema de comunicación es por medio del implante coCLEAR, tienen acceso a la información a través del canal visual y auditivo. Sin embargo, un niño que se comunica por lenguaje de señas, su canal de comunicación es visual. Por lo que, la información que se presenta debe ser acorde a su sistema comunicación y al nivel de aprendizaje (Tabla 1).

B. Mecánicas del juego

Un juego serio necesita mantener el interés y atención del niño, por lo que se deben considerar diferentes aspectos para lograr esto, a su vez tomando en cuenta que es un niño con discapacidad auditiva, por lo que deben considerarse principios en las mecánicas del juego para lograr una interacción comprensible y

motivante para el niño.

Hanna et al. [8], definen que las actividades deben empezar con un nivel bajo de dificultad e incrementar la dificultad a medida que se avance en el juego y que pueda ajustarse a las habilidades requeridas del niño. Los niños pueden estar en un mismo curso académico, pero no todos tienen el mismo nivel de aprendizaje. Algunos capturan más rápido la información, mientras que otros toman más tiempo, por lo que es necesario establecer diferentes niveles de dificultad de un juego.

Por otro lado, es importante que los niños tengan una constante retroalimentación de sus acciones, ya que si no obtienen una retroalimentación inmediata posiblemente no llegarán a comprender lo que están realizando y podrían repetir sus acciones.

Mientras, [22] ha identificado que los niños prefieren interfaces y entornos donde tengan control sobre el entorno, de tal manera que puedan tomar decisiones, lo que los conduce a aprender acerca de sus acciones y consecuencias obtenidas.

| |
|---|
| B1. Touch Screen es una buena interacción para el niño, quién tiene dificultades usando el mouse [10] |
| B2. La interface debe proveer una retroalimentación constante al niño sobre cada una de sus acciones [8] |
| B3. El juego debe tener niveles de dificultad, ya que no todos los niños tienen el mismo nivel de aprendizaje. |
| B4. La historia del juego y los personajes, influyen sobre la edad y género del niño. |
| B5. Control en la interacción con el juego [16, 8] |
| B6. El juego necesita incorporar elementos asociados al contexto educativo acompañado de pictogramas. |
| B7. Retos deben ser acorde a su nivel de aprendizaje. |
| B8. Considerar un personaje/héroe de acuerdo al género y edad del niño. |
| B9. Narrativa del juego de estar asociado con el contenido de aprendizaje. |
| B10. Proveer un rango de actividades que permitan al niño desarrollar sus habilidades de razonamiento a través de una exploración interactiva y manipulación de diferentes tipos de representación [18] |
| B11. Permitir que el juego pueda guardar información sobre las diferentes acciones que el niño realiza. |
| B12. El juego debe permitir configurar la activación o no de sonido, así como el lenguaje de señas y otros tipos de configuración que sean pertinentes. |
| B13. Permitir a los usuarios usar atajos [18]. Muchas veces los juegos vienen acompañados de una introducción con música o una voz de bienvenida para el niño. Muchos de estos productos repiten la introducción cada vez que se entra al juego. |
| B14. Si el juego tiene una serie de sub-objetivos (sub-metas) alcanzar con respecto a un objetivo central, es necesario proveerles una visualización sobre el progreso o avance con respecto al objetivo central [18] [20] |
| B15. Una interfaz debe utilizar el lenguaje y los conceptos que el usuario esta familiarizado. Los diseñadores deben seguir las convenciones del mundo real, de modo que la información que aparece de manera natural y en un orden lógico. La familiaridad tiene diferente significado en los niños, ya que comparado con un adulto tienen limitado la experiencia del |

| |
|---|
| <p>mundo, así como la fantasía puede ser muy real para ellos [18].</p> |
| <p>B16. Los niños tienen diferentes preferencias por la fantasía, por lo que debería el juego proveerles la opción de seleccionar algunos elementos de la fantasía en la cual embeben las actividades. Por ejemplo que les permita escoger los nombres de los personajes o personajes o lugares[19]</p> |
| <p>B17. El juego puede considerar el género masculino y femenino, ya que las niñas tienen a elegir como personaje principal una niña y los niños un personaje masculino [19].</p> |
| <p>B18. Metáforas deben sustentarse en el conocimiento existente de los niños para que puedan ver fácilmente qué hacer y predecir los resultados de sus acciones. [19]</p> |
| <p>B19. Diseño de las representaciones es que los niños puedan fácilmente ver como ellos lo relacionan al mundo [21]</p> |

Tabla 2. Principios orientados a las mecánicas del juego.

C. Perfil del Usuario

El perfil del usuario es un aspecto importante, debido que los niños con discapacidad auditiva tienen varias formas de comunicación, lenguaje de señas, lectura labio-facial y lenguaje oral. Estas formas de comunicación pueden influenciar en la interfaz que se les presenta, es decir si el niño no se comunica oralmente, no tiene necesidad de que el juego serio tenga como salida un canal de comunicación audio, sino que los textos a su vez deben estar acompañados al correspondiente en lenguaje de señas. También, existen niños con discapacidad auditiva que a su vez tienen otro tipo de discapacidades, por lo que usualmente se les toma como niño con múltiples discapacidades o los niños que no han sido estimulados desde sus hogares, lo cual es una consecuencia de un retraso en sus habilidades cognitivas.

| |
|--|
| <p>C1. Los iconos deberían tener un significado visual para el niño [8]</p> |
| <p>C2. Necesitan una retroalimentación sensorial de cada una de sus acciones que realiza. Esta retroalimentación esta sujeta a la discapacidad del niño.</p> |
| <p>C3. Se distraen muy fácil, por lo que pueden tener problemas en focalizar su atención.</p> |
| <p>C4. Los niños prefieren interactuar más con tecnologías portables, como Tablets, Smartphone que PC.</p> |
| <p>C5. Sus procesos básicos cognitivos son: atención, memoria y lenguaje. Por lo que es importante fijar elementos que capturen su atención y combinen estrategias visuales y gestuales, para que el niño tenga una mejor amplitud de memoria.</p> |
| <p>C6. Reducir el número de tareas viso-espaciales o cantidad de información.[17]</p> |
| <p>C7. Identificar la edad, género, intereses, nivel de aprendizaje y dificultades en el niño.</p> |
| <p>C8. Los niños deben estar motivados. Esto hace que puedan interactuar con el juego que realizar las actividades que le acompañen.</p> |
| <p>C9. El niño sordo tiende a recordar menos, más cuando son palabras muy largas o que no tengan ninguna señal contextual. [24]</p> |

Tabla 3. Principios orientados al perfil del niño.

En este análisis se han usado diferentes métodos de evaluación

con el propósito de recolectar información acerca del niño con discapacidad auditiva..

5. ESTUDIO DE CASO

Las guías presentadas se aplicaron a un estudio de caso que se realizó con 7 niños entre 12 a 15 años de la USAER (USAER, Unidades de Servicios de Apoyo a la Educación Regular) Aguascalientes-México, donde son escuelas formales que permiten la inclusión de niños con discapacidad. Por otro lado, el Instituto de Niños Ciegos y Sordos del Valle del Cauca-Colombia, en las primeras etapas de desarrollo la estrategia de enseñanza esta orientada a que el niño aprenda a escuchar. Ambos centros educativos integran como estrategia de enseñanza la clave de Fitzgerald [25]. El ITES en Colombia también adaptaron la clave de Fitzgerald, pero han realizado cambios en los colores y adicionado más elementos de la estructura de una oración, como artículos y gerundios. Por ejemplo, el verbo es representado por el color rojo, mientras que el color que maneja la USAER es el verde. Por lo que, no todos los institutos trabajan de la misma manera los mismos códigos de colores. Usan el mismo sistema de enseñanza, pero de acuerdo a sus criterios modifican los colores o agregan más elementos para la enseñanza de la estructura de una oración.

Aplicando los principios de diseño que se deben tomar en cuenta para el diseño de un juego serio para la enseñanza de la lectoescritura y considerando las categorías propuestas, como: educación, perfil del usuario y mecánicas del juego, se describen algunos principios que se han aplicado para el diseño de un juego serio llamado **Lectoescritura con Fitzgerald** (Figura 4).

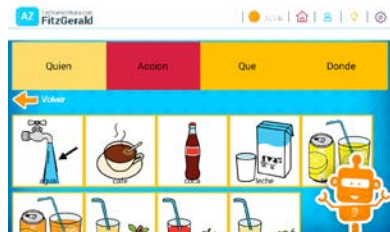


Figura 4. Diseño de un juego para la enseñanza de la lectoescritura, llamado "lectoescritura con Fitzgerald".

En los principios de diseño orientados a la educación hacemos referencia al principio A1, sobre la importancia del tamaño de las palabras, ya que entre más cortas más fáciles de memorizar. Por esta razón, en el diseño se ha considerado que el docente pueda configurar el tamaño de palabras para trabajar con el niño, como se observa en la Figura 5, donde se ha creado 5 tamaños de palabras, como: 2-4, 2-8, 4-12, 4-18 y 8-24 palabras. El docente puede configurarlas y sólo salen palabras que tengan un máximo de palabras de acuerdo a lo configurado, ó a medida que se avanza en el nivel de dificultad, el tamaño de las palabras aumenta.



Figura 5. Pantalla de configuración de tamaño de palabras (principio A1)

Cada una de las tarjetas de colores que se han creado están acompañadas de iconos representativos al conjunto de palabras que las contiene. Por ejemplo, animales es una categoría que pertenece a sustantivos tiene un icono de un perro y está en color amarillo. Cada uno de estos iconos se representa en color blanco, ya que el objetivo es resaltar el color de la tarjeta y que no pierdan de vista este color (principio C1).

Cada una de las actividades que se integran está relacionada al estilo de aprendizaje llamado clave de Fitzgerald. A su vez se ha definido unos niveles de dificultad, que están relacionados con los procesos de aprendizaje que el docente realiza con el niño. Los esquemas de preguntas (Figura 5, posición superior): quién, cómo, cuando, dónde, cuántos, entre otros, están sujetos a cómo el niño debe estructurar una oración. Por lo que, se ha creado tres niveles de dificultad: Básico, Medio y Avanzado (principio B3). Cada nivel puede ser seleccionado por el docente o bien ya sea que el niño ha logrado el objetivo en el nivel respectivo automáticamente salta al siguiente nivel. A su vez, cada nivel está identificado por un color y un mundo, donde se encontrará a un personaje llamado Phonak, quién lo acompañará en cada una de las actividades que realice (Figura 6).



Figura 6. Niveles de lectoescritura con Fitzgerald

Las palabras que se presentan están agrupadas por categorías, que se han definido, como: cosas, animales, bebidas, alimentos, entre otros. Por ejemplo en la Figura 7, se muestra la categoría emociones, donde también se han considerado incluir las emociones más importantes, de tal manera que el niño pueda aprender acerca de las diferentes emociones y a interpretarlas. Las imágenes que se han usado para representar de manera simbólica el significado de cada palabra son de ARASAAC [26], quienes

han trabajado en la parte de tableros de comunicación aumentativa para niños con necesidades especiales.

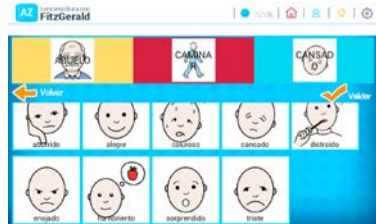


Figura 6. Pantalla de la categoría Emociones

Por otro lado, en los principios de diseño de mecánicas del juego, se ha tomado en cuenta la historia del juego. Ésta está relacionada con un personaje principal llamado Phonak, quién es un personaje que tiene problemas auditivos y debe atravesar diferentes retos a través de diferentes escenarios para poder llegar a casa (principio B4 y B8). Para eso Phonak debe enfrentarse en cada nivel a construir oraciones que le ayudarán a adquirir lenguaje y de esta manera poder comunicarse con las personas para poder llegar a casa.

También, se ha permitido que el docente pueda configurar la activación de sonido y el lenguaje dactilológico (Figura 7), dependiendo del sistema de comunicación que tiene el niño (principio B12).

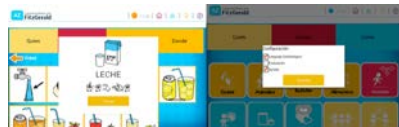


Figura 7. Pantalla de configuración sonido y lenguaje dactilológico (principio B4).

El sistema retroalimenta cuando el niño no ha construido correctamente la oración (Figura 8), el mensaje es visual y oral, teniendo en cuenta el sistema de comunicación del niño (principio B2).



Figura 8. Pantalla de mensajes cuando ha realizado correctamente o no una tarea (principio B2).

6. EVALUACIÓN Y ANÁLISIS

En el Instituto para Niños Ciegos y Sordos del Valle del Cauca, Colombia, se evaluaron a 7 niños de primero de primaria en el

manejo de la aplicación (Figura 9). Las actividades que se realizan, consisten en construir oraciones a partir de un esquema de preguntas o por medio de pictogramas, donde ellos deben describir lo que ven de acuerdo al pictograma que se les presenta.

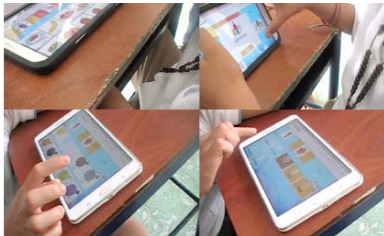


Figura 9. Evaluación del juego serio “Lectoescritura con Fitzgerald”

Esta evaluación se realizó con el objetivo de evaluar al niño en la comprensión de la estructura del juego y cada uno de los elementos gráficos que lo acompañan. De los niños que se evalúan, dos niñas son oyentes, y una niña no tiene implante coclear y su comunicación es por lectura labio-facial. Con las dos niñas oyentes, sirven como referencia para medir el nivel de aprendizaje de los niños con implante coclear con respecto a los oyentes. Además, por su nivel académico se trabajó únicamente en el primer nivel de dificultad usando el verbo ser/estar. Se observó que la niña que no tiene implante coclear realizó la actividad con mayor facilidad que los niños con implante coclear, eso debido a que su único canal de comunicación es el visual, por lo que no demanda la atención en otros canales de entrada y usa los códigos de colores para construir las oraciones. Mientras que los otros niños por tener dos canales de entrada pierden la concentración más rápido.

7. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Se ha propuesto unos principios para el diseño de juegos serios para niños con discapacidad auditiva, el cual ha mostrado que tomando en cuenta estos principios puede llegarse a tener un juego comprensible y accesible para el niño con discapacidad auditiva. Hay que tener en cuenta que el niño con discapacidad auditiva puede tener diferentes sistemas de comunicación, por lo que hay que considerar diferentes canales de comunicación. Además muchos de los métodos de evaluación que se usaron para analizar la experiencia de usuario, se debieron adaptar de una manera adecuada para estos niños, cuyo sistema de comunicación puede variar.

También el juego serio involucró un estilo de aprendizaje que usan para la enseñanza de la lectoescritura a través de los códigos de colores, donde se agrega aspectos del juego para medir los niveles de dificultad a través de un esquema de preguntas. Por cada acierto que realice el niño tendrá una puntuación que es medida a través de estrellas. Como trabajo futuro se quiere evaluar el prototipo con niños cuyo canal de comunicación es el lenguaje de señas. También evaluar con niños, cuyo nivel de lectoescritura este superior al primer nivel, esto con el interés de conocer las diferencias y los retos que pueden alcanzar.

7. REFERENCIAS

- [1] Mascio Tania Di, Gennari Rosella, Melonio Alessandra, Vittorini Pierpaolo. Designing games for deaf children: first guidelines. *Int Technology Enhanc Learn*, pp 223-239, 2013.
- [2] Bavelier D., Dye M.G.W y Hauser P. Do deaf individuals see better? *Trends in Cognitive Sciences*, Vol 10 No 11, pp 512-518, 2006.
- [3] Sonia Chiasson, Carl Gutwin. Design Principles for Children's Technology. Technical Report HCI-TR-05-02, Computer Science Department, University of Saskatchewan, pp 1-9, 2005.
- [4] Alves, L. Game Over: Jogos Eletrônicos e Violência. Ed. Futura, 2005.
- [5] Schroter, B. A. F. O Jogo e o Ensino de Linguas.UFSC. 2004.
- [6] Squire, K. and Jenkins, H. Harnessing the power of games in education. vol. 3, pp. 5-33. *Insight*, 2003.
- [7] Dos Passos Canteri, R., Garcia, L. S., de Souza, T. A. F. & Iatskiu, C. E. A. Video Games in Education of Deaf Children - A Set of Practical Design Guidelines.. In S. Hammoudi, L. A. Maciaszek & E. Teniente (eds.), *ICEIS (3)* pp. 122-129, 2015.
- [8] Hanna L. Risden K., Czerwinski M. Alexander K.J. The Role of Usability Research in Designing Children's Computer Products. In *The Design of Children's Technology A. Druin*. Ed. Morgan Kaufmann, 1999.
- [9] Ormella Mich. Evaluation of Software Tools with Deaf Children. In *Proceedings of the 11th International ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility*, ACM New York, pp 235-236, 2009.
- [10] Druin A., Bederson B., Hourcade J.P., Sherman L., Revelle G, Platner M, Weng S. Designing Digital Library for Young Children. *Proc ACM JCDL*, pp 398-405, 2001.
- [11] Barendregt Wolmet, Bekker Mathilde M., Baauw Ester. Development and evaluation of the problema identification picture cad method. *Cogn. Technol.Work*, vol 10 No 2, pp 95-105, 2008
- [12] Read J.C, MacFarlane S.J and Casey C. Endurability, engagement and expectations: measuring children's fun. In *proceedings of IDC02*, Eindhoven, Netherlands, pp 189-198, 2002.
- [13] Nielsen Jakob. *Designing Web Usability: the practice of simplicity*. New Riders Publishing, Thousand Oaks, CA, USA. 1999.
- [14] Norman Donald. *Bringing Design to Software*. Winograd Terry, ACM, New York, USA. 1996.
- [15] Chen S. Michael. Serious Games. Games that educate, train and informs. *Course Technology*, 2005.
- [16] Druin A. Inkpén K. When are Personal Technologies for Children? *Personal and Ubiquitous Computing*, pp 191-194, 2001.
- [17] Fajardo I, Cañas JJ, Antolí A Salmeron L. Accesibilidad Cognitiva de los Sordos a la Web. Grupo de Ergonomía, Departamento de psicología experimental. Facultad de

- Psicología, Universidad de Granada, 2002.
- [18] Shneiderman, B. *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction*, New York, Addison-Wesley, 1998.
- [19] Joahanna Heléne Gelderblom. *Guidelines Grounded in a literature investigation on child development and children's technology*. Tesis doctoral en Ciencias Computacionales en la Universidad de Sur África, 2008.
- [20] Preece J., Rogers & Sharp H. *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction*. John Wiley & Sons, Inc., 2007.
- [21] Alloway N. *Young Children's Preferred Option and Efficiency of Use of Input Devices*. *Journal Research on Computing in Education*, No 27, pp 105-110, 1994.
- [22] De Antoñana Ugarte Rosa M., Jose Augusto L. *La lectura en los niños sordos: el papel de la codificación fonológica*. *Revista Anales de psicología*, Vol 18 No 1, pp 183-195, 2002.
- [23] Clements, D. H. *Computers and Young Children: A Review of Research*. *Young Children*, 43, 34-44, 1987.
- [24] Dye, M.W.G., Hauser, P.C. and Bavelier, D. 'Visual attention in deaf children and adults: implications for learning environments', in Marschark, M. and Hauser, P.C. (Eds): *Deaf Cognition: Foundations and Outcomes*, Oxford University Press, New York, pp.250-263, 2008.
- [25] Fitzgerald E. *Straight Language for the Deaf*. Washington D.C. Volta Bureau, 1954.
- [26] Portal Aragonés de la comunicación Aumentativa y Alternativa [<http://arasaac.org/>], última visita el 10 de abril del 2016.
- [27] Breuer, J.S. and Bente, G. *Why so serious? On the relation of serious games and learning*. *Eludamos. Journal for Computer Game Culture*. Vol 4, No 1, pp 7-24, 2010.
- [28] Guha, M.L. et al. *Designing with and for Children with Special Needs: An Inclusionary Model*. *Proceedings of the 7th International Conference on Interaction Design and Children*, pp 61-64, 2008.
- [29] Yulia Solovieva and Luis Quintanar. *Método de formación de lectura para la corrección de dificultades en el desarrollo*. Universidad Autónoma de Puebla, México. Tesis Maestría de Diagnóstico y Rehabilitación Neuropsicológica, 2012.
- [30] Sandra Cano, Víctor Peñeñory, César A. Collazos, Habib M. Fardaoun, Danyal M. Alghazzawi. *Training with Phonak: Serious Game as support in Auditory – Verbal Therapy for Children with Cochlear Implants*. In *Proceedings of the 3rd 2015 Workshop on ICTs for improving Patients Rehabilitation Research Techniques*, 2015.
- [31] Sandra Cano, Jaime Muñoz Arteaga, César A. Collazos, Viviana Bustos Amador. *Model for Analysis of Serious Games for Literacy in Deaf Children from a User Experience Approach*. In *Proceedings of the XVI International Conference on Human Computer Interaction*, pp 1-9, 2015.

Una Prueba de Aprendibilidad basada en trabajo colaborativo para niños con Síndrome de Down

Alfredo Mendoza G.
Universidad Juárez
Autónoma de Tabasco
Av. Universidad S/N,
Magisterial, Villahermosa, Tab.
(52) 993 312 4680
amendoza@correo.uaa.mx

Francisco J. Alvarez R.
Universidad Autónoma
de Aguascalientes
Av. Universidad 940, Cd.
Universitaria, Aguascalientes, Ags.
(52) 449 910 7400
fjalvar@correo.uaa.mx

Jaime Muñoz A.
Universidad Autónoma
de Aguascalientes
Av. Universidad 940, Cd.
Universitaria, Aguascalientes, Ags.
(52) 449 910 7400
jmauaa@gmail.com

Cristian Rusu
Pontificia Universidad Católica
de Valparaíso
Av. Brasil S/N,
Valparaíso, Chile.
(56) 32 227 4096
cristian.rusu@ucv.cl

Francisco Acosta E.
Universidad Juárez
Autónoma de Tabasco
Av. Universidad S/N,
Magisterial, Villahermosa, Tab.
(52) 993 312 4680
francisco.acosta@ujat.mx

Ricardo Mendoza G.
Instituto Tecnológico
de Aguascalientes
Av. A. López Mateos Ote. No. 1801,
Bona Gens, Aguascalientes, Ags
(52) 449 910 5002
mendozagric@mail.ita.mx

RESUMEN

Las pruebas de Software que involucran la participación usuarios siempre representan un gran reto tanto para el equipo que las aplica como para los usuarios. Particularmente, los elementos que conlleva la realización de pruebas de Aprendibilidad y las características de conducta de los niños con Síndrome de Down, dificultan aún más ésta labor.

Términos Generales

Desempeño, Diseño, Factores Humanos

Palabras Clave

UX, Usabilidad, Interacción, Discapacidad, Pruebas

INTRODUCCIÓN

La Aprendibilidad, o nivel de Aprendibilidad, del Software puede ser vista como el grado en el que éste es aprendido por el usuario, hasta que se logra cierto nivel de habilidad [5]. Una prueba de Aprendibilidad, implica el análisis del usuario en sesiones independientes, donde se realizan siempre las mismas actividades, con el fin de conocer la manera en que se aprenden las distintas funcionalidades del software. Esta repetición de actividades, hace que el usuario pierda el interés y su desempeño se va disminuyendo, lo que afecta directamente la veracidad en los resultados de la prueba.

Aunado a esto, las personas con Síndrome de Down, tienen afecciones en sus capacidades físicas y cognitivas; entre ellas la fatiga física, poca tolerancia al esfuerzo cognitivo constante y propensión a ansiedad y estrés [1, 4]; lo que merma aún más su participación en pruebas donde constantemente sus capacidades son llevadas al límite.

Existe una gran variedad de técnicas que los expertos han propuesto y aplicado para un eficiente análisis del uso de productos de software; sin embargo, existen muy pocos trabajos que impliquen técnicas específicas para pruebas de Aprendibilidad.

La aplicación de técnicas genéricas en el análisis de la Aprendibilidad sobre poblaciones de niños con Síndrome de Down

puede llevar a que los resultados obtenidos no representen adecuadamente a dicha población. Por lo que se requiere de un análisis de las habilidades, capacidades y limitaciones de éste grupo de usuarios, previo a la selección de técnicas de pruebas. En [1, 4], los autores señalan la facilidad que tienen los niños con Síndrome de Down para relacionarse con las demás personas, especialmente con sus mismos pares.

TRABAJO EN PARES

En la búsqueda de técnicas aplicables en pruebas de Aprendibilidad que permitieran minimizar las barreras físicas y conductuales que dificultan ésta labor en poblaciones de usuarios con Síndrome de Down, surgió la alternativa de incorporar trabajo entre pares con habilidades y limitaciones similares.

Existen técnicas, aplicadas actualmente en pruebas con usuarios que permiten el trabajo conjunto entre pares, para el análisis del uso de productos de software; entre ellas, las más utilizadas son el Co-Descubrimiento y la Co-Tutoría.

El Co-Descubrimiento, es posiblemente la técnica más utilizada en pruebas de productos de Software que involucra la participación conjunta de, aunque no limitada a, 2 usuarios. En ella, se presenta un diseño nuevo a una pareja de usuarios, la cual está conformada por usuarios que no tienen ningún conocimiento previo del mismo; a continuación, se da un tiempo para que ellos mismos encuentren la manera en la que el software debe ser utilizado; posteriormente se da a los participantes un conjunto de tareas específicas que juntos intentarán de resolver; finalmente se tiene una entrevista con ambos para analizar la experiencia [3].

La técnica del Co-Descubrimiento estimula la verbalización espontánea entre los pares, lo que facilita conocer en qué parte, función o elemento del software se tiene mayor o menor facilidad de uso; así mismo, permite un mejor desenvolvimiento de los usuarios al minimizar el miedo a cometer errores [3].

La Co-tutoría por su parte, es una técnica menos popular que la anterior, que sin embargo tiene grandes beneficios. Se divide en dos etapas esenciales; en la primera uno de los participantes practica un conjunto de tareas sobre el software hasta que obtiene cierto grado de experiencia. En la segunda etapa, éste participante

previamente experimentado, explicará y ayudará a otro usuario con nula experiencia a realizar las mismas tareas de la etapa 1 [3, 5].

Se han seleccionado éstas técnicas debido a que en conjunto crean un ambiente menos estresante para el niño con Síndrome de Down, dada la colaboración con sus iguales. Además, permite la interacción entre usuarios con diferente nivel de habilidad en el uso de dispositivos móviles, facilitando su evaluación; así como la integración en el análisis de la Aprendibilidad de la facilidad de explicación de las funcionalidades del software; factor que es referido en [2] como parte de la misma definición de usabilidad de software orientado a niños: "... en el contexto de software para niños, el concepto de usabilidad debe incluir la facilidad con que éste y sus funciones pueden ser explicadas y enseñadas con claridad entre pares..."

DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA

Nuestra prueba de Aprendibilidad fue aplicada sobre un juego móvil de manipulación de piezas, el cual fue seleccionado debido a su simpleza en funcionalidad e interface. Primeramente, hemos dividido la población de usuarios en 2 grupos según su habilidad en la utilización de dispositivos móviles mediante un análisis previo que consistió en entrevistas con los padres y profesores: Expertos, usuarios con experiencia previa en el uso de aplicaciones móviles; y usuarios Novatos, usuarios que tienen muy poco o nulo conocimiento en el uso de aplicaciones móviles.

El proceso de la prueba es el siguiente:

1. Co-Descubrimiento entre usuarios Expertos: Durante 10 minutos los usuarios expertos intentarán descifrar el funcionamiento de la aplicación y resolver un conjunto de tareas.
2. Co-Tutoría entre Experto y Novato: Un usuario experto, intentará explicar lo aprendido a un usuario novato.
3. Co-Descubrimiento entre usuarios Novatos: Durante 10 minutos, la pareja de usuarios novatos intentará resolver un conjunto de tareas.

Los puntos que evaluados en la Prueba fueron:

1. Comprensión de las reglas generales del juego.
2. Comprensión del sistema de puntaje.
3. Identificación de los elementos interactivos
4. Identificación de los elementos estáticos
5. Desarrollo de sugerencias para ganar puntos
6. Desarrollo de estrategias para vencer

Los datos recogidos luego de 5 sesiones independientes para cada par de participantes, fueron divididos y analizados por el tiempo de interacción con la aplicación: cada sesión implicaba 20 minutos de interacción para cada participante. En total, el tiempo acumulado de interacción por participante fue de 100 minutos. La tabla 1 presenta los resultados para cada punto de evaluación. La tabla 2 por su parte, muestra una comparación en el comportamiento de los usuarios durante su participación en pruebas de Aprendibilidad individual y en pares.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Los resultados de la tabla 1 dan una descripción general de la manera en que los usuarios fueron aprendiendo a utilizar la aplicación durante los primeros 100 minutos de interacción; permiten detectar los puntos fuertes y débiles en el nivel de Aprendibilidad de la misma, así como destacar los puntos donde la población de niños con Síndrome de Down presenta más o menos dificultades. Con la segunda tabla, es posible percibir que la subjetividad de los resultados obtenidos en la prueba con trabajo entre pares es menor, pues los usuarios tuvieron menos comportamientos que pudieron afectar su desempeño.

| Prueba | Tiempo de Interacción (Minutos) | | | | |
|--|---------------------------------|----------|----------|-------|-------|
| | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| Comprensión de las reglas generales del juego. | Bajo | Bajo | Medio | Medio | Medio |
| Comprensión del sistema de puntaje. | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Medio |
| Identificación de los elementos interactivos | Medio | Medio | Alto | Alto | Alto |
| Identificación de los elementos estáticos | Medio | Medio | Medio | Alto | Alto |
| Desarrollo de sugerencias para ganar puntos | Muy Bajo | Muy Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| Desarrollo de estrategias para vencer | Muy Bajo | Muy Bajo | Muy Bajo | Bajo | Bajo |

Tabla 1: Results of Learnability

| Comportamiento | Individual | Pares |
|------------------------------------|------------|---------|
| Falta de motivación para comenzar | 50%-60% | 30%-40% |
| Falta de motivación para continuar | 60%-70% | 40%-50% |
| Penas | 50%-60% | 30%-40% |
| Miedo a fallar | 70%-80% | 70%-80% |
| Aburrimiento | 40%-50% | 20%-30% |
| Enojo | 20%-30% | 0%-10% |
| Envidia | 10%-20% | 30%-40% |
| Celos | 10%-20% | 30%-40% |

Tabla 2: Appearance of Negative Behaviors

REFERENCIAS

- [1] FESD (Federación Española de Síndrome de Down), II Plan de Acción para Personas con Síndrome de Down,
- [2] Höysniemiä, J., Hämäläinen, P., Turkkie, L. Using peer tutoring in evaluating the usability of a physically interactive computer game with children, *Interacting with Computers*, Volume 15, Issue 2, pp. 203–225. (2003).
- [3] Ognjanovic, S., Ralls, J. Don't talk to strangers!: peer tutoring versus active intervention methodologies in interviewing children. *Proceeding CHI EA '13 CHI '13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, pp. 2337–2340, ACM New York, NY, USA. (2013)
- [4] Ruiz, E. 2012. Programación Educativa para escolares con Síndrome de Down. Publicaciones Down 21.
- [5] Tullis, T., Albert, B. (2013). *Measuring the User Experience: Collecting, Analyzing, and Presenting Usability Metrics*, Second Edition, Elsevier Inc.

Diseño de un sistema interactivo para la enseñanza de las vocales a niños sordos

Julián Sotelo
Universidad Autónoma de Occidente
Cil 25# 115-85, vía Cali-Jamundi.
(+57) 3178953599
julian_and.sotelo@uao.edu.co

Jaime Duque
Universidad Autónoma de Occidente
Cil 25# 115-85, vía Cali-Jamundi.
(+57) 3218319448
jaime_and.duque@uao.edu.co

Andrés Solano
Universidad Autónoma de Occidente
Cil 25# 115-85, vía Cali-Jamundi.
(57)+2+3188000, ext. 11378
afsolano@uao.edu.co

Sandra Cano
Universidad de San Buenaventura
Avenida 10 de Mayo, La Umbria, Vía a Pance.
(57)+2+3182200, ext. 11378
sandra.cano@gmail.com

RESUMEN

Los niños que padecen discapacidades auditivas de nacimiento tienen barreras en el desarrollo de habilidades orales. Para la comunicación, son utilizados diferentes sistemas, tales como: lenguaje de señas y lenguaje dactilológico. Este último apoya la enseñanza de la lectoescritura a niños sordos, quienes pueden presentar dificultades en el proceso de aprendizaje en institutos especializados, y mayor aún, en escuelas regulares. Esto evidencia la necesidad de proponer nuevos mecanismos que apoyen el proceso de enseñanza, siendo la tecnología un medio potencial para la resolución de dicha problemática. En ese sentido, este artículo presenta el diseño de un sistema interactivo, que consta de un componente software (videojuego) y un componente hardware (guante electrónico), el cual intenta contribuir al proceso de enseñanza de las vocales a niños sordos entre 4 y 8 años.

Categorías y Descriptores Temáticos

H.1.2 [Modelos y Principios]: Sistemas Usuario/Maquina – factores humanos.

Términos generales

Factores Humanos.

Palabras claves

Sistema interactivo; videojuego; niños sordos; enseñanza; vocales.

1. INTRODUCCIÓN

Según datos estadísticos obtenidos por el Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia acerca del Registro para la Localización y Caracterización de Personas con Discapacidad ocurrido en el año 2013, “El 0.79% de la población colombiana presenta dificultades para hablar y escuchar, esto representa una cantidad de 381.358 colombianos”[1]. Dicho porcentaje de colombianos se encuentran en una situación marginal debido a sus limitaciones lingüísticas, y sumada la no apropiación del lenguaje dactilológico (que es necesario para establecer un vínculo entre las relaciones de lengua de señas y ortografía [2]) por parte del resto de ciudadanos, hace que exista una barrera comunicativa,

trayendo efectos tales como la marginación o la exclusión parcial o total de la vida social, laboral y educativa de dichos individuos. En el ámbito educativo, los niños sordos afrontan un proceso complejo de enseñanza de lectoescritura, ya que este involucra una relación sonido-palabra, pero en dicho caso al omitir el sonido, se apoyan en otros canales como el visual, aprendiendo básicamente a extraer la información relacionando conceptos con el vocabulario.

Este artículo presenta una propuesta de investigación, la cual pretende desarrollar un sistema interactivo que apoye el proceso de enseñanza de las vocales a niños sordos entre 4 y 8 años de una manera no tradicional y mejore la experiencia de aprendizaje durante su uso. El producto final de la investigación será un sistema interactivo conformado por un componente software (videojuego) y un componente hardware (guante electrónico). Lo esperado es que dicho sistema logre integrar los contenidos analizados para el aprendizaje, adaptarlos a las necesidades detectadas y así lograr que se explore de una manera interactiva.

La sección 2 presenta la problemática abordada. La sección 3 presenta un conjunto de trabajos relacionados. La sección 4 describe el sistema interactivo propuesto. La sección 5 presenta las actividades realizadas como parte del proceso de creación del sistema interactivo. Finalmente, la sección 6 presenta una serie de conclusiones y trabajos futuros.

2. PROBLEMÁTICA

En el mundo, la cantidad de personas que viven con algún tipo de discapacidad es realmente significativo. En Colombia, se estima que el 4.9% de la población (2'410.638 personas) sufren al menos una discapacidad, y de ello, el 8.3% tienen dificultades al escuchar [3]. Las personas que tienen discapacidad auditiva de nacimiento posiblemente nunca desarrollen habilidades orales y su proceso de comunicación se ve limitado al uso de diferentes mecanismos de comunicación, como el alfabeto dactilológico, el cual es un sistema de comunicación que permite representar las letras que componen el alfabeto por medio de las manos [4].

Los niños sordos tienen menos probabilidades de ser escolarizados que un niño sin esta necesidad especial [1]. Piaget en su enfoque constructivista denota que, “Los niños entre las edades de cuatro a ocho años ya no tienen un pensamiento intuitivo ni guiado por las apariencias de los objetos; sino que, en dicho rango de edades los niños son capaces de coordinar esquemas representativos de órdenes dados o leyes de carácter lógico”[4]. Por tal razón, se ha decidido estudiar a los niños comprendidos en el rango de edades antes mencionado.

3. TRABAJOS RELACIONADOS

En la actualidad existe una gran variedad de sistemas interactivos que intentan apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la lectoescritura para niños sordos. Algunos sistemas destacados son presentados a continuación.

Vocales y CazaVocales Vedoque (disponibles en la tienda de aplicaciones de Google) son videojuegos que presentan una serie de actividades que en su mayoría buscan que el niño logre identificar y relacionar correctamente las vocales con un conjunto de palabras determinadas, y a medida que transcurren las actividades el nivel de dificultad aumenta gradualmente. Lectoescritura con Fitzgerald [5] es un juego educativo propuesto para niños sordos en el aprendizaje de la lectoescritura, usando códigos de colores para construir oraciones. Este juego incluye niveles de aprendizaje sujetos a los esquemas de preguntas que maneja las claves de FitzGerald, a su vez registra las interacciones con el niño.

Sistema mecatrónico para la interpretación de la lengua de señas colombiana [6]. El proyecto permite la interpretación del lenguaje de señas colombiano, para ello cuenta con un hardware dividido en tres componentes. El primero de ellos un guante, construido en tela con cinco sensores de deflexión, un giroscopio y tres acelerómetros. El segundo es una tarjeta de adquisición de datos, y el tercer y último es el algoritmo implementado para el reconocimiento de las señales.

Diseño y construcción de un guante de datos mediante sensores de flexibilidad y acelerómetro [7]. El proyecto presenta un prototipo de un guante, el cual permite traducir el lenguaje dactilológico. El guante consta de ocho sensores flexibles, cada dato obtenido por el guante es interpretado por una tarjeta de adquisición de datos, la cual procesa y posteriormente envía los datos a un aplicativo desarrollado en Matlab, que los descifra y representa como una determinada letra.

4. PROPUESTA

A partir de la identificación del problema, se planteó como propuesta de investigación el desarrollo de un sistema interactivo que permita apoyar el proceso de enseñanza de las vocales. Dicho sistema involucra una parte hardware y software (ver Figura 3). El componente software consiste en un videojuego que presenta una historia narrativa (ver sección 5.1.3). Esta historia le permite al niño explorar un mundo con el que se sienta identificado y que, con base en una serie de retos a realizar durante los niveles que lo componen, el niño pueda aprender la relación entre palabra e imagen, generando conocimiento y motivación para él. Por otro lado, la interacción entre el niño y el videojuego se realizará por medio de un guante electrónico que servirá como entrada de comunicación. Dicho guante estará compuesto por los siguientes elementos (ver Figura 1):

- Sensores Flex: permiten determinar el grado de resistividad de cada uno de los dedos de la mano y generarán un valor numérico que posteriormente será enviado al arduino (ver Figura 2).
- Arduino: encargado de recibir los datos obtenidos por los sensores Flex para posteriormente enviarlos al videojuego a través del módulo bluetooth.
- Batería 9V: fuente de alimentación del guante electrónico.
- Módulo Bluetooth: permite la comunicación entre el arduino y el videojuego para el envío de los datos (ver Figura 3).

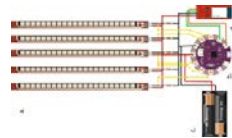


Figura 1. Componentes guante electrónico.

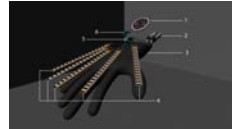


Figura 2. Sensores Flex del guante electrónico.



Figura 3. Interface física + digital del videojuego.

El guante es el medio por el cual el niño interactúa con el videojuego. Este último presentará un mundo por cada vocal, el principal reto del videojuego es presentar al niño una imagen y la palabra asociada. Dicha palabra estará incompleta ya que presenta la ausencia de las vocales, por lo cual el niño deberá identificar las vocales correctas que hacen falta. El uso del guante ayudará a que el niño pueda realizar el símbolo gestual en un entorno real y a la vez como estrategia interactiva que ayude a memorizar las vocales, no sólo visualmente, sino por medio gestual, intentando reforzar el aprendizaje de las mismas.

El valor agregado de la propuesta presentada, es sin duda la posibilidad de interactuar con el videojuego por medio del guante electrónico, el cual hace que la comunicación niño-videojuego sea más intuitiva, permitiendo que el niño interactúe tanto con el entorno físico como el digital, esta interacción ayudará durante el proceso de enseñanza, principalmente en la identificación de las vocales y el aprendizaje del lenguaje gestual por medio del alfabeto dactilológico.

Ahora bien, para la construcción del videojuego se ha tomado como referente el Diseño Centrado en el Usuario (DCU), el cual se enfoca en conocer y comprender las necesidades, limitaciones, comportamientos y características del usuario, involucrando a usuarios reales en el proceso de desarrollo del sistema [8].

5. CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA INTERACTIVO

5.1 Análisis

Esta etapa está enfocada a obtener información tanto del público objetivo (niños sordos) como del entorno donde se desenvuelven, con la finalidad de analizar los factores que influyen en su comportamiento y cómo reaccionan al entorno.

5.1.1 Estudio del contexto

La presente investigación es realizada en colaboración con el Instituto de Terapia Especial de los Sentidos (ITES) del Club de Leones de la ciudad de Santiago de Cali (Colombia). En dicho instituto, y por razones propias del proyecto, se ha decidido trabajar con niños del grado primero de primaria, el cual está conformado por un grupo de ocho niños (3 niños y 5 niñas).

El proceso de investigación inició con conocer el instituto, a la docente encargada y los niños con los que se trabajaría, posteriormente se realizó una observación del entorno donde conviven los niños (aula de clase). El resultado obtenido nos permitió evidenciar que este lugar no presenta ninguna saturación de elementos ni colores, por el contrario el aula cuenta con pocos objetos, tales como: un calendario que comparte los días de clases y las asignaturas correspondientes, un afiche que lista las fechas de cumpleaños y un cuadro de estrellas de buen comportamiento.

5.1.2 Análisis de estudio

Luego de la observación se diseñó la primera actividad. Para ello, se generó una búsqueda de aplicaciones móviles para Tablets, específicamente videojuegos enfocados a niños con discapacidad auditiva, para tomarlas como referente en la construcción del sistema interactivo, y posteriormente evaluarlas con los niños.

Una vez identificadas las aplicaciones, se evaluaron con la docente, para que ella a partir de su experiencia nos brindara retroalimentación. Como resultado de dicha actividad, fueron seleccionadas 3 (de 10) aplicaciones, las cuales resultan adecuadas para trabajar con los niños porque presentan juegos enfocados en elementos visuales. Así, las aplicaciones seleccionadas como objeto de estudio fueron:

- Vocales.
- App educativo niño bebe kinder.
- CazaVocales Vedoque.

Respecto a estas aplicaciones, Vocales presenta una serie de mini juegos, el más destacado presentaba una serie imágenes, y la mecánica se centraba en que el niño identificará cada una de las palabras asociadas a las imágenes, y una vez él lo lograra, las arrastrara hacia la casilla de la vocal correspondiente.

La aplicación App educativo niño bebe kinder presenta un total de cinco mini juegos, entre ellos el más destacado consta de completar las palabras utilizando las vocales posicionadas en la parte inferior de esta. A diferencia de los demás juegos de completar palabras, este cuenta con el apoyo de ilustraciones fáciles de comprender para que los niños identifiquen de una manera fácil la palabra presentada.

CazaVocales Vedoque presenta una palabra sin las respectivas vocales, y el niño debe encargarse de completar la palabra. Aunque dicha aplicación tuvo gran aceptación, una desventaja que se pudo evidenciar fue el hecho de no tener una imagen asociada a la palabra, con la cual el niño pudiera reconocer con mayor rapidez la palabra a completar.

Los resultados de esta actividad se consideran positivos en lo referente a la interacción del niño con la Tablet, pues no existió ningún impedimento para manipular e interactuar con el dispositivo. Por otra parte, la realización de esta actividad permitió definir requerimientos preliminares, ideas para el tipo de videojuego a desarrollar, mecánicas de juego, personajes y la historia que tendría.

5.1.3 Historia del juego

Después de realizar la anterior actividad (ver sección 5.1.2), se procedió a crear la historia del videojuego y la definición de los

personajes. Dado que el objetivo del proyecto de investigación es apoyar el proceso de enseñanza de las vocales, se optó por incluirlas y crear una narrativa entorno a ellas. Luego de analizar diferentes videojuegos, cuentos y narraciones infantiles, se generó una historia que se desarrolla en un reino llamado "Las Vocales". Este reino es gobernado por la princesa Lectra y está bajo la protección de cinco magos, donde cada mago representa una vocal. Aparecerá el villano analfabet, que robará los poderes de los magos, y ahí surgirá un héroe, que será encarnado por el niño y tendrá como objetivo superar una serie de retos, para así poder recuperar los poderes de los magos y salvar al reino.

5.1.4 Creación de personajes

Una vez definida la historia y los personajes que participarían en ella, fue diseñada una actividad con el fin de tener un primer acercamiento a los personajes del juego. En esta los niños, a partir de una serie de dibujos de su propia creación, nos suministrarían información para construir el aspecto de los personajes. Sin embargo, se observó que ellos presentaban dificultades en la creación de estos, esto debido principalmente a la limitada habilidad para ello. Esta situación conllevó a replantear la actividad, en la cual no fue solicitado realizar dibujos, sino que fueron utilizadas figuras de torsos, cabezas y manos, para que los niños construyeran un personaje a su gusto y pintarlo. La sección 5.2 presenta información detallada respecto a la actividad.

5.1.5 Creación de la mecánica de juego

Con base en el análisis de los resultados obtenidos en las actividades previas, además de revisar distintos tipos de juegos, se decidió que la aplicación CazaVocales Vedoque sería utilizada como referente para la creación del videojuego.

Una vez definido el tipo de juego a realizar, se procedió a crear la mecánica del juego. Para ello, fue determinante el apoyo de la docente al diseñar una mecánica acorde a los niños. La mecánica de juego desarrollada está basada en dos actividades: a) la primera, consiste en que el usuario observará diferentes palabras presentadas en la pantalla de la Tablet, cada una de ellas asociada a una imagen; b) después de esto, empezará una actividad en la cual aparecerán diferentes palabras a las cuales les hacen falta las vocales. Cada palabra estará asociada a una imagen y a su respectiva señal para que el usuario comprenda de manera rápida y sencilla qué significa la palabra que debe completar. La acción de posicionar las vocales faltantes la hará el usuario por medio de la utilización del guante electrónico.

Por cada palabra completada correctamente, el sistema otorgará al usuario entre una y tres estrellas, con las cuáles podrá avanzar a una nueva palabra. La asignación de estrellas es el modo de puntuación seleccionado debido a la observación realizada en el aula de clase a los niños, en donde son otorgadas por buen comportamiento o por lograr de manera acertada los objetivos trazados por la profesora durante la sesión de clase.

5.2 Diseño y Prototipado

Con el objetivo de tener un diseño preliminar del videojuego, se procedió a realizar una actividad en la cual, los niños debían construir un personaje utilizando diferentes piezas de cuerpos previamente diseñados, la finalidad de la actividad consistía en observar las preferencias de los niños al momento de seleccionar un personaje. Los resultados de la actividad permitieron descubrir que la selección de personajes está fuertemente relacionada con el género del niño, razón por la cual se decide dar la posibilidad de elegir entre dos personajes (masculino y femenino) como protagonista de la historia.

La información recolectada en la anterior actividad permitió elaborar una primera aproximación al diseño de los personajes, en el diseño de los cinco magos (ver sección 5.1.4) se consideraron rasgos característicos de las vocales, para ello se empleó la técnica lipping, la cual proporcionó la presentación gestual de cada una de las vocales en los rostros de los magos, todo esto con la finalidad de generar una identificación intuitiva y fácil (ver Figura 4).



Figura 4. Diseño de los personajes.

Posteriormente a la aproximación del diseño de personajes, se planteó la primera actividad de evaluación, ella estaba constituida por dos fases: una primera fase introductoria, la cual presentaban diferentes imágenes (acompañadas de su respectiva seña) cada una asociada a una palabra, en donde las vocales se encontraban con un color diferente para diferenciarlas de las consonantes, esto con el objetivo de destacarlas como el elemento clave del juego. En la segunda fase, se presentaban nuevamente las imágenes pero ahora con la ausencia de las vocales, y la tarea del niño era en primera instancia utilizar el alfabeto dactilológico para representar cada una de las vocales faltantes, y posteriormente mediante la utilización de vocales impresas en papel, ubicarlas en su posición correspondiente para completar la palabra.

6. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Seguir la filosofía de Diseño Centrado en el Usuario (DCU) en esta propuesta, ha permitido involucrar al niño desde la etapa inicial. Por lo que se debió conocer e interactuar con los niños, logrando identificar sus gustos, personalidades y preferencias, permitiendo evidenciar los problemas que presentan en el proceso de aprendizaje, identificar sus necesidades y lograr definir posibles soluciones (desde el campo de la Ingeniería Multimedia) para suplirlas. Durante la ejecución de este proyecto, donde se ha compartido con los niños, es posible determinar que aunque ellos presentan una discapacidad, ésta no los limita a disfrutar de su niñez, pues actúan, se divierten y comparten como cualquier niño a su edad, a pesar de las limitantes de comunicación. Con base en lo anterior, se considera que el presente trabajo podría contribuir al mejoramiento en la calidad de vida de los niños sordos, ya que en la medida que ellos comprendan y manejen la lectoescritura van a lograr interactuar de mejor manera con la sociedad, mejorando las condiciones de su diario vivir.

Con este trabajo se intenta impactar de forma positiva en la sociedad, generando mayor inclusión a niños sordos. Ahora bien, considerando el potencial que puede llegar a tener la utilización de un videojuego como apoyo al proceso de enseñanza. Este sistema interactivo puede servir para adquirir y afianzar conocimientos de

una manera no tradicional, generando una mejor experiencia de aprendizaje y una mayor motivación en el niño.

Entre las actividades futuras se espera refinar los diseños de los personajes y escenarios del videojuego, definir, caracterizar y diseñar cada una de las imágenes de las palabras que serán usadas, incluir la totalidad de mecánicas de juego y terminar el prototipo de alta fidelidad (hardware – software). Luego, proceder a la etapa de evaluación con los niños y obtener retroalimentación para la realización de ajustes, y así, poder continuar con el proceso de implementación del sistema software. A mediano plazo conviene incluir mejoras en los materiales de elaboración del guante, para que resulte con mayor grado de facilidad de uso y ergonomía. Finalmente, sería adecuado seguir haciendo mejoras al guante, agregando elementos como: sensores más avanzados, acelerómetros o giroscopios, entre otros. Esto con el fin de facilitar la detección de una mayor cantidad de letras (del alfabeto dactilológico), y tener mejor exactitud en la identificación de este.

7. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido apoyado por el Grupo de Investigación en Telemática e Informática Aplicada (GITI) de la Universidad Autónoma de Occidente (Colombia) y el Grupo de Investigación para el Desarrollo de la Ingeniería de Software (LIDIS) de la Universidad de San Buenaventura Cali (Colombia).

8. REFERENCIAS

- [1] Organización Mundial para la Salud. *Informe mundial de la discapacidad*. Disponible en <http://goo.gl/pGAARo> (2011). Visitada 22 de Julio 2015.
- [2] Cano, S., Muñoz, J., Collazos, C., and Bustos, V. 2015. *Model for Analysis of Serious Games for Literacy in Deaf Children from a User Experience Approach*. In Proceedings of the XVI International Conference on Human Computer Interaction (Interacción '15). ACM, New York, NY, USA, Article.
- [3] Instituto Nacional para Sordos. *Estadísticas e información para contribuir en el mejoramiento de la calidad de vida de la población sorda colombiana*. Disponible <http://goo.gl/1e0x2c> (2013). Visitada 15 de Agosto 2015.
- [4] Piaget, J. *La teoría de Piaget*. Infancia y Aprendizaje. 1981. pp 13-54.
- [5] Sandra Cano, Jaime Muñoz Arteaga, César A. Collazos, and Viviana Bustos Amador. 2015. *Model for Analysis of Serious Games for Literacy in Deaf Children from a User Experience Approach*. In *Proceedings of the XVI International Conference on Human Computer Interaction (Interacción '15)*. ACM, New York, NY, USA, Article 18, 9 pages. DOI= <http://goo.gl/DjwHNE>
- [6] Benjumea, J. S., and Gil, S. *Sistema Mecatrónico para la Interpretación de la Lengua de Señas Colombiana*. 2012.
- [7] Arenas, M. A., Palomares, J. M., Girard, L., Olivares, J., and Castillo-Secilla, J. M. *Diseño y Construcción de un Guante de Datos mediante Sensores de Flexibilidad y Acelerómetro*. 2011.
- [8] Granollers, T., Lorés, J., and Cañas, J. J. *Diseño de sistemas interactivos centrados en el usuario*. 2012.

Usabilidad y Experiencia de Usuario (I)

SUSApp: Una Aplicación Móvil para la Medición Comparativa de Evaluaciones Subjetivas de Usabilidad

Alba de Castro y José A. Macías
Escuela Politécnica Superior, Universidad Autónoma de Madrid,
Tomás y Valiente 11, 28049 Madrid, España
alba.decastro@estudiante.uam.es, j.macias@uam.es

RESUMEN

En este artículo se presenta SUSApp, una herramienta ideada para dispositivos móviles que permite la medición subjetiva de la usabilidad percibida por los usuarios a partir de la evaluación mediante el cuestionario SUS (System Usability Scale). Nuestra propuesta permite además recoger un histórico de medidas sobre evaluaciones de artefactos software de distinta índole, brindando además la posibilidad de realizar comparaciones a través de estadísticas y gráficos comparativos. La herramienta ha sido además evaluada con usuarios reales, consiguiendo a su vez valores aceptables de usabilidad.

Palabras clave

Usabilidad, Diseño Centrado en el Usuario, Cuestionario de Evaluación de la usabilidad, SUS, Aplicación móvil.

1. INTRODUCCIÓN

La usabilidad se considera una característica de calidad del software, y como tal debe ser asegurada para obtener una buena experiencia de usuario. Existen diferentes formas de evaluar la usabilidad, siendo el cuestionario de satisfacción uno de los métodos más utilizados para medir la usabilidad percibida.

Existen diferentes cuestionarios para la medición de la usabilidad, tales como SUMI [9], QUIS [7] y WAMMI [12]. Sin embargo, estos cuestionarios no suelen ser gratuitos, o no permiten una comparación adicional entre los diferentes artefactos software. En general, la mayoría de las herramientas de soporte para cuestionarios de usabilidad existentes no permiten una gestión funcional para el almacenamiento de las mediciones, imposibilitando así la comparación de diferentes valores de usabilidad medidos a lo largo del tiempo.

En este artículo se presenta SUSApp, una aplicación móvil para dispositivos Android, que destaca por el almacenamiento, análisis y posterior comparación de los valores de usabilidad obtenidos al medir mediante el cuestionario SUS [3, 10]. Este cuestionario ha demostrado tener una alta validez psicométrica para medir la facilidad de uso percibida [3, 8]. Su característica principal es la sencillez, ya que consta de 10 preguntas (la mitad positivas y la otra mitad negativas) que los participantes debe responder mediante una escala Likert de 5 puntos (donde 1 implica "muy en desacuerdo" y 5 "muy de acuerdo"). Además, se proporciona una técnica para combinar las puntuaciones en una escala más general entre 0 y 100. Los resultados obtenidos son interpretados como la combinación de las 10 preguntas en su conjunto, y no por separado, por lo que es conveniente trabajar en términos de porcentaje a la hora de interpretar los resultados de SUS [8].

Una característica importante de nuestra herramienta, que la diferencia de las propuestas existentes o de la forma más habitual de trabajo mediante SUS, es la de realizar una medición no relativa de la usabilidad, ampliando las características ya conocidas y

proporcionando un análisis y tratamiento de las puntuaciones obtenidas. Para ello se utiliza una base de datos que almacena un histórico de las evaluaciones realizadas a lo largo del tiempo. Esto permite comparar, en términos de usabilidad percibida (satisfacción subjetiva), distintos prototipos, aplicaciones y otros artefactos software frente a otros ya evaluados, proporcionando diferentes gráficos e información estadística para su posterior análisis.

2. SUSApp

SUSApp es una herramienta dirigida a plataformas móviles (smartphones o tablets) cuyo sistema operativo es Android. Reúne características que la hacen ser una herramienta muy potente dentro del ámbito de las herramientas de soporte para la evaluación subjetiva de la usabilidad, ya que además de permitir evaluar aplicaciones a partir del cuestionario SUS da un paso más, permitiendo al usuario comparar distintas categorías, familias de aplicaciones o aplicaciones concretas entre sí, a partir de los datos almacenados sobre las evaluaciones realizadas. Estas comparaciones se muestran al usuario de dos formas: mediante estadísticas descriptivas o mediante gráficos estadísticos comparativos. Además, la aplicación gestiona un histórico de las evaluaciones realizadas que puede ser consultado por cada evaluador en el instante que lo desee. De esta forma, cuando un evaluador realiza una evaluación, éste navega través de la jerarquía de aplicaciones o artefactos software extensible, hasta seleccionar una aplicación particular a evaluar. El evaluador puede añadir, en cualquier nivel de la navegación, un nuevo elemento a la jerarquía.

Del mismo modo, cuando el usuario (un evaluador no registrado) quiere obtener información de las evaluaciones de usabilidad existentes, puede elegir el nivel de la jerarquía del que partir. Por ejemplo, el usuario puede querer comparar diferentes tipos de aplicaciones, familias de aplicaciones o versiones específicas y para distintos sistemas operativos si lo desea. Para ello, el usuario simplemente navega a través de la jerarquía y selecciona los elementos que quiere comparar y visualizar, y elige entre una representación gráfica de los datos o una textual-descriptiva. En cuanto a las representaciones descriptivas, se visualizan valores numéricos tales como la puntuación media, mediana, puntuación mínima y máxima, así como el intervalo de confianza al 95%. Por el contrario, si el usuario decide visualizar gráficos estadísticos comparativos, esta información se representa mediante dos tipos de gráficos: gráfico de barras y gráfico de cajas.

3. EVALUACIÓN Y RESULTADOS

Para determinar el grado de usabilidad de SUSApp, se ha realizado una evaluación formativa en el contexto de la ISO 9241-11 [4], obteniendo valores de eficacia, eficiencia y satisfacción percibida. La evaluación se ha desarrollado sobre el mismo dispositivo Android con el fin de mitigar posibles aumentos de tiempo debido a las diferentes características de cada terminal.

El experimento constó de dos partes: la primera consistió en la realización, por parte del usuario, de 6 tareas representativas utilizando SUSApp. Además, se aplicó el protocolo Thinking Aloud [5] mientras se medía a su vez el tiempo y grado de completitud de las tareas propuestas, con el objetivo de medir la eficacia y la eficiencia. Una vez finalizadas las tareas, en una segunda parte el usuario rellenó un cuestionario para evaluar la satisfacción subjetiva. El cuestionario utilizado fue USE [11], un cuestionario con buenas características de fiabilidad, que reporta datos en base a cuatro dimensiones de usabilidad: utilidad, satisfacción, facilidad de uso y facilidad de aprendizaje. El motivo de usar USE, y no SUS, fue tener otro cuestionario diferente para evaluar, además, dimensiones más diversas de la usabilidad.

Cabe mencionar que para conseguir una evaluación más fidedigna, no se les impartió a los usuarios ningún tutorial previo sobre el uso de la herramienta; únicamente se les dio una descripción básica sobre ella. Todos los usuarios eran estudiantes de Grado de Ingeniería Informática de la EPS-UAM, los cuales poseían un dispositivo Android y estaban familiarizados con el uso de aplicaciones móviles para este sistema operativo. En concreto, participaron 10 usuarios, 5 hombres y 5 mujeres, con edades comprendidas entre 21 y 24 años ($M=21,9$; $SD=1,1$).

En cuando a los resultados obtenidos, cabe comentar que todos los usuarios realizaron las tareas propuestas sin la ayuda del evaluador. Por lo tanto, se obtuvo un 100% de eficacia. Por otro lado, los tiempos medios empleados para la realización de cada tarea fueron suficientemente aceptables exceptuando dos tareas. Analizando las sesiones de evaluación llevadas a cabo, deducimos que la justificación para estos valores fue que las tareas en sí implicaban que el usuario tuviese que escoger entre distintas opciones, lo que lleva un aumento de tiempo en la toma de decisiones. Por otro lado, se han obtenido valores porcentuales medios aceptables para las cuatro dimensiones del cuestionario USE: Facilidad de Aprendizaje (85,36% $SD=6,21$), Utilidad (79,11%; $SD=5,20$), Facilidad de Uso (80,26%; $SD=6,25$) y Satisfacción (75,51%; $SD=8,01$). El valor medio de la usabilidad percibida fue de 80,06% ($SD=4,07$). Este valor, aceptable para una primera versión del sistema, se intentará mejorar en el futuro.

4. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

La evaluación de la usabilidad es un factor crucial en el diseño de sistemas software. Existen diferentes métodos y aplicaciones para medir la usabilidad, que contribuyen de manera significativa a mejorar la calidad del producto software [1, 2, 6]. Los cuestionarios de usabilidad conforman una herramienta importante para medir la satisfacción percibida por los usuarios, y aunque existen diferentes propuestas se han encontrado carencias en cuando a la funcionalidad comparativa que proporcionan.

Para cubrir este tipo de inconvenientes, se ha diseñado SUSApp, una aplicación móvil basada en el análisis del cuestionario SUS, que permite almacenar y visualizar históricos de evaluaciones de usabilidad. Dado que la usabilidad es un concepto relativo, es necesario poder comparar el valor de usabilidad entre diferentes sistemas, lo que ayuda a establecer un umbral para saber cuándo una aplicación tiene un valor razonable de usabilidad. SUSApp proporciona representaciones estadísticas para implementar dicho marco comparativo. Además, SUSApp es una aplicación móvil, por lo que puede ser utilizada de forma rápida y fácil en cualquier lugar, ofreciendo la posibilidad de realizar comparaciones estadísticas de diferentes categorías, productos y aplicaciones.

Las pruebas con usuarios sobre SUSApp han reportado valores de usabilidad aceptables en las cuatro dimensiones estudiadas ($M = 80,06\%$; $SD=4,07$). Además, se obtuvieron comentarios positivos de los usuarios durante las pruebas realizadas.

Como trabajo futuro, se espera que SUSApp esté disponible en Play Store, y se creará una versión para iOS. Además, se mejorará la versión actual en base a los resultados de la evaluación con usuarios. Asimismo, otra línea de trabajo futuro es la de considerar otros cuestionarios de evaluación, además de SUS, y permitir comparaciones y mediciones correlacionadas, así como gráficos y estadísticos más avanzados para la interpretación comparativa de resultados.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por los proyectos «Madrid-CM», de la Comunidad de Madrid (código de proyecto S2013/ICE-2715), y «Flexor» del Ministerio de Ciencia e Innovación (código de proyecto TIN2014-52129-R).

6. REFERENCIAS

- [1] Baldassarri, S., Macías, J.A., and Urquiza, J. 2014. Trending Breakthroughs in Human-Computer Interaction. *Journal of Universal Computer Science*. 20,7 (July 2014), 941-1045. DOI= <http://dx.doi.org/10.3217/jucs-020-07>.
- [2] Bangor, A. W. 2000. *Display technology and ambient illumination influences on visual fatigue at VDT workstations*. Unpublished doctoral dissertation, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA.
- [3] Brooke, J. 1996. *SUS: a "quick and dirty" usability scale*. In P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, & A.L. McClellands. *Usability Evaluation in Industry*. London: Taylor and Francis.
- [4] ISO 9241-11:1998. *International Standard. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs)-Part 11: Guidance on usability*. ISO.
- [5] Lewis, C. 1982. *Using the "thinking aloud" method in cognitive interface design*. IBM TJ Watson Research Center.
- [6] Macías, J.A. Granollers, T. and Latorre, P. 2009. *New Trends on Human-Computer Interaction: Research, Development, New Tools and Methods*. Springer. DOI=<http://dx.doi.org/10.1007/978-1-84882-352-5>.
- [7] QUIS Questionnaire. Retrieved June 21, 2016, from The Laboratory for Automation Psychology and Decision Processes Web Page: <http://lap.umd.edu/quis/>.
- [8] Sauro, J. 2011. *Measuring Usability with the System Usability Scale (SUS)*. Retrieved June 21, 2016 from: <http://www.measuringusability.com/sus.php>.
- [9] SUMI Questionnaire. Retrieved June 21, 2016, from SUMI Web Page: <http://sumi.ucc.ie/>.
- [10] Tullis, T. and Albert W. 2008. *Measuring the User Experience*. Morgan Kaufmann.
- [11] USE Questionnaire. Retrieved June 21, 2016, from Gary Perlman's Web Page on User Interface Usability Evaluation with Web-Based Questionnaires: <http://garyperlman.com/quest/quest.cgi?form=USE>.
- [12] WAMMI Questionnaire. Retrieved June 21, 2016, from WAMMI Web Page: <http://www.wammi.com>.

La producción científica sobre usabilidad en la web

Carolina Navarro-Molina, Laura Prufionosa-Medina, Antonio Vidal-Infer, Adolfo Alonso-Arroyo
Departamento de Historia de la Ciencia y Documentación.
Universidad de Valencia
Av. Blasco Ibañez, 15.46010 Valencia. España
963926295

Carolina.Navarro@uv.es

; lauprume@alumni.uv.es; Antonio.vidal-infer@uv.es; Adolfo.alonso@uv.es

Juan-Miguel López-Gil
Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos.
Escuela Universitaria de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz.
Universidad del País Vasco
C/ Nieves Cano, 12, 01006 Vitoria-Gasteiz (Spain)
+0034 945014057

juanmiguel.lopez@ehu.es

RESUMEN

Se presenta la producción científica sobre usabilidad en la Web mediante el análisis bibliométrico de los artículos publicados y disponibles en las bases de datos *Web of Science* y *Scopus*. Se ha analizado la productividad y distribución temporal, así como la producción científica por autores, instituciones, países y revistas. Se ha observado una tendencia creciente en el número de artículos publicados, lo que confirma la consolidación y el progreso en la investigación en el campo de la usabilidad. Entre los autores más productivos predomina la afiliación a instituciones universitarias. Las instituciones con mayor producción son principalmente estadounidenses y del ámbito universitario. Las revistas más productivas pertenecen a diversas áreas del conocimiento debido a que la usabilidad abarca campos del conocimiento muy dispares.

CCS Concepts

General and reference. Document types. General literature

Information systems. World Wide Web

Software and its engineering. Software organization and properties. Contextual software domains. Extra-functional properties. Software usability

Keywords

Usabilidad; Web; análisis bibliométrico; producción científica.

1. INTRODUCCIÓN

En la sociedad actual es incontestable la relevancia de la Web, que se ha convertido en un medio de comunicación indispensable y en la principal fuente de información. (Baeza-Yates y otros, 2004). En este contexto, la usabilidad y el diseño centrado en el usuario juegan un papel primordial en el proceso de desarrollo de sitios web de éxito (Baeza-Yates y otros, 2004; Perurena Cancio y Moráquez Bergues, 2013), ya que el diseño de interfaces y la gestión del contenido de los sitios webs deben elaborarse teniendo en cuenta la perspectiva del usuario final, lo que justifica la necesidad de los estudios de usabilidad

(Baeza-Yates y otros, 2004; Bolaños-Pizarro y otros, 2009).

El término usabilidad, procedente del inglés *usability*, tiene su origen en la expresión *user friendly* (Bevan, Kirakowski y Maissel, 1991) y ha recibido numerosas definiciones a lo largo de los años (Bennet, 1979; Shackel, 1991; ISO, 1998; Brinck, Gergle y Wood, 2002; Rosson y Carroll, 2002; Hassan Montero, 2002; Krug, 2006). Forma parte del campo de la Interacción Persona-Ordenador y se encarga de analizar los aspectos relacionados con el proceso comunicativo y de interacción que se origina cuando una persona entra en contacto con un sistema interactivo (Baeza-Yates y otros, 2004; Granollers, 2004). Se trata pues, de un término que engloba medidas y métodos que buscan hacer que un sistema sea fácil de usar y de aprender. No obstante, no se limita exclusivamente a sistemas informáticos, sino que es aplicable a cualquier dispositivo con el que una persona interactúe (Baeza-Yates y Rivera, 2002; Baeza-Yates y otros, 2004).

La usabilidad es por tanto una disciplina de relevancia incontestable pero cuyo impacto científico ha sido poco estudiado hasta el momento. Por consiguiente, se hace necesario conocer el alcance de esta área de estudio a través de indicadores de productividad científica, mediante el análisis bibliométrico de las publicaciones de la misma. El análisis bibliométrico es un procedimiento documental en auge durante las últimas décadas, debido, entre otros factores, a los avances tecnológicos (Bordons y Gómez Caridad, 1997). Tiene entre sus objetivos principales el estudio del tamaño, crecimiento y distribución de los trabajos científicos. Es a partir de los estudios bibliométricos, cuando pueden obtenerse indicadores que muestren de manera global la actividad científica de las instituciones y sirvan de base para posteriores evaluaciones de la productividad de los científicos (Maz-Machado y otros, 2010). La divulgación de los resultados de la investigación por medio de las publicaciones científicas es fundamental en el proceso investigador, pues únicamente difundiendo el conocimiento se contribuye al progreso de la Ciencia. Y es en este mismo supuesto en el que se basa el uso de los indicadores bibliométricos para estudiar la actividad científica de un país o área de investigación, así como de su situación en el contexto internacional (Bordons y Gómez Caridad, 1997). Los indicadores bibliométricos más usados para medir la producción científica se fundamentan en la cuantificación de las publicaciones y las citas recibidas por los trabajos publicados, así como en el impacto de las revistas de publicación (Bordons y Zulueta, 1999), indicadores que han sido utilizados en estudios precedentes y relacionados con el ámbito de la usabilidad (Bolaños-Pizarro y otros, 2009).

El objetivo principal de este trabajo es evaluar, a través de un análisis bibliométrico, la productividad científica sobre usabilidad en la Web, siendo el primero en analizar los trabajos presentes en dos de las bases de datos científicas multidisciplinares más utilizadas, *Web of Science (WoS)*, y *Scopus*.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Fuentes de información

El presente estudio se ha realizado a partir de los registros bibliográficos obtenidos a través de la *WoS*, plataforma de la empresa Thomson Reuters, así como de *Scopus*, base de datos de Elsevier. La elección de las bases de datos se justifica por su carácter multidisciplinar e internacional y su amplia utilización en los estudios de evaluación de la producción científica, ya que incluyen información sobre las afiliaciones de todos los autores de los documentos.

2.2 Estrategia de búsqueda

Una vez escogidas las bases de datos, se formuló la estrategia de búsqueda en cada una de ellas. En el caso de la *WoS* se introdujo en el campo *Topic* la siguiente ecuación de búsqueda: Usability AND Web. No se realizó limitación temporal, de modo que fuera posible obtener una visión exhaustiva de la producción científica y determinar su evolución. La tipología documental incluyó los artículos originales y de revisión, al considerar que son los más utilizados a la hora de publicar, así como los medios de difusión de la literatura científica que mejor abarcan la actividad científica. En cuanto a *Scopus*, los términos de la estrategia de búsqueda fueron idénticos, si bien en esta ocasión, dichos términos estarían incluidos en los campos relativos a *Article Title*, *Abstract* y *Keywords*.

La cobertura temporal de la búsqueda abarcó de 1994, año del primer resultado obtenido, a 2013.

2.3 Depuración de los registros y normalización de los datos

Se obtuvieron 1.674 registros en la *WoS* y en *Scopus* 2.242, recuperándose un total de 3.916 documentos. Se realizó la importación a través del software de desarrollo propio *Bibliométricos*, que generó una base de datos en formato Microsoft Access. Tras la eliminación de duplicados (n=1.123) se realizó una revisión manual para descubrir errores debidos al ruido documental (n=315), obteniéndose un total de 2.478 registros depurados, de los cuales 2.322 (94%) fueron artículos originales y 156 (6%) artículos de revisión. Mediante la normalización manual se unificaron los términos y eliminaron los posibles errores tipográficos de transcripción o indexación. En esta fase, se tuvieron en cuenta las denominaciones de los autores, instituciones y el país de origen de estas.

Para la normalización de los autores se homogeneizaron las diferentes variantes de las firmas y se consultaron las afiliaciones institucionales en las propias bases de datos o en la web de la institución a fin de resolver los posibles conflictos. En el momento en que existieran diversas variantes para un mismo autor, se determinaba que era la misma persona si coincidía su adscripción institucional, conservándose en todos los casos la firma que aportara una mayor información.

Se empleó un criterio similar en cuanto a las instituciones. No obstante, en esta ocasión, se conservaron únicamente las macroinstituciones, es decir, Universidades, Centros, Institutos de

investigación, Fundaciones, Hospitales, etc. En aquellos registros en los que existiera duda, se consultaban las bases de datos de origen. En el caso de que la información no pudiera ser recuperada de este modo, se recurría a buscadores en Internet para localizar esa información. En el momento en el que no existiera una afiliación a una institución concreta se le asignaba la etiqueta [Independiente], por considerar que se trataba del lugar de trabajo de personas autónomas. Cuando la institución firmaba dos o más veces en un mismo trabajo, sólo se contabilizó una de ellas.

3. RESULTADOS

3.1 Producción científica

La producción científica sobre usabilidad en la Web ha experimentado un incremento constante desde 1994, especialmente en cuanto a la producción de artículos originales.

El estudio de la producción, mostró que los artículos fueron publicados en 629 revistas diferentes, siendo el *Journal of Medical Internet-Research* el destino de 49 de los trabajos recuperados, si bien el resto de las revistas que contenían una mayor producción sobre usabilidad pertenecen principalmente a temáticas informáticas y tecnológicas (Tabla 1).

Tabla 1. Revistas con un mayor número de trabajos publicados sobre usabilidad (más de 20 artículos)

| Nombre revista | N | % | FI 2014 (JCR) ¹ | Cuartil* (JCR) | SJR 2015 | Cuartil* (SJR) ² |
|---|----|-----|----------------------------|----------------|----------|-----------------------------|
| Journal of Medical Internet Research | 49 | 2,0 | 3.428 | Q1,Q1 | 1.648 | Q1 |
| International Journal of Human-Computer Studies | 36 | 1,5 | 1.293 | Q2 | 0.815 | Q1, Q2 |
| Interacting with Computers | 31 | 1,3 | 1.268 | Q3 | 0.529 | Q2 |
| Behaviour & Information Technology | 30 | 1,2 | 0.891 | Q3 | 0.667 | Q2, Q1 |
| International Journal of Human-Computer Interaction | 29 | 1,2 | 0.850 | Q3 | 0.859 | Q2, Q1 |
| Electronic Library | 22 | 0,9 | 0.535 | Q3 | 0.543 | Q2 |
| Library Hi Tech | 21 | 0,8 | 0.598 | Q3 | 0.884 | Q1,Q2 |
| Online Information Review | 21 | 0,8 | 0.918 | Q3 | 0.648 | Q1, Q2 |
| Universal Access in the Information Society | 20 | 0,8 | 0.475 | Q4 | 0.295 | Q3 |

¹ Indicador *Journal Citation Reports (JCR)* de la *WoS*

² Indicador *SCImago Journal Rank (SJR)* de *Scopus*

*La pertenencia a más de un cuartil se debe a que una misma revista puede estar incluida en más de una categoría distinta y por tanto obtener una posición diversa.

Se registraron 158 categorías asignadas por la *WoS* a las revistas agrupadas por afinidad temática, quedando 90 áreas diferentes. Así, por ejemplo *Psychology* es el resultado de fusionar áreas como (*Psychology*; *Psychology, Applied*; *Psychology, Clinical*; *Psychology, Developmental*; *Psychology, Educational*,

Psychology, Experimental; Psychology, Mathematical y Psychology, Multidisciplinary). En relación con la asignación de la base de datos *Scopus*, han participado 193 áreas que tras la agrupación han quedado clasificadas en 97 disciplinas. En ambas bases de datos destaca la categoría *Computer Science* (Tabla 2).

Tabla 2. Categorías de las revistas donde se publicaron los trabajos según la Web of Science y Scopus (con 10 ó más apariciones)

| Categorías Web of Science | Nº de apariciones |
|---------------------------------------|-------------------|
| Computer Science | 54 |
| Information Science & Library Science | 32 |
| Education | 30 |
| Medicine | 29 |
| Psychology | 23 |
| Engineering | 21 |
| Environmental Studies | 18 |
| Health | 18 |
| Science | 17 |
| Business | 15 |
| Methods | 15 |
| Engineering, Electrical & Electronic | 12 |
| Nursing | 10 |
| Categorías Scopus | Nº de apariciones |
| Computer Science | 70 |
| Medicine | 29 |
| Education | 20 |
| Information Science & Library Science | 20 |
| Communication | 19 |
| Health | 19 |
| Environmental Sciences | 16 |
| Psychology | 14 |
| Information Systems & Management | 12 |
| Ergonomics | 10 |

Se identificaron 6.845 autores, siendo los más productivos Jonathan Ling y Paul van Schaik, de University of Sunderland y University of Teesside respectivamente, con 12 trabajos cada uno (Tabla 3).

Tabla 3. Autores más productivos (con más de 10 trabajos publicados)

| Autor | Institución | País | Total Trabajos |
|--------------------|--|----------------|----------------|
| Ling, Jonathan | University of Sunderland | Reino Unido | 12 |
| van Schaik, Paul | University of Teesside | Reino Unido | 12 |
| De Jong, Menno D T | University of Twente | Países Bajos | 11 |
| Leporini, Barbara | Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) | Italia | 10 |
| Salvendy, Gavriel | Purdue University | Estados Unidos | 10 |

Respecto a la producción por instituciones, se identificaron 1.822 instituciones. University of Maryland y University of Washington fueron las más productivas con 30 artículos cada una. Sólo hay una institución española, la Universidad Carlos III de Madrid, entre las más productivas, con 15 trabajos publicados (Tabla 4).

Tabla 4. Instituciones más productivas (con más de 15 trabajos publicados)

| Institución | País | Total Trabajos |
|--|----------------|----------------|
| University of Maryland | Estados Unidos | 30 |
| University of Washington | Estados Unidos | 30 |
| Indiana University | Estados Unidos | 28 |
| University of Twente | Países Bajos | 28 |
| Purdue University | Estados Unidos | 27 |
| University of Illinois | Estados Unidos | 27 |
| IBM Corporation | Estados Unidos | 26 |
| University of Toronto | Canadá | 25 |
| Pennsylvania State University | Estados Unidos | 20 |
| University of Pittsburgh | Estados Unidos | 20 |
| Columbia University | Estados Unidos | 16 |
| University College London | Reino Unido | 16 |
| University of North Carolina | Estados Unidos | 16 |
| Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) | Italia | 15 |
| Universidad Carlos III de Madrid | España | 15 |

Los trabajos publicados fueron firmados por instituciones pertenecientes a 82 países diferentes. Agrupados por continentes, América es el de mayor producción, aunque el tercero en cuanto al número de países que lo forman. Europa, continente con mayor número de países participantes, ocupa el segundo lugar respecto al número de trabajos publicados. Los países con mayor producción según el continente fueron: Sudáfrica, Estados Unidos, República Popular de China, Reino Unido y Australia (Tabla 5).

Tabla 5. Distribución por continentes de la producción de los países firmantes

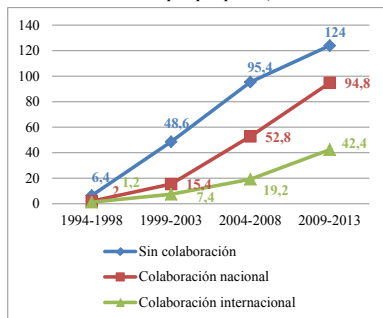
| Continente | Número de países | Total Trabajos | % |
|------------|------------------|----------------|-------|
| África | 8 | 22 | 0,5% |
| América | 12 | 1.639 | 40,1% |
| Asia | 26 | 712 | 17,4% |
| Europa | 34 | 1.562 | 38,2% |
| Oceania | 2 | 157 | 3,8% |

Tanto el número de firmas como el número de trabajos han experimentado una tendencia al alza, a lo largo de los años estudiados, si bien es cierto, que el crecimiento del número de firmas ha sido mucho más acentuado que el de documentos publicados, contando para 2013 con un total de 985 firmas frente a 4 registradas en 1994. En cuanto a la evolución temporal del número de autores por trabajo, se observó que el promedio oscilaba entre 1,6 y 4 autores por documento, siendo la media total de 3,02. Durante este periodo, dicho promedio sufrió fluctuaciones constantes. Sin embargo, prácticamente la totalidad de los trabajos analizados (n=2.478; 99,8%) han sido firmados por más de dos autores. El 78,8% de los artículos fueron firmados por 3 o más autores.

En términos de colaboración científica, se observó el aumento tanto del número de trabajos sin colaboración, como aquellos

frutos de una colaboración, fuera ésta nacional o internacional. No obstante, este crecimiento fue distinto para cada una de las modalidades. Los trabajos realizados sin ningún tipo de colaboración han sido y siguen siendo los más numerosos. Todo lo contrario sucede con los documentos derivados de una colaboración internacional, pues aun creciendo, su ritmo es más moderado (Figura 1).

Figura 1. Distribución de la colaboración científica (media anual por quinquenios)



4. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

A lo largo del periodo analizado, se ha observado una tendencia creciente en el número de artículos publicados, lo que pone de manifiesto el carácter emergente de esta disciplina. Este aumento coincide con el auge de Internet, de lo cual se deriva que las aplicaciones prácticas de la usabilidad se centrarían en el análisis de páginas web y otras interfaces semejantes.

Se aprecian variaciones en las temáticas abordadas, lo que puede estar fundamentado en el carácter multidisciplinar del área destacando el importante papel que desempeña en el ámbito de las Ciencias de la Salud como queda reflejado en que la revista con mayor producción científica, sea el *Journal of Medical Internet Research*.

A partir de los indicadores *Journal Citation Reports* (JCR) las publicaciones periódicas con un mayor factor de impacto (FI) siguiendo el primer indicador (JCR) son *Nucleic Acids Research* y *Journal of Medical Internet Research*. Para el SJR, la primera revista continua siendo *Nucleic Acids Research* seguida de *Computers & Education*. En ambos, todas las publicaciones con mayor visibilidad se encuentran situadas en el 1er cuartil.

En cuanto a los autores más productivos, únicamente 5 cuentan con 10 o más artículos publicados, teniendo los dos máximos productores, Jonathan Ling y Paul van Schaik, 12 trabajos respectivamente. Ambos, investigadores en el área de Psicología en universidades de Reino Unido.

Estados Unidos se posiciona como el país con mayor producción científica absoluta y entre las instituciones con una mayor productividad, se encuentran University of Maryland, University of Washington e Indiana University. La distribución institucional de los documentos refleja el predominio del sistema universitario frente a otras instituciones como centros e institutos de investigación, siendo una excepción el caso de IBM Corporation.

En próximos trabajos el análisis de las redes sociales permitirá conocer las estructuras de colaboración entre autores, instituciones y países. Asimismo, el estudio de palabras clave asignadas a estos trabajos permitirá conocer la evolución temática que ha sido abordada a lo largo de este periodo.

5. REFERENCIAS

- [1] Baeza-Yates, R., Rivera Loaiza, C., Velasco Martín, J. 2004. Arquitectura de la información y usabilidad en la web. *Prof. Inf.* 13, 3, 168-178.
- [2] Perurena Cancio, L., Moráquez Bergues, M. 2013. Usabilidad de los sitios web, los métodos y las técnicas para la evaluación. *Rev. cuba. inf. cien. Salud.* 24, 2, 176-194.
- [3] Bolaños-Pizarro, M., Vidal-Infer, A., Navarro-Molina, C., Valderrama-Zurián, J., González-Alcaide, G., Alexandre-Benavent, R. 2009. Análisis de la productividad científica y visibilidad de las publicaciones sobre usabilidad (1971-2005). *Rev. Esp. Doc. Cient.* 32, 1. DOI=10.3989/revdc.2009.1.660.
- [4] Bennett, J. L. 1979. The commercial impact of usability in interactive systems. In *Man-Computer Communication, Infotech State-of-the-Art, Infotech State of the Art Report*, vol. 2. Infotech International, 1-17. Maidenhead, UK.
- [5] Shackel, B. 1991. Usability-context, framework, definition, design and evaluation. *Interact. Comput.* 21-37.
- [6] ISO 9241-11:1998. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) - Part 11: Guidance on usability, ISO.
- [7] Brinck, T., Gergle, D., Wood, S. D. 2002. *Designing web sites that work: Usability for the web*. Morgan Kaufmann
- [8] Rosson, M. B., Carroll, J. M. 2002. Usability engineering: Scenario-based development of human-computer interaction. Morgan Kaufmann.
- [9] Hassan Montero, Y. 2002. Introducción a la usabilidad. *No Solo Usabilidad*. Recuperado de http://www.nosolousabilidad.com/articulos/introduccion_usabilidad.htm.
- [10] Krug, S. 2006. *No me hagas pensar: Una aproximación a la usabilidad en la web* (2a ed.). Madrid, Pearson Educación
- [11] Baeza-Yates, R., Rivera Loaiza, C., Velasco Martín, J. 2004. Arquitectura de la información y usabilidad en la web. *Prof. Inf.* 13, 3, 168-178.
- [12] Granollers i Saltiveri, T. 2004. MPlu+a, una metodología que integra la ingeniería del software, la interacción persona-ordenador y la accesibilidad en el contexto de equipos de desarrollo multidisciplinares. Tesis doctoral. Universitat de Lleida. Recuperado de <http://www.tdx.cat/handle/10803/8120>.
- [13] Bordons, M., Gómez Caridad, I. 1997. La actividad científica española a través de indicadores bibliométricos en el periodo 1990-93. *Rev. Gen. Inf. Doc.* 7, 2, 69-86.
- [14] Maz-Machado, A., Torralbo-Rodríguez, M., Vallejo-Ruiz, M., Bracho-López, R. 2010. Análisis bibliométrico de la producción científica de la Universidad de Málaga en el Social Sciences Citation Index (1998-2007). *Rev. Esp. Doc. Cient.*, 33, 4, 582-599. DOI= 10.3989/revdc.2010.4.757.
- [15] Bordons, M., Zulueta, M. 1999. Evaluación de la actividad científica a través de indicadores bibliométricos. *Rev Esp Cardiol.* 52, 10, 790-800.

Un Conjunto de Heurísticas para Seguridad Usable y Autenticación de Usuario

Paulo C. Realpe, Cesar A. Collazos, Julio Hurtado
Universidad del Cauca
Grupo de Investigación IDIS
Popayán, Colombia
{prealpe, ccollazo, ahurtado}@unicauca.edu.co

Antoni Granollers
Universidad de Lleida
Grupo de Investigación GRIHO
Lleida, España
tonig@diei.udl.cat

RESUMEN

En la actualidad, la seguridad computacional es una de las tareas más importantes para el apoyo de procesos de comercio electrónico con el fin de proteger información sensible. Sin embargo, los problemas de seguridad de los sistemas informáticos incluyen vulnerabilidades los cuales resultan difíciles de usar y sus interfaces de usuario son pobres debido a las restricciones de seguridad. En la actualidad, encontrar un equilibrio entre la seguridad y usabilidad es un desafío, sobre todo para los servicios de autenticación de usuario. En este trabajo se presenta un conjunto de 153 heurísticas como herramienta para evaluar el grado de cumplimiento en algunas aplicaciones de acuerdo a la seguridad, usabilidad y otras características para autenticación de usuario (e.g. rendimiento, accesibilidad, operabilidad y fiabilidad). La principal contribución de este trabajo es proponer una posible normalización de estas heurísticas formuladas en oraciones interrogativas para facilitar su evaluación. Cada heurística está acompañada por comentarios que facilitan su evaluación.

Palabras clave

Seguridad usable, heurística, autenticación, atributo, evaluación, proceso de diseño

1. INTRODUCCIÓN

La seguridad computacional es el área de la informática a cargo de la confidencialidad y la integridad de los datos. La mayoría de las aplicaciones actuales han incorporado características de seguridad y privacidad. Sin embargo, la seguridad es en general un objetivo secundario para la mayoría de usuarios, ya que es complejo de usar y delegan la seguridad al propio sistema o a terceros. Como resultado de lo anterior, algunas decisiones con respecto a la seguridad son equivocadas, y por lo tanto, la información podría estar en riesgo. La seguridad usable es el campo que investiga estos temas, centrándose en el diseño de las características de seguridad y privacidad que son fáciles de usar [1].

En la literatura se han llevado a cabo investigaciones sobre la seguridad usable y autenticación de usuario, aunque se ha realizado una mayor cantidad de trabajos de investigación con respecto a la seguridad informática [2]. Esto se debe a que la integración de métodos en HCI (Human-Computer Interaction) con métodos de seguridad computacional no es sencillo, debido que las direcciones de la seguridad son complejas y el uso de la aplicación no es sencilla. Por lo tanto, encontrar un equilibrio entre la seguridad y usabilidad siempre es un reto.

Creemos que una manera de lograr un equilibrio entre usabilidad y seguridad podría ser a través de recomendaciones que pueden ser evaluadas a una aplicación (e.g. banca electrónica, comercio electrónico, etc). Uno de los métodos de evaluación más utilizados es la evaluación heurística (EH). Se puede aplicar durante el proceso de desarrollo de sistemas interactivos o se utiliza en un sistema real, además, no es necesario una exhaustiva planificación

y el proceso de evaluación es muy intuitivo [3]. La EH es un método eficaz para revisar las interfaces mediante la adopción de recomendaciones basadas en el diseño centrado en el usuario (User-Centered Design) y contrastándolas con las aplicaciones. Estas recomendaciones vienen en diferentes formas, tales como principios de diseño, heurísticas, directrices, pautas y normas de diseño los cuales pueden ser utilizados por diseñadores de interfaces y evaluadores [4].

Para seguridad usable y autenticación de usuario, la adaptación de un conjunto heurístico es especialmente un desafío. Es posible utilizar heurística de usabilidad universal, como Nielsen [5], pero no cubren los aspectos que intervienen en aplicaciones donde la seguridad está presente. Para sistemas de autenticación son necesarias algunas heurísticas con el fin de apoyar características específicas tales como: rendimiento, accesibilidad, fiabilidad y operabilidad.

En este trabajo se presenta un conjunto de 153 heurísticas como herramienta para evaluar el grado de cumplimiento en algunas aplicaciones de acuerdo a la seguridad, usabilidad y otras características para autenticación de usuario (e.g. rendimiento, accesibilidad, operabilidad y fiabilidad). La principal contribución de este trabajo es proponer una posible normalización de estas heurísticas formuladas en oraciones interrogativas para facilitar su evaluación. Cada heurística está acompañada por comentarios que facilitan su evaluación.

2. ENFOQUE METODOLOGICO

El conjunto de heurísticas propuesto se basa en un análisis de varios trabajos, estos trabajos presentan directrices o requisitos de seguridad usable y autenticación. Aunque estos trabajos no cubren todos los aspectos de seguridad usable y autenticación, es un buen punto de partida para una posible normalización.

Para desarrollar el conjunto de heurísticas, se utilizaron cuatro tipos de metodologías. Estas metodologías se eligieron teniendo en cuenta el nivel de complejidad y consumo de tiempo en el análisis de los resultados. Ling y Salvendy [6] se basa en estudios de trabajos previos, modificación de heurísticas existentes y evaluación de los resultados. Esta metodología se ha utilizado con éxito en el desarrollo de heurísticas para pantallas táctiles y aplicaciones de espacio de trabajo de grupos compartidos.

Una segunda metodología se basa en Bonastre y Granollers [4], permite la obtención de heurísticas utilizando la recolección de todas las recomendaciones dadas por los trabajos relacionados. Luego de esto, cada recomendación se reescribe en forma interrogativa anexándole un breve comentario.

El tercer método para obtener la heurística se basa en Paddison y Englefield [7], este método consiste en examinar la literatura y analizar trabajos anteriores. Esta metodología es similar a una revisión sistemática de la literatura donde un estudio y análisis en materia de seguridad utilizable y la autenticación del usuario se llevan a cabo para encontrar las heurísticas en estos campos.

Por último, la cuarta metodología utilizada fue Rusu et al. [8], ellos proponen una metodología para desarrollar heurísticas de usabilidad para aplicaciones emergentes. En este caso, las etapas 1 a 4 de la metodología propuesta se realizaron para seguridad usable y autenticación de usuario. Etapas 5 y 6 están aún por realizar.

3. HEURÍSTICAS PROPUESTAS

En esta sección, se presenta un conjunto de 153 heurística listas para ser revisados por expertos. El conjunto es el resultado de las recomendaciones para seguridad usable y la autenticación a partir de los enfoques metodológicos presentados en la Sección 2.

3.1 Organización heurística

Las heurísticas están reunidas en 6 atributos o características. Estos atributos son obtenidos de trabajos relacionados, donde se identifican y analizan los atributos mencionados en cada estudio. Una breve descripción de cada atributo o característica es presentada a continuación [9].

3.1.1 **Usabilidad:** basado en las diez heurísticas de Nielsen para el diseño de interfaces de usuario [5], además, también se incluye el criterio de transmitir características de Johnston et al. [10]. Transmitir características informa al usuario la disponibilidad de las características de seguridad mientras que el criterio de visibilidad de Nielsen permite al usuario "ver" si estas características están activas y están siendo usadas.

3.1.2 **Seguridad:** está integrada por las cinco características de acuerdo a ISO/IEC 25010:2011 tales como: integridad, autenticidad, confidencialidad, privacidad y no repudio [11].

3.1.3 **Operabilidad:** se refiere al esfuerzo requerido para operar un método de autenticación.

3.1.4 **Accesibilidad:** en los sistemas de autenticación, la accesibilidad permite que todas las personas, independientemente de la habilidad cognitiva, movilidad y sensorial, puedan utilizar cualquier mecanismo de autenticación. Esto incluye discapacidades como el oído, la vista, la movilidad, el aprendizaje y el color, que son pertinentes en un contexto de autenticación. La accesibilidad también se aplica a los niveles de alfabetización y habilidades técnicas, así como la calidad de los equipos de los usuarios [12].

3.1.5 **Fiabilidad:** la fiabilidad indica la capacidad de realizar funciones específicas que permiten la realización de una autenticación exitosa. En este sentido, también es importante tener en cuenta algunos aspectos de la seguridad (integridad y confidencialidad), mantenimiento y soporte técnico.

3.1.6 **Desempeño:** para los sistemas de autenticación, es tenido en cuenta para este caso dos aspectos; mínima acción y tiempo de respuesta [13].

3.2 Presentación heurística

Cada heurística se presenta de acuerdo con el orden de las columnas: en la primera columna, la heurística se formulan como interrogantes de acuerdo con el atributo o característica, en la segunda columna se presenta una breve descripción o ejemplo de la heurística y finalmente, en la tercera columna de las referencias.

4. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

El conjunto de heurísticas presentado en este trabajo es una herramienta para los evaluadores con base a atributos o características de la norma ISO / IEC 25010: 20011 para revisar aspectos de una aplicación que puede afectar a la seguridad y la usabilidad. Es una lista abierta que podría extenderse añadiendo más recomendaciones para crear un conjunto mayor y más exhaustivo de heurísticas. El conjunto será actualizado y adaptado por modificaciones, cambios y adiciones a causa de las críticas que

puedan hacer los expertos en seguridad y usabilidad. Es necesario añadir que el actual conjunto de heurísticas tiene algunas limitaciones. El conjunto heurístico aún no se ha utilizado para su aplicación en casos reales (por ejemplo, e-banking). En consecuencia, no es posible probar empíricamente su eficiencia.

Como trabajo futuro se orientará a analizar y revisar las heurísticas por expertos con el fin de obtener un nivel de importancia para cada heurística, además examinar las sugerencias de los expertos de acuerdo con las heurísticas establecidos para ser modificado o mejorado. Por otra parte, al utilizar el conjunto de heurística para evaluar los diferentes sitios web de banca electrónica con el fin de obtener y analizar los resultados. Esto también servirá para mejorar el conjunto heurístico.

5. REFERENCIAS

- [1] A. Yeratziotis, D. Greunen, D. Pottas, "A framework for evaluating usable security: The case of online health social networks", *6th International Symposium on Human Aspects of Information Security and Assurance*, 2012, pp. 97-107.
- [2] Payne, B., Edwards, W.: A Brief Introduction to Usable Security. *IEEE Computer Society*, 2008.
- [3] J. Nielsen, R. Mack, *Heuristic evaluation. In Usability inspection methods*, Jakob Nielsen and Robert L. Mack (Eds.). John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, 1994.
- [4] L. Bonastre, T. Granollers, "A Set Of Heuristics for User Experience Evaluation in E-commerce Websites," in *Seventh International Conference on Advances in Computer-Human Interactions*, IARIA, 2014, pp. 27-34.
- [5] J. Nielsen. 10 Usability Heuristics for User Interface Design. Nielsen Norman Group. On line (last visit: 24th June 2016): <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>, 1995.
- [6] C. Ling and G. Salvendy, "Extension of heuristic evaluation method: a review and re-appraisal," *International Journal of Ergonomics and Human Factors*, vol. 27, 2005, pp. 179-197.
- [7] C. Paddison and P. Englefield, "Applying heuristics to accessibility inspections," *Interacting with Computers*, vol. 16, 2004, pp.507-521.
- [8] C. Rusu, S. Roncagliolo, V. Rusu, and C. Collazos, "A methodology to establish usability heuristics," *4th International Conferences on Advances in Computer-Human Interactions*, IARIA, 2011, pp. 59-62.
- [9] P. Realpe, C. Collazos, J. Hurtado, T. Granollers and J. Velasco, "An Integration of Usable Security and User Authentication into the ISO 9241-210 and ISO/IEC 25010:2011," *4th International Conference on Human Aspects of Information Security, Privacy and Trust*, 2016.
- [10] J. Johnston, J. Eloff, and L. Labuschagne, "Security and human computer interfaces," *Computers & Security*, vol. 22, no. 8, December 2003, pp. 675-684.
- [11] ISO, "Systems and software engineering - systems and software quality requirements and evaluation (SQuARE) - system and software quality models," ISO/IEC 25010-2011, Tech. Rep., March 2011.
- [12] K. Renaud, "Quantifying the quality of web authentication mechanisms a usability perspective," *Journal of Web Engineering*, vol. 3, no. 2, 2003, pp. 95-123.
- [13] C. Braz, A. Seffah, and P. Poirier, "Designing usable, yet secure user authentication services: A user authentication protocol," *5th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics*, vol. 20. AHFE, 2014, pp. 155-165.

Estudio de Usabilidad de la Red Social Privada SocialNet mediante Evaluación Heurística

José Miguel Toribio Guzmán
Instituto Ibérico de Investigación en
Psicociencias, Fundación INTRAS
Ctra. de la Hiniesta 137. 49024
Zamora, España
+34 980 516 427
investigacion4@intras.es

Alicia García-Holgado
Grupo de Investigación GRIAL,
Dpto. de Informática y Automática,
Universidad de Salamanca
Paseo de Canalejas 169, 37008
Salamanca, España
+34 923294500 ext. 3433
aliciagh@usal.es

Felipe Soto Pérez
Instituto Ibérico de Investigación en
Psicociencias, Fundación INTRAS
Ctra. de la Hiniesta 137. 49024
Zamora, España
+34 980 516 427
psicoeac@intras.es

Francisco J. García-Peñalvo
Grupo de Investigación GRIAL,
Dpto. de Informática y Automática,
Universidad de Salamanca
Paseo de Canalejas 169, 37008
Salamanca, España
+34 923294500 ext. 3433
fgarcia@usal.es

Manuel A. Franco Martín
Servicio de Psiquiatría y Salud Mental, Hospital Provincial
/Departamento de Personalidad, Evaluación y
Tratamiento Psicológico (Universidad de Salamanca)
Hernán Cortés, 40. 49021
Zamora, España
+34 980 520 200
mfm@intras.es

RESUMEN

El propósito de este trabajo es la evaluación de la usabilidad de la aplicación SocialNet una red social privada para el seguimiento del progreso diario de los pacientes por sus familiares. En este documento se presenta la primera fase donde se utilizó como método de evaluación de la usabilidad una doble evaluación heurística que se ha mostrado como un método adecuado para encontrar los problemas de usabilidad asociados a este tipo de red social donde la privacidad de la información juega un papel importante. La evaluación ha proporcionado datos acerca del origen de los problemas de usabilidad de SocialNet especialmente relacionados con la consistencia, el diseño y la privacidad. Los hallazgos encontrados han servido para rediseñar algunos aspectos de SocialNet y evitar que los usuarios potenciales se encuentren con ellos. La utilización de la evaluación heurística será complementada con un test de usuarios que será llevado a cabo en una segunda fase del estudio de usabilidad, que no será tratada en este documento.

Palabras clave

Usabilidad; Evaluación Heurística; Redes sociales; Sistemas de Información; Web.

1. INTRODUCCIÓN

El uso de las nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) está muy extendido, el 46% de la población mundial son usuarios de Internet y el 51% utiliza dispositivos móviles [2]. En el sector sanitario también se han incorporado las TIC no solo para apoyar las actividades diarias en los hospitales y otros centros de salud, sino también para mejorar la eficacia terapéutica. Desde la perspectiva de la atención en salud mental, hay que significar que se promueve la atención comunitaria, es decir, intervenir fuera del entorno hospitalario, ya sea en centros de día, pisos supervisados, o diferentes actividades para promover su rehabilitación y facilitar su integración social. Para avanzar en ese objetivo, el empleo de TIC puede constituirse como una estrategia relevante.

No obstante, las personas con enfermedad mental ingresan en los hospitales, siendo importante que durante ese periodo no se pierda el contacto entre la persona con enfermedad mental y su red social de apoyo. Además, es importante que la información sobre la evolución del paciente no se circunscriba únicamente a la hospitalización, y que no sea únicamente para comunicar contingencias ocurridas. Es importante que la información fluya entre los distintos actores implicados de modo que se potencie la red social de apoyo a la persona con enfermedad mental grave: familiares, amigos, cuidadores (formales e informales), terapeutas y por supuesto, el paciente. En este sentido, se sabe que la inclusión activa de los familiares en la vida del paciente tiene un impacto positivo en su proceso de mejora [1]. Por tanto, es muy importante poder desarrollar herramientas que favorezcan la comunicación segura y fiable entre todas las personas implicadas e interesadas en la evolución del paciente.

SocialNet es una herramienta *online* que proporciona una red social privada para cada paciente, sus familiares y cualquier persona autorizada por el mismo. Los cuidadores u otras personas involucradas en la evolución del paciente pueden compartir información sobre las actividades, sesiones, etc., en el espacio privado del paciente.

El objetivo de este trabajo es evaluar la usabilidad de SocialNet mediante una doble evaluación heurística, con la intención de que sea un producto usable y satisfactoria para los usuarios. Actualmente, SocialNet es un prototipo funcional disponible en <http://psiquiatria.grial.eu>.

2. PROCEDIMIENTO

Para llevar a cabo la evaluación heurística de SocialNet se emplearon las 10 reglas heurísticas propuestas por Nielsen [3], a la que se ha añadido otro heurístico: Privacidad. Este heurístico propuesto por Pierotti [4] tiene importancia porque al tratarse de una red social privada, es necesario proteger la información personal.

Dado que la evaluación heurística es un standard creado hace más de 20 años, muchos evaluadores encuentran que la lista original

de Nielsen no siempre cumple con sus necesidades específicas y plantean alguna regla diferente o se reinterpretan las descripciones originales de Nielsen [3].

La recomendación general es que una evaluación heurística debe realizar por 3 a 5 expertos, sin embargo Zazelenchuck [5] plantea que una evaluación heurística puede realizarse con uno o más evaluadores experimentados en aplicar un conjunto de heurísticas a un sistema dado. La crítica de este posicionamiento es que cuando solo hace la evaluación un experto puede haber problemas de fiabilidad en sus resultados y recomendaciones, si bien, parece que cuando son varios también hay problemas de fiabilidad en la aplicación de las normas y directrices por todos los evaluadores lo que lleva a que aparezcan frecuentes "falsos positivos" [5].

Por este motivo, en este estudio se ha realizado una doble revisión de la aplicación web SocialNet por un único experto. Con ello se pretende poner en práctica una alternativa poco usada, pero viable, en el campo de la usabilidad, consistente en una doble evaluación heurística como alternativa novedosa.

3. RESULTADOS

El experto inicialmente valoró la aplicación como un primer usuario del sitio web de SocialNet. Para cada uno de los perfiles de usuario (Gestor General, Cuidador Gestor, Cuidador, Familiar/Autorizado) el experto hizo una breve descripción de los errores encontrados y seleccionó para cada error los heurísticos aplicables.

En la primera evaluación se obtuvo que los heurísticos que presentan mayor número de errores corresponden a Consistencia y estándares (16 errores), Diseño estético y minimalista (7 errores) y Privacidad (9 errores). El resto de heurísticos obtuvieron 1 o ningún error. Además, se valoró el número de errores encontrados por perfil de usuario y heurístico, siendo los perfiles en los que más errores se detectan los de gestor general y cuidador gestor. La excepción se presenta en el heurístico 11 donde el perfil de usuario en el que más errores se detectan es el de cuidador.

Tras esta primera revisión se llevó a cabo un rediseño basado en el análisis de los resultados obtenidos.

Una vez mejorado el diseño anterior, se llevó a cabo una segunda revisión en la que participó el mismo experto que lo hizo en la primera, pero esta vez desde una visión diferente, la de un usuario con experiencia en la web y con experiencia previa en SocialNet.

La segunda evaluación solo encontró problemas en cuatro de los once heurísticos, la Libertad y control del usuario (1 error), la Consistencia y estándares (5 errores), Diseño estético y minimalista (3 errores), y la Privacidad (12 errores). Además, se obtuvo el número de errores por perfil de usuario y heurístico, encontrándose que los perfiles de gestor general y cuidador gestor son los que más errores contienen. La excepción, al igual que ocurrió en la primera evaluación, es el heurístico 11 que detecta más errores en el perfil de cuidador gestor.

Tras la segunda evaluación se llevó a cabo un nuevo rediseño de SocialNet.

4. DISCUSIÓN

El resultado del análisis cuantitativo de los datos tras la primera evaluación indica que es necesaria una homogenización de las etiquetas, eliminar la presencia de información irrelevante y mejorar aspectos de privacidad. En cuanto a los perfiles de uso, se ha podido observar que los perfiles que más errores contienen son

los que tiene más tareas encomendadas como el gestor general o el cuidador gestor, es decir, tienen más permisos, lo que hace que tengan que llevar a cabo tareas de mayor complejidad y por lo tanto la interfaz es más compleja. A medida que los permisos se reducen la interfaz es más simple.

El resultado del análisis de los datos de la segunda evaluación muestra una reducción sustancial de los errores respecto al primer estudio (Figura 1), hasta tal punto que únicamente en cuatro de los once heurísticos se han hallado errores, aunque en uno de ellos (privacidad) se incrementaron. En relación a los perfiles de uso, al igual que ocurrió en la primera evaluación los perfiles en los que más errores se encuentran siguen siendo aquellos que tienen más tareas encomendadas como el gestor general o el cuidador gestor.

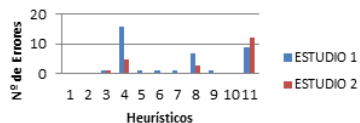


Figura 1: Comparativa de errores por estudio

El hecho de que tras esta segunda evaluación no sigan apareciendo errores, aunque se hayan reducido, está en la misma base de la evaluación y en como la experiencia de un mismo evaluador al realizar diferentes estudios de una misma aplicación lleva a detectar errores que en un primer momento no fueron hallados. Esto se puede justificar porque en el primer uso de SocialNet, y teniendo en cuenta la dificultad de evaluar una red social especialmente en aspectos de privacidad de la información, la evaluación se realiza a un nivel superficial, sin embargo al disponer de más experiencia en el sistema se pueden alcanzar una mayor profundidad y precisión en la evaluación. Esto permite plantear que quizás se puedan obtener mejores resultados con un solo evaluador que reevalúa la aplicación que con varios que la evalúan una sola vez.

5. CONCLUSIONES

En este estudio se ha optado por llevar a cabo una evaluación de la usabilidad mediante evaluación heurística, basada en un doble estudio realizado por un único evaluador, con la intención de que todos los usuarios independientemente de su perfil puedan tener una interacción eficaz, eficiente y una experiencia de usuario satisfactoria. Los resultados sugieren que la metodología de evaluación heurística que implica sólo un evaluador con una comprensión profunda y completa de la aplicación es muy útil y práctica. Esta técnica ha proporcionado datos acerca del origen de los problemas de usabilidad de SocialNet, especialmente relacionados con la consistencia, el diseño y la privacidad, lo que ha permitido rediseñar algunos aspectos de SocialNet, y facilitar su empleo. La utilización de la evaluación heurística debe ser complementada con un test de usuarios que será llevado a cabo con posterioridad y donde se podrán observar los problemas reales de los usuarios y medir su experiencia con SocialNet.

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren dar las gracias a la Fundación INTRAS (<http://www.intras.es>) y al Grupo de Investigación en InterAcción y eLearning (GRIAL) de la Universidad de Salamanca (<http://grial.usal.es>) por sus contribuciones y soporte.

Este trabajo de investigación ha sido parcialmente realizado dentro del Programa de Doctorado en Formación en la Sociedad del Conocimiento de la Universidad de Salamanca (<http://knowledgesociety.usal.es>) con financiación del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte del Gobierno de España para la Formación de Profesorado Universitario (FPU014/04783).

7. REFERENCIAS

- [1] Giron, M., Nova-Fernández, F., Mañá-Alvarenga, S., Nolasco, A., Molina-Habas, A., Fernández-Yañez, A., Tabarés-Seisdedos, R., and Gómez-Beneyto, M., 2015. How does family intervention improve the outcome of people with schizophrenia? *Social psychiatry and psychiatric epidemiology* 50, 3, 379-387. DOI=<http://dx.doi.org/10.1007/s00127-014-0942-9>.
- [2] Kemp, S., 2016. *Digital in 2016*. We Are Social, <http://www.slideshare.net/wearesocialsg/digital-in-2016>.
- [3] Nielsen, J., 1994. Heuristic evaluation. *Usability inspection methods* 17, 1, 25-62.
- [4] Pierotti, D., 1995. Heuristic evaluation-a system checklist. *Xerox Corporation*.
- [5] Zazelenchuk, D., 2006. Heuristic Evaluation and its alternatives, <http://www.userfocus.co.uk/articles/heuristics.html>.

Usabilidad y Experiencia de Usuario (II)

La realización de tareas universales utilizando un mini iPad: evaluación de la usabilidad para personas con discapacidad intelectual

Tânia Rocha
University of
Trás-os-Montes and
Alto Douro and
INESC TEC
Quinta de Prados,
5000-801 Vila Real
Campus da FEUP,
Rua Dr. Roberto Frias, 4200 - 465
Porto
+351 912620074
trocha@utad.pt

Maximino Bessa
University of
Trás-os-Montes and
Alto Douro and
INESC TEC
Quinta de Prados,
5000-801 Vila Real
C Campus da FEUP,
Rua Dr. Roberto Frias, 4200 - 465
Porto
+351 939012174
maxbessa@utad.pt

Luciana Cabral
University of
Trás-os-Montes and
Alto Douro and
CITCEM
Quinta de Prados,
5000-801 Vila Real
lcabral@utad.pt

RESUMEN

Con este estudio se tiene como objetivo evaluar si un dispositivo mini iPad es una opción útil en la interacción digital para realizar selección, modificación e inserción de tareas por personas con discapacidad intelectual. Este estudio se basa en estudios previos donde la usabilidad se evaluó para tareas universales utilizando el teclado y ratón como dispositivos de entrada [1]. Esto nos permitió evaluar la usabilidad de un pequeño mini iPad y compararlo con otros dispositivos de entrada, a saber, dos teclados y un ratón.

Para la evaluación de la usabilidad se registraron las siguientes variables: éxito de las tareas, el tipo de dificultades encontradas, los errores y los indicadores de satisfacción. Los resultados indicaron que este grupo de usuarios estaban muy motivados para aprender cómo manejar el iPad, varios usuarios pidieron repetir la tarea y nadie abandonó ninguna de las tareas solicitadas. A pesar del número de errores registrados en su interacción, ellos siempre supieron cómo superar el error y nunca mostraron frustración y desmotivación.

Por otra parte, ellos tuvieron un buen rendimiento (relación entre las variables: tiempo de término de la tarea, el número de errores y dificultades sentidas) con el dispositivo mini iPad, sin embargo, en comparación con el teclado y el ratón, su rendimiento aumentó.

Palabras claves

Evaluación, usabilidad, mini iPad, tareas universales; pruebas con usuarios.

AGRADECIMIENTOS

We thank all people who directly or indirectly helped in this study. This work is partially supported by the project "TEC4Growth - Pervasive Intelligence, Enhancers and Proofs of Concept with Industrial Impact/NORTE-01-0145-FEDER-000020" is financed by the North Portugal Regional Operational Programme (NORTE 2020), under the PORTUGAL 2020 Partnership Agreement, and through the European Regional Development Fund (ERDF).

REFERENCES

- [1] Rocha, T., Bessa, M., Magalhães, L. and Cabral, L. 2015. Performing universal tasks on the Web: interaction with digital content by people with intellectual disabilities. In: *XVII International Conference on HCI* (interacción 2015) (Vilanova i la Geltrú, Spain, September 7-9, 2015). Interacción 2015 Proceedings, ACM New York, NY, USA. ISBN: 978-1-4503-3463.

La inclusión de las metodologías de experiencia de usuario en el sector de la consultoría: una aproximación a la experiencia de Capgemini

Cristina Gallego Gómez
Capgemini
C/ Anabel Segura, 14, 28108
+34 657 70 00

Cristina.gallego-gomez@capgemini.com

Consuelo Puchades Ruiz
Capgemini
C/ Anabel Segura, 14, 28108
+34 657 70 00

Consuelo.puchades-ruiz@capgemini.com

ABSTRACT

A través de una aproximación a la experiencia de un estudio de caso se pretende un acercamiento para conocer la forma de trabajo de esta disciplina desde el punto de vista de la empresa, en concreto, Capgemini, y conocer de esta manera, la aplicación del diseño centrado en el usuario tratado desde el sector de la consultoría. Previamente se realiza un acercamiento teórico, y se finaliza ofreciendo las principales conclusiones, limitaciones y futuras líneas de investigación.

CCS Concepts

- Human-centered computing—HCI design and evaluation methods
- Human-centered computing—User centered design

Palabras clave

Diseño de servicios, diseño centrado en el usuario, diseño de experiencias digitales, metodología UX, consultoría

1. INTRODUCCIÓN

El campo de la Experiencia de Cliente, ha cobrado importancia en los últimos años porque hemos entrado en la era del cliente.

Las personas, tienen cada vez, vidas más digitales, con acceso a la tecnología que les permite tomar decisiones basadas en mayor información y por tanto, les permite ser más eficaces en sus interacciones diarias con empresas y otros individuos (BBVA, 2013).

Es por ello, que las empresas, para mantener su competitividad, necesitan proporcionar un valor diferencial. Debido a esto, según afirma BBVA (2013), Forrester, ha detectado un incremento en el número de compañías que cuentan con un ejecutivo que lidera las iniciativas en torno a la experiencia de cliente para una unidad de negocio o toda la empresa durante los últimos siete años. De hecho, Bloomberg businessweek (2011) afirma que el 80% de las empresas encuestadas marcaba la experiencia del cliente como mayor objetivo estratégico a conseguir. A día de hoy, son muchas las empresas de diseño de servicios que se han creado, las agencias de publicidad también han incluido las disciplinas de UX dentro de su *offering*, y las consultoras y grandes clientes, han creado divisiones especializadas en transformación digital.

Y es que el marketing ha cambiado su paradigma, su foco ha dejado de estar centrados en el producto (marketing 1.0) para hacerlo en el cliente (Marketing 2.0) con el fin de mantener

relaciones duraderas, (Kotler, 2011). El reto actual, es conseguir materializar que el cliente esté en el centro de todas las acciones, a modo de servicios que son ofrecidos/ comercializados.

Para las organizaciones, esto ha supuesto un cambio en el *know how*, tanto para las empresas dedicadas a consultoría como para otros sectores se han tenido que adaptarse para poder llegar a sus clientes de forma táctica y estratégica, debido a la nueva demanda.

2. MARCO TEÓRICO

Debido a que la tecnología está presente en la mayoría de los procesos hoy en día debido a la transformación digital, las empresas continúan adaptando sus procesos a un mercado cada vez más digitalizado y automatizado

A través de esto surgen nuevas necesidades, y nuevas formas de trabajo que revocan en metodologías específicas. Es el caso de la aplicación de técnicas de “Design Thinking”, “Diseño centrado en el usuario” (DCU), etc. Este último Sánchez (2011), lo define “como un proceso encaminado al diseño de productos (generalmente software) que respondan a las necesidades reales de sus usuarios finales”. De hecho, son metodologías reconocidas, ya que existen normas ISO que regularizan esta materia y se destaca la ISO 134507.

Por su parte, Design Thinking, según (Serrano & Blázquez, 2015) “es una metodología para la resolución de problemas que utiliza distintos tipos de inteligencia: integral, emocional, y experimental”. La evolución de los conceptos se hace latente. El concepto DCU ha evolucionado hacia nuevos términos, y en la actualidad se habla más de diseño de servicios/experiencias de los usuarios que de diseño centrado en el usuario, ya que se asimila que el cliente está en el centro de los servicios.

Por ello, actualmente, es la usabilidad, quien se encarga de otorgar al usuario una facilidad de uso en productos y servicios. Smith y Soares (2013) afirman que la usabilidad se enfoca en el diseño para satisfacer las necesidades de usuario, centrándose en la creación de una gran experiencia para el mismo. De ahí, la importancia de no pasar por alto el llamado “diseño para todos”, ya que deben diseñarse experiencias satisfactorias que cumplan con las necesidades de los usuarios.

Para ello, se pueden dar varias variables:

- Que los usuarios sepan lo que quieren y cómo conseguirlo
- Que los usuarios no sepan lo que quieren
- Que los usuarios no sepan cómo conseguir satisfacer sus necesidades
- Que los usuarios tengan necesidades y no lo sepan.

Por ello, hay que recurrir a técnicas que permitan cubrir estos casos mediante las técnicas que contiene esta disciplina. En la siguiente figura se explican de forma gráfica, los escenarios indicados.



Figura 1. Proceso de Research
(Elaboración propia, 2016)

Son muchas las definiciones que existen. Dada, la perspectiva de las definiciones hay que puntualizar que esta disciplina a menudo, se aborda desde una perspectiva interdisciplinar (Serrano & Blázquez, 2015) que va desde las ciencias de la documentación, psicología, diseño de software, el diseño visual, etc.

En base a esto, se muestra la siguiente figura donde explica el proceso a nivel teórico de las fases que debe de tener la construcción de un diseño centrado en el usuario usado tradicionalmente en el sector.



Figura 2. Proceso DCU (Elaboración propia, 2016)

Esto supone que en las nuevas estrategias de negocio sea necesario que estén orientadas a incorporar el diseño a sus procesos. El fin es acercar arquitecturas tradicionalmente complejas a usuarios no expertos, que a través del diseño puedan realizar y entender de forma sencilla los *workflows* que se plantean a la hora de hacer trámites a través de cualquier dispositivo.

En la era actual, todas las herramientas “online” deben de mantener una misma coherencia, y deben estar priorizadas de la misma manera, para atender las peticiones por parte de las organizaciones con independencia al dispositivo, ya que estamos en una era omnicanal por lo que el diseño de todas las aplicaciones debe satisfacer al cliente para crear una óptima experiencia en el servicio que se le presta, y que estos quieran volver a realizarlo sin dificultad.

Dado este escenario, desde las consultoras, deben adaptar, organizar y reconfigurar sus capacidades para proporcionar a sus clientes servicios basados en nuevas estrategias que les permitan ofrecer ventajas competitivas tomando como base al usuario como principal elemento innovador. Desde el punto de vista del diseño, también supone un cambio, ya que se ha instaurado el “*mobile first*”.

3. METODOLOGÍA

La metodología utilizada para llevar a cabo este trabajo se basa en la realización de un estudio in situ, desde un enfoque participativo, en el cual se ha podido obtener información sobre cómo se desarrollan este tipo de proyectos en el sector de la consultoría a través de la experiencia de Capgemini. Por lo tanto se basa en un método hipotético-deductivo que pretende a través de un estudio de un caso, obtener buenas prácticas en el sector. También, se ha realizado una investigación documental, para elaborar un estado del arte sobre el tema. Para ello, se han analizado documentos procedentes de portales como DIALNET, SciELO, fuentes generales, especializadas en este tema como IDF, y el buscador de Google y Google Scholar también han sido empleados.

3.1 La organización

Capgemini (2016) se define como uno de los principales proveedores mundiales de servicios de Consultoría, Tecnología y Outsourcing. Presente en más de 40 países con más de 180.000 empleados. Ayuda a sus clientes a través de ofrecer servicios integrados que combinan la tecnología más actual, con una amplia experiencia en el sector.

En el campo de la experiencia de usuario, Capgemini lleva más de 15 años haciendo proyectos de UX y Diseño centrado en el usuario, en España y en el mundo. Utiliza desde entonces diferentes metodologías de investigación e incorporación de la investigación a la co-creación con el cliente final, tanto para definir interfaces como para tomar decisiones. Tras llevar a cabo proyectos donde se aplicaba la validación visual con independencia a la experiencia de usuario, se comprobó la potencia en la aplicación de distintos tipos de proyectos como los realizados con SAP, y se estableció una metodología a nivel global que permitiera potenciar, aún más el uso de esta metodología.

3.2 RDV: Rapid, Design & Visualization

Capgemini, cuenta con un área de especialización en esta materia, y posee una metodología propia, basada en técnicas de conceptualización a través de la cual lleva a cabo procesos de definición de flujos de procesos, herramientas interactivas, portales, etc. y en general, diseño de servicios y experiencias.

Se trata de la técnica RDV: Rapid, Design & Visualization, la cual, patentada por el grupo, recoge un conjunto de buenas prácticas y maneras de proceder, procedentes de la literatura, pero en este caso aplicado a la empresa como modelo de ventaja competitiva, siendo esta una metodología aplicada a clientes reales. RDV, es global para todo Capgemini, con independencia al país y se utiliza en proyectos de todos los sectores y de forma independiente a la solución tecnológica utilizada.

Por tanto, RDV es la metodología de diseño centrado en el usuario de Capgemini para acelerar el descubrimiento, la definición y validación de los requisitos a través de prototipado rápido iterativo, sesiones de diseño participativo, y las pruebas de usabilidad con los clientes y las partes interesadas. Se caracteriza por ser ágil, dirigida a crear prototipos de nuevas aplicaciones de negocio. Se caracteriza por poner el foco en el resultado final, en lugar del proceso.

Esto, lo consigue haciendo muy tempranas simulaciones de ese resultado final, ya que se basa en un proceso iterativo, a través del cual se hacen simulaciones que son desarrolladas y probadas en colaboración con los usuarios finales reales hasta que el prototipo está listo para la siguiente etapa. Con el fin de involucrar al usuario y conocer cómo se desenvuelve y su *feedback* respecto a lo propuesto.



Figura 3. Flujo de trabajo general RDV
(Elaboración propia, 2016)

RDV, pese a ser una metodología propia, incluye las distintas recomendaciones como El proyecto TRUMP (TRIAL Usability Maturity Process), y sigue las pautas marcadas por Human Factors International (2000) contando con dos etapas principales: Definición del sistema y Diseño detallado e implementación.

La primera fase consiste en el estudio del usuario a través de técnicas de investigación con el fin de detectar sus necesidades y características. Algunas de las más usadas, son entrevistas, cuestionarios para detectar el comportamiento de los futuros usuarios. También se utilizan otras técnicas como lo son los customer journeys y sesiones de co-creación donde se definen los principales requisitos. Todo ello, se aplica a la construcción de las

interfaces, previa definición de la arquitectura de la información mediante *card sorting*.

En la segunda fase, se procede al diseño detallado que es validado mediante técnicas de usabilidad, donde se continúa utilizando las sesiones de *co-working* para obtener validaciones y hacer el proceso incremental. En esta fase, se incluyen los tests de usuarios y se introduce el *look&feel* en los prototipos.

Se han expuesto las técnicas más utilizadas, pero en cada proyecto, según las necesidades y el objetivo se diseña un plan de metodología a medida para cliente, por lo que pueden participar otras técnicas adicionales a las mencionadas. Capgemini, manifiesta en la figura 1, los beneficios que proporciona al aplicar su metodología. Afirma que consigue las siguientes capacidades: 1) En general se incrementa la eficiencia del proyecto como menos documentación se requiere y retrabajo se mantiene al mínimo. 2) Posibilidades mucho más elevadas de aceptación por parte de los usuarios finales. 3) El coste de la formación y el apoyo a los usuarios será menor. 4) Aumento de la productividad de los usuarios.

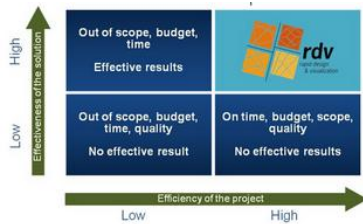


Figura 4. Metodología RDV (Capgemini, 2016)

Esta metodología está implantada desde 2007 en el grupo. Por ello, ante los cambios en el contexto se ha adaptado para dar soluciones a una mayor demanda del mercado.

Actualmente, y sólo en los últimos años, RDV, aprovecha los mismos principios de diseño centrados en el usuario en el diseño para cualquier dispositivo. Para ello, Capgemini ha realizado el esfuerzo de entender cómo los usuarios van a interactuar con los diferentes dispositivos, y en qué contexto. Esto es crucial incorporarlo a cualquier estrategia digital, ya que hubo un tiempo donde había una línea entre diseñar para uno u otro dispositivo y en nuestros días, los dispositivos móviles se han convertido en una extensión de nosotros mismos.

Por ello, hoy en día, la experiencia debe ser global y se debe proporcionar la misma información indispensable a los usuarios con independencia al dispositivo. De hecho, la oferta de servicios por parte de esta consultora se ha modernizado impulsada por el nuevo panorama digital. Aunque la metodología se mantiene, desde 2015 se ofrecen nuevos servicios centrados en el usuario, como se observa en la siguiente figura.



Figura 5. Nuevos servicios en RDV
(Elaboración propia, 2016)

La transformación digital, el diseño multiplataforma, la visualización de datos, el *crowdsourcing* y la experiencia en todos los canales son elementos que se han incorporado recientemente como parte de la estrategia de la metodología.

La gran evolución es incorporar a los actores principales a trabajar de forma conjunta: tecnología, negocio y usuarios, y no sólo negocio o tecnología con el usuario. Además, en las sesiones de *co-working* se ofrecen visualizaciones multiplataformas y como resultado, el proceso de innovación es más rápido, eficiente y efectivo.

Según Capgemini (2017) esto materializa a través de un 90% de reducción de retrabajo, un 40% de reducción en los desarrollos y 30% de ahorro en el tiempo de realización de cambios y validaciones.

Todo esto es posible al incluirse aceleradores para las validaciones, y la inclusión de metodología ágiles específicas para los proyectos de definición UX (Gothelf, 2014). En la siguiente figura se muestra el flujo de trabajo actual seguido por Capgemini, donde está implementada toda la metodología. En la figura 2, se veía como el diseño centrado en el usuario únicamente cubría la parte de definición, mientras que ahora, el diseño se contempla en todas las fases del ciclo de vida del proyecto.



Figura 6. Nuevo ciclo de metodología RDV
(Elaboración propia, 2016)

4. CONCLUSIONES

Capgemini, ha conseguido referencias de técnicas a utilizar a la hora de aplicar el diseño de experiencias con el foco en usuarios en proyectos reales basados en su metodología. La experiencia ha corroborado que el uso de estas técnicas ha proporcionado el llevar a cabo proyectos para diferentes clientes, en diferentes sectores.

Aun así, tras años donde la economía de la experiencia está tomando una especial relevancia, aún queda mucho camino por recorrer pese a que las grandes compañías, consultoras en este caso, cuentan con departamentos de experiencia de usuario especializados.

Capgemini, en 2007, con su metodología se adelantó en ofrecer al mercado nuevas técnicas que cambiaban el paradigma que suponía dejar de centrarse en el producto para hacerlo en el cliente. Sin embargo hoy en día, esto solo no es suficiente y por ello, la estrategia de las grandes consultoras es adquirir el conocimiento la compra de agencias especializadas en la materia para obtener un mayor grado de conocimiento. Es el caso de las grandes consultoras, consideradas por volumen de negocio como Accenture, con Fjord (2013), Kpmg con ADN (2015) o el mismo Capgemini con Fahrenheit 212 (2016), ya que los clientes cada vez son más exigentes y quieren resultados que vayan más allá de la automatización y el diseño, quieren una experiencia de primer nivel para sus clientes.

RDV, ha supuesto para Capgemini grandes ventajas, como (1) trabajar a nivel de global de la misma manera, con una metodología básica probada que se adapta a cada cliente. (2) validar visualmente cualquier proyecto tecnológico (3) incluir la experiencia de cliente en todos los proyectos tecnológicos. Para ello, la investigación, co-creación, visualización y las iteraciones ágiles han sido la clave que permite obtener beneficios en la consecución de proyectos exitosos.

Por otro lado, los autores quieren poner de manifiesto las limitaciones encontradas en la literatura para contextualizar este trabajo, ya que existe muy poca literatura académica, que aborden la aplicación práctica de las metodologías HCI/DCU/UX en el ámbito de la consultoría. Además se ha consultado literatura en portugués e inglés lo que puede suponer una pérdida en la interpretación.

Como futuras líneas de investigación, se propone el análisis con mayor amplitud del impacto de esta disciplina en el sector de la consultoría para conocer en qué grado se está materializado dentro de las organizaciones.

5. REFERENCIAS

- [1] BBVA Innovation Center (2013). Customer Experience: diseñar experiencias de cliente para añadir valor. Innovation Edge 2013,6.
- [2] Capgemini. (2016). Capgemini España. Consultado el 27 de Junio de 2016, desde <https://www.es.capgemini.com/>
- [3] Gothelf J. *Lean UX : cómo aplicar los principios Lean a la mejora de la experiencia de usuario*. Unir emprende:2014
- [4] Falcao,C.F.,Soares, M.M (2013) "Usabilidad de Productos de Consumo: una análise dos conceitos, métodos e aplicações". Estudos em design. Revista (online). Rio de Janeiro: V.21,n.2,pp.01-26.ISSN 1983-196X
- [5] Kotler, P., (2011) Reinventing Marketing to Manage the Environmental Imperative. Journal of Marketing: July 2011, Vol. 75, No. 4, pp. 132-135.
- [6] Sánchez, Jordi (2011). En busca del Diseño Centrado en el Usuario (DCU): definiciones, técnicas y una propuesta. En: No Solo Usabilidad, nº 10, 2011. <nosolousabilidad.com>. ISSN 1886-8592
- [7] Serrano Ortega, M. & Blázquez Ceballos, P. (2015). *Design thinking*. Pozuelo de Alarcón, Madrid: ESIC

Estrategia para el Reconocimiento de Emociones Colectivas en Entornos Sociales Basados en TIC

Saccá, Gary
Universidad Autónoma de Madrid
Calle Francisco Tomás y Valiente, 11.
Madrid, España. 28049.
gary.sacca@estudiante.uam.es

Moreno-Llorena, Jaime
Universidad Autónoma de Madrid
Calle Francisco Tomás y Valiente, 11.
Madrid, España. 28049.
jaime.moreno@uam.es

RESUMEN

Las emociones colectivas representan un área de investigación totalmente novedosa de acuerdo a los beneficios que pueden reportar, entre los cuales se encuentran algunas aplicaciones para el ámbito político, servicios, entre otros. Desafortunadamente no existe una vasta evidencia en relación al estudio de las emociones colectivas, al menos en el ámbito científico siendo todos los estudios de índole empírico, siendo esta junto a las limitaciones expuestas más adelante la motivación de esta investigación que busca inquirir medios para superar dichos problemas.

Este trabajo se encuentra estructurado a través de un primer apartado de introducción, que da paso a las limitaciones de la investigación o problema, seguido de una propuesta, cuyos resultados se documentan al final de este resumen.

Keywords

Interacción Persona-Ordenador; Emociones Colectivas; Modelos de Representación Emocional; Tecnologías de Información y Comunicación; Redes Sociales.

1. INTRODUCCION

Desde tiempos remotos estudiosos han intentado entender y describir los procesos de la gestión de las emociones humanas. Uno de los primeros interesados en éstas fue Aristóteles, el cual, a través de observaciones buscaba relacionar las manifestaciones y cambios que sufría el cuerpo humano con la aparición de las emociones, su incipiente tesis sólo fue el comienzo de muchos hallazgos en torno a las emociones [5][7][10][11], en los que diversas áreas de estudio han participado a lo largo del tiempo con el fin de dar respuestas a diversas problemáticas relacionadas con la representación, identificación y aplicación de las emociones. Sin embargo, toda la información recabada en relación a las emociones siempre ha pertenecido a un ámbito empírico, el cual en los últimos años ha empezado a adquirir interés científico de acuerdo a sus posibles aplicaciones incrementándose más y más los estudios relacionados a la componente emocional de la inteligencia y la forma de evaluación en distintos ámbitos, situación que conduce al estudio de ciertas limitaciones en este ámbito.

2. LIMITACIONES

La primera limitación, está relacionada intrínsecamente con el objeto de estudio, donde se denota a las emociones como una condición *Sine qua non* de los individuos, que depende de muchos factores de la condición humana (cognición, razonamiento, lenguaje, entre otras) [1][3], hecho que complica su traslado a ámbitos más científicos tales como el computacional,

matemático, del cual se pueda obtener una métrica. Por otro lado, una segunda limitación en materia de las emociones es la inexistencia de modelos que aborden las emociones desde diversos puntos de vista. Esto es debido a que las actuales representaciones tienen un carácter individual, por lo que estas evaluaciones están plagadas de subjetividad característica que influye sobre la valoración y evaluación objetiva de las emociones, sesgando los resultados durante su aplicación.

Estas limitaciones han conducido a grupos de psicólogos, sociólogos y otros científicos e interesados en el área de las emociones a la búsqueda de alternativas para su reconocimiento utilizando nuevos enfoques. En este contexto, está la investigación sobre el reconocimiento de emociones en entornos colectivos, caracterizados por su capacidad de agrupar personas, favorecer al consenso y la integración de grupos heterogéneos, que parece un ámbito adecuado para abordar los problemas derivados del reconocimiento de emociones desde una perspectiva objetiva.

Para poder abordar el problema de las emociones el presente trabajo de investigación presenta la revisión del estado del arte necesaria para el diseño y la prueba de una estrategia para el reconocimiento de emociones basados en colectivas de entornos sociales basados en TIC.

3. PROPUESTA

En primer lugar, se hizo una revisión bibliográfica para indagar sobre las emociones y los modelos de representación individuales y colectivos [8][12][13] que arrojaron datos de interés en el proceso de reconocimiento de emociones. Siendo en el caso de las primeras un proceso basado en el uso de funciones fisiológicas y cognitivas, mientras en el caso de las segundas se priorizan las componentes de las funciones cognitivas, tales como la actitud, el comportamiento, el lenguaje, entre otras, ya que presentan dificultad para hacer el reconocimiento de las funciones fisiológicas en los colectivos.

Otra característica importante en la formulación de expresiones colectivas son: la tónica pluralista donde ocurre cierta desvinculación de la expresión individualista, es decir pasa del yo al nosotros [9]. Además, del uso de representaciones de expresión mínimas con capacidad intensificadora, que se refieren a ciertas manifestaciones que aparecen de forma rápida, ocasionando revuelo y euforia en tiempo cortos sobre las personas de un colectivo, un ejemplo son los gritos de guerra de las protestas. En tanto, las emociones colectivas se entienden como un fenómeno que precisa de la participación de colectivos en eventos, que evalúan una situación bajo su criterio cognitivo.

La imagen 1 abajo ejemplifica el trabajo llevado a cabo para inducir emociones colectivas.

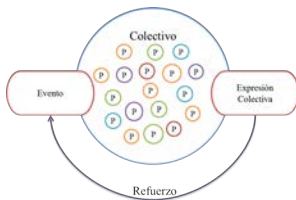


Imagen 1. Proceso de Emociones Colectivos.

Por otro lado, se investigaron posibles soluciones al problema provistas por el área informática y computación, en específico aplicaciones vinculadas con áreas de estudios Sentiment Analysis y Opinion Mining [4][5], donde fue imperativo seleccionar una técnica que se acoplara con las principales características de las emociones colectivas expuestas anteriormente.

En segundo lugar, se procedió al diseño de la estrategia de reconocimiento de emociones colectivas para el cual se propuso un proceso basado en tres pasos. El primero relacionado con la extracción de datos de un entorno social basado en TIC adecuado para la expresión de las características de los colectivos y sus manifestaciones emocionales. El segundo, referente al procesado de datos, contemplando la limpieza, acomodamiento y agrupación de dichos datos mediante la aplicación de un modelo de valoración social y reglas de la teoría de consenso, sugeridos a través del estudio del arte. El tercer paso, referido a la predicción de nuevos datos en base a la información anterior empleando una máquina de aprendizaje.

En tercer lugar, se hizo un estudio experimental con el propósito de comprobar el ajuste de la estrategia de reconocimiento de emociones colectivas, partiendo de 21.406 registros de una red social (Twitter) y del juicio de 80 personas.

Para llevar a cabo dicho estudio experimental, se analizaron las características de la población de la red social Twitter [2], lo que permitió identificar el tamaño ideal de la muestra para un proceso de reconocimiento de datos por parte de los colectivos humanos, de modo que se conformaron 8 grupos de 10 usuarios que etiquetaron la connotación emocional dentro de un conjunto de 10 emociones (*alegría, miedo, ira, tristeza, entusiasmo, sorpresa, vergüenza, ternura, aversión y ninguna*) en 25 mensajes de la red social (tuits) en relación a un evento específico. La información obtenida en esta etapa se filtró por medio de una función basada en las reglas de voto de mayoría simple, considerada en la teoría de consenso, que dejaron las emociones más predominantes para cada tuit.

A posteriori toda la información obtenida del proceso de etiquetado colectivo se le dio un formato adecuado de la forma (*tuit, sentimiento*) y se duplicó tantas veces entradas hubiese en la colección.

Por último, el anterior conjunto de datos se dividió en dos partes la primera usada para hacer el entrenamiento de la máquina de aprendizaje y el resto para probar el acierto y ajuste de la misma.

4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos tras la experimentación permiten ubicar a la estrategia de reconocimiento emocional colectivo propuesta por este trabajo en buen camino. Donde la *diferencia promedio* entre el reconocimiento colectivo y la máquina se encuentran alrededor 0,19 y 0,04 respecto a los experimentos realizados. Además, la mayoría de los valores se concentraron alrededor de 0,13 – 0,24 y 0,004 – 0,08 según cada experimento, siendo todos estos muy cercanos a 0 que indican gran semejanza en la predicción según las medidas de distancia utilizada.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias a MIMECO (Ministerio de Economía y Competitividad) a través del proyecto FLEXOR (TIN2014-52129-R), y los programas de I+D de la Comunidad de Madrid (Consejería de Educación, Juventud y Deporte, Comunidad de Madrid) además de recibir la ayuda del proyecto eMadrid (S2013/ICE-2715).

6. REFERENCIAS

- [1] C. R. Sutil. Emoción y cognición. James, más de cien años después. *Anuario de Psicología*, 29, 1998.
- [2] D. E., M. J. Hill, C. A. Social Media, Sociality and Survey Research. Wiley, United States of America, 2014.
- [3] M. C. Montaña. Psicología de la emoción: El proceso emocional. 2005. URL www.uv.es/~cholz/.
- [4] M. J. M. Ortigosa, A. and R. M. Carro. Sentiment analysis in facebook and its application to e-learning. *Computers in Human Behavior*, 2014.
- [5] L. C. Cooper, R. and J. Urda. Appraisal theory and social appraisals: How an event's social context triggers emotions. 2005.
- [6] L. L. Pang, B. Opinion mining and sentiment analysis. 2:1–135, 2008
- [7] L. Martinez C. and J. Martinez. Cognitive affective model of consumer satisfaction. An exploratory study within the framework of a sporting event. *Business Research*, 60, 2007.
- [8] P. Ekman. *Handbook of Cognition and Emotion*. John Wiley and Sons, California, San Francisco, USA, 1999.
- [9] S. Connor. Collective emotions: reasons to feel doubtful. *The History of Emotions*, 2013.
- [10] S. Hareli and B. Parkinson. What's social about social emotions? *Theory of Social Behaviour*, 38, 2008.
- [11] S. Klaus and P. Martin. Psychological theories of emotion an neuropsychological research. *Handbook of Neuropsychology*, 5.
- [12] S. Moscovici and W. Doise. *Conflict and Consensus: A General Theory of Collective Decisions*. Sage Publications, 1990.
- [13] W. B. Hareli, S. Social emotions and personality inferences: A scaffold for a new direction in the study.

Evaluaciones de usuarios y experimentos con dispositivos móviles en actividades al aire libre: bicicleta de montaña

David Guerra-Rodríguez
Universitat de Lleida
Departament d'Informàtica i Enginyeria Industrial
Lleida, Spain
dguerrar@gmail.com

Antoni Granollers
Universitat de Lleida
GRIHO Research Group
Lleida, Spain
tonig@diei.udl.cat

RESUMEN

Este artículo discute nuestro último experimento en el que hicimos una evaluación de experiencia de usuario con varios dispositivos móviles durante su uso en actividades al aire libre. Comentamos las métricas y los materiales utilizados, así como unos resultados que nos servirán como base para futuras experiencias.

Palabras clave

Experiencia de usuario, dispositivos móviles, usabilidad, smartwatch, smartphone, HCI, estudio de campo.

1. INTRODUCCION

Este artículo discute nuestro último experimento en el que se realizó una evaluación de experiencia de usuario con varios dispositivos móviles durante su uso en actividades al aire libre.

Las actividades al aire libre son muy populares hoy en día, y especialmente el ciclismo y ciclismo de montaña. Y durante la realización de estas, la gente utiliza los dispositivos móviles con el fin de conseguir información adicional sobre la actividad: velocidad, ruta, puntos de interés, las calorías gastadas, etc. información que cambia la experiencia como usuarios, tanto de la propia actividad como del uso de los dispositivos.

Hay una amplia gama de dispositivos disponibles adaptados específicamente para este tipo de actividades deportivas, como un Garmin Edge o Fitbit Blaze, además los dispositivos generalmente clasificados como smartphones. A este grupo, se añaden unos nuevos dispositivos de tipo smartwatch.

2. PROPOSITO DEL ESTUDIO

El objetivo del experimento era llevar a cabo un test de usabilidad con un smartwatch y un smartphone en un contexto de actividad física al aire libre. Así, obtendremos datos cualitativos y cuantitativos basados en la experiencia de los participantes en nuestro experimento de campo. Este tipo de experimentos de campo aparecen en la literatura de HCI [4] y son populares por tener muchas ventajas sobre los experimentos de laboratorio. La principal de estas ventajas implica el uso de los usuarios reales en un contexto real. Estos contextos reales representan unos entornos

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

Interacción 2016, Sept 14-16, 2016, Salamanca, Spain.

complejos y difíciles de reproducir en un laboratorio.

3. MÉTODOS Y MATERIALES

Para el experimento, pudimos obtener la colaboración de 5 personas que según Nielsen [6] y Virzi [9] deberían ser suficientes para encontrar el 80% de los problemas de usabilidad.

En el momento de diseñar el experimento, quisimos modelarlo de manera que simulara una actividad real, porque nuestra intención era evaluar una actividad real. Así que definimos una serie de rutas a seguir y unas tareas a realizar en estas rutas y que después, los participantes podrían evaluar mediante unos cuestionarios. Cada una de estas rutas y tareas se llevarían a cabo con la ayuda de un Smartphone y un smartwatch y de esta manera, obtendremos la fuente de datos que necesitamos para nuestra evaluación de usuario.

Respecto a las medidas de evaluación, en la literatura podemos encontrar muchas fuentes, pero nos decantamos, en la parte cuantitativa, por el uso de cuestionarios SUS, Brooke [1] para medir la experiencia de usuario y del cuestionario QUIS, Shneiderman [3,8], para medir la satisfacción de los participantes. En cuanto a las medidas cualitativas, se realizó una entrevista post-test con cada participante y utilizamos la valoración LemTool[2], tipo Likert[5], para captar el estado emocional de cada participante justo al finalizar cada una las tareas y actividades.

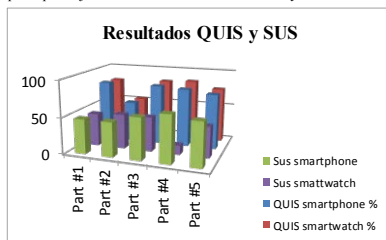


Figura 1. Resultados QUIS y SUS

4. RESULTADOS

Los resultados del cuestionario SUS, que se pueden ver en la Figura 1 y 2, nos indican que los usuarios prefieren el smartphone por encima del smartwatch. En cualquier caso, los resultados no son competitivos para estos dispositivos teniendo en cuenta los

resultados de Sauro [7]. Nuestro valor promedio para el cuestionario SUS muestra como ganador del smartphone pero debido a la desviación estándar de los valores, no hay un ganador claro dada la gran variabilidad de los resultados del smartwatch. En cambio, la métrica QUIS [3,8], no muestra ninguna diferencia en la satisfacción del usuario en el uso de estos dispositivos.

La entrevista realizada al final de cada ruta nos muestra algunos comentarios interesantes sobre el hardware y el software que no se podía cuantificar por los cuestionarios. Los principales problemas se relacionan con problemas de software, los que entendemos, se pueden resolver con una actualización de software.

Queríamos utilizar LemTool con el fin de obtener una comparación cualitativa de la de cuáles son las sensaciones del usuario después de realizar las tareas incluidas en los experimentos. Los resultados, que se pueden ver en la Tabla 1, nos indican que no hay diferencia significativa en la forma en que el usuario se siente después realiza las tareas en un Smartphone y el smartwatch.

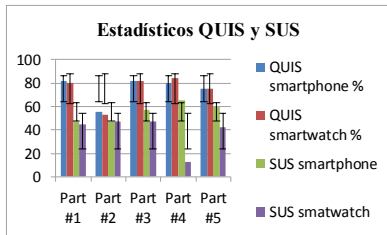


Figura 2. Estadísticos QUIS y SUS

Tabla 1. Resultados LemTool

| | Part #1 | | Part #2 | | Part #3 | | Part #4 | | Part #5 | |
|-------|---------|----|---------|----|---------|----|---------|----|---------|----|
| | SP | SW | SP | SW | SP | SW | SP | SW | SP | SW |
| Task1 | S | S | S | S | S | S | S | J | S | J |
| Task2 | S | S | S | S | J | S | S | J | S | S |
| Poi 1 | S | S | S | S | S | S | S | S | F | S |
| Poi 2 | S | S | S | S | S | S | S | S | F | S |
| Poi 3 | S | S | S | S | S | S | S | S | B | S |

Leyenda: J-Alegría, D-Deseo, F-Fascinación, S-Satisfacción, SD-Tristeza, DG-Disgusto, B-Aburrimiento, DS-Insatisfacción, SP-Smartphone, SW- Smartwatch

5. CONCLUSIONES

Como conclusiones, en términos generales, la calificación de la experiencia del usuario al utilizar un smartphone no es mucho mejor en cualquier término de comparación que el uso de smartwatches. El principal problema con smartwatches es que no se obtienen mejores resultados en cualquier cuestionario, lo que podría indicar que el producto aún no se encuentra en un estado

maduro. Si tenemos en cuenta los resultados de cada método, el cuestionario QUIS [3,8] no muestra diferencias en la experiencia del usuario, por lo que podemos concluir que, desde ese punto de vista, no hay ventajas principales en el uso de la smartwatch sobre el smartphone. El cuestionario SUS [1] indica que se prefiere el uso de smartphones sobre el smartwatches, pero los resultados podrían estar sesgados debido a la gran desviación estándar que se muestran las estadísticas. En ese caso, una conclusión clara no podía garantizarse.

Los resultados del test LemTool [2] fueron satisfactorios para los participantes, por lo que llegamos a la conclusión de que las tareas eran fáciles de ejecutar y los resultados de las tareas fueron claros en ambos dispositivos.

El principal problema que no aparece en los cuestionarios ni la entrevista usuario es que el smartwatch debe ser utilizado en conjunción con un smartphone debido a las carencias de conectividad del smartwatch.

En la entrevista, los participantes informaron de algunos problemas que fueron clasificados por tipo, que fueron categorizados como problemas de hardware o software en una proporción del 50%.

Para trabajos futuros, deberíamos realizar el mismo experimento con aquellos dispositivos especialmente diseñados para actividades al aire libre como un Garmin Edge, Garmin Fenix o unas gafas Recon Jet. Los resultados de estos experimentos deben dar suficiente información para describir las características más apreciadas para un dispositivo móvil que se pueda utilizar en una actividad al aire libre como el ciclismo de montaña.

6. REFERENCIAS

- [1] Brooke. (1996). Brooke, J.: SUS: A "quick and dirty" usability scale. In: Jordan, P.W., Thomas, B., Weerdmeester, B.A., McClelland, I.L. (eds) *dustriyp*, 189-194.
- [2] Huisman, G., & van Hout, M. (2010). The development of a graphical emotion measurement instrument using caricatured expressions: the LEMtool. In C. Peter, E. Crane, M. Fabri, H. Agius & L. Axelrod (Eds.) *Emotion in HCI – Designing for People*. Proceedings of the 2008 International Workshop, 5-8.
- [3] John P. Chin, Virginia A. Diehl, and Kent L. Norman. 1988. Development of an instrument measuring user satisfaction of the human-computer interface. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '88), J. J. O'Hare (Ed.), ACM, New York, NY, USA, 213-218. <http://dx.doi.org/10.1145/57167.57203>
- [4] Kjeldskov, J., & Graham, C. (2003). A Review of Mobile HCI Research Methods. *Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services*, 317-335. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-45233-1_23
- [5] Likert, R. (1932). A Technique for the Measurement of Attitudes. *Archives of Psychology*, 140, 1-55.
- [6] Nielsen, J. (2000). Why you only need to test with 5 users. Alertbox. Retrieved from <http://www.useit.com/alertbox/20000319.html>
- [7] Sauro, Jeff. <http://www.measuringu.com/sus.php>
- [8] Schneiderman, B. (1998). *Designing the User Interface*, 3rd Edition. Addison Wesley Inc., California.
- [9] Virzi, R. A. (1992). Refining the test phase of usability evaluation: how many subjects is enough? *Human Factors*, 34(4), 457-468

IPO & Salud y Personas con Discapacidad

Análisis de la Morfología de Glóbulos Rojos en Dispositivos Táctiles a través de un CAPTCHA

Antoni Jaume-i-Capó, Carlos Mena-Barco and Biel Moyà-Alcover

Departament de Matemàtiques i Informàtica - UGIVIA

Universitat de les Illes Balears

Edifici Anselm Turmeda. 07122 Palma. Spain

+34 971 25 9721

antoni.jaume@uib.es

ABSTRACT

Se presenta un sistema experimental para el control de acceso de humanos en sistemas de la información, que además permite analizar la morfología de los glóbulos rojos en una imagen de una muestra de sangre de pacientes con Sickleemia, capturada con un microscopio. El sistema presenta una imagen con glóbulos rojos al usuario para que este analice su morfología. El sistema, puede verificar si la respuesta del usuario es correcta con una cierta probabilidad, habilitando o no el acceso al sistema de información. Los resultados indican que el sistema presentado es adecuado para su uso en dispositivos táctiles, que el análisis morfológico es fiable y que el control de acceso es seguro.

CCS Concepts

•Crowdsourcing •Collaborative interaction •Touch screens
•Collaborative and social computing •Social tagging

Keywords

Human-based computation; CAPTCHA; Tactile Devices; Image Analysis

1. INTRODUCCIÓN

La sickleemia es una hemoglobinopatía o trastorno de la sangre generado por un defecto genético que se transmite de padres a hijos, muy presente en regiones tropicales. Presenta una estructura y producción anormal de la molécula de la hemoglobina produciendo una alteración en el transporte de oxígeno [4]. Se caracteriza por un cambio en la morfología de los glóbulos rojos que pierden su forma circular característica y adquieren un aspecto elongado (ver Figura 1).

Informes de la Organización Mundial de la Salud (OMS) [15] señalan que aproximadamente un 5% de la población mundial es portadora de genes causantes de hemoglobinopatías, con mayor frecuencia en regiones tropicales, y que algunas pueden alcanzar un 25%. Además, con los procesos migratorios estos trastornos se han difundido a un gran número de países.

Una vez diagnosticada la enfermedad, el seguimiento de los pacientes se realiza con análisis y conteos de los glóbulos rojos según su morfología en muestras de sangre (formas normales, formas elongadas y otras formas) (ver Figura 1). Existen trabajos

en procesamiento de imágenes para el conteo automático de eritrocitos y el análisis de su forma en muestras de sangre [4][1][2][6][26]. Sin embargo, la superposición, la oclusión o el agrupamiento de eritrocitos provoca resultados erróneos (Figura 2). Además, en la preparación de las muestras para ser observadas en el microscopio, se extiende sobre un cubreobjetos mediante la técnica de extensión o frotis de sangre, provocando que haya más grupos de glóbulos rojos y superposiciones debido a este proceso. Por este motivo, en la mayoría de laboratorios y hospitales observan y realizan conteos de glóbulos rojos según su morfología de manera manual utilizando un microscopio, lo que implica una dedicación de recursos humanos durante tiempos considerables. Para un humano analizar la morfología de los glóbulos rojos en superposiciones, oclusiones y agrupamientos (Figura 2) es una tarea sencilla, aunque si tiene que analizar miles de ellos puede ser una tarea tediosa. Una media de 2800 millones de personas se conectan a Internet cada día [7]. Una imagen de sangre periférica contiene unos 100 glóbulos rojos [4], ver Figura 3. Si al 1% de los usuarios que cada día se conecta a Internet, se les pudiera preguntar que forma tiene un único eritrocito, se podrían analizar 280000 imágenes cada día.



Figura 1. Morfologías eritrocitarias.

En los casos que una tarea realizada por humanos produce muchos menos errores que una automatizada, se puede utilizar como un CAPTCHA [23], para el control de acceso a un sistema restringido a humanos. Además, se puede implementar un sistema para resolver la tarea con un enfoque de computación basada en humanos (HbC). La HbC es una técnica informática en la que un proceso computacional desempeña su función mediante la externalización de ciertos pasos hacia el ser humano. Este enfoque utiliza las diferencias en las capacidades y los costos alternativos entre los seres humanos y los agentes informáticos para lograr una interacción simbiótica humano-ordenador [17].

En este trabajo, presentamos una interfaz de usuario que permite localizar, contar e identificar glóbulos rojos en una imagen de una muestra de sangre capturada con un microscopio. El usuario debe señalar en la imagen los glóbulos rojos con una morfología

determinada. Los resultados de los experimentos realizados indican que esta interfaz es adecuada para el control de acceso a sistema informático a través de dispositivos táctiles y que permite localizar, contar e identificar los glóbulos rojos con morfología elongada, característica de los pacientes con sicklemlia.

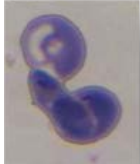


Figura 2. Superposición, oclusión y agrupamiento de eritrocitos.

2. BACKGROUND

En los últimos años se han publicado diversas revisiones sobre HbC [17], algunas centradas en aplicaciones para la salud y la bioinformática [19][5]. En estas revisiones se muestran diferentes estrategias para que usuarios humanos aporten su conocimiento en la resolución de problemas.

Una posible estrategia para los sistemas HbC es pedir la ayuda de usuarios altruistas, que en algunos proyectos se ha demostrado que es muy efectivo. Galaxy Zoo [18] es una web, donde los usuarios de forma voluntaria ayudan a clasificar imágenes de galaxias según su forma y su rotación. En sus primeros 10 días se capturaron 8.000.000 clasificaciones morfológicas sobre las imágenes de las galaxias. El proyecto Planet Hunters [8], pregunta a usuarios voluntarios que analicen como el brillo de las estrellas cambia con el tiempo, en las imágenes de la misión espacial Kepler. El objetivo es descubrir nuevos planetas y hasta el momento se han realizado 12 millones de observaciones. CellSlider [16], es una web que presenta imágenes con las células teñidas de biopsias de pacientes que padecen cáncer. Se pide a lo voluntarios etiquetar los tipos de células y cuantificarlas. En sus tres primeros meses se analizaron 550.000 imágenes.

Otra estrategia, que se esta aplicando cada vez más, es la de incentivar la participación a través de la diversión con videojuegos. Phyllo [22] es un juego para resolver el problema de Multiple Sequence Alignment (MSA), que puede ser jugado por los usuarios con un mínimo conocimiento previo de biología. Recibieron 350.000 soluciones con un 70% de precisión. MalariaSpot [10] es un juego para detectar parásitos de la malaria en las imágenes digitalizadas de muestras de sangre. Junto con un algoritmo de decisión que combina el análisis de varios jugadores con el objetivo de obtener un resultado de detección colectiva con una precisión del 99%. MOLT [12] es un juego que utiliza HbC y técnicas de inteligencia artificial, donde los usuarios tienen que diagnosticar si glóbulos rojos están infectados con la malaria a partir de decisiones binarias. Demostraron que la precisión de los usuarios no expertos estaba dentro del 1,25% de los diagnósticos realizados por un médico profesional. EyeWire es un juego para mapear el cerebro que cuenta con 82.000 usuarios activos.

Los mercados de microtareas recompensan con dinero a los usuarios para que resuelvan las tareas de sistemas HbC. En el caso del juego MOLT se dan puntos al usuario por cada conjunto de

imágenes etiquetadas, en estos sistemas se recompensa en pequeñas cantidades de efectivo. Para detectar los pólipos asociados con el cáncer colorrectal a partir de colonografías tomográficas computarizadas, en [13] utilizaron el servicio Amazon Mechanical Turk (AMT). Pagaron a los usuarios para que etiquetaran si las imágenes contenían pólipos o no. Se obtuvo una precisión del 85% en comparación con el etiquetado de expertos. Integraron el resultado de los usuarios con técnicas de inteligencia artificial [25] y se obtuvo una precisión del 91%.

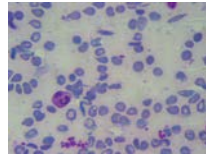


Figura 3. Imagen de sangre periférica de la base de datos <http://erythrocytesidb.uib.es> [4]

A veces es posible obligar a que los usuarios de un sitio web realicen una tarea si desean utilizar sus servicios. El sistema más extendido y conocido es reCAPTCHA de Google [23]. reCAPTCHA permite controlar el acceso a un sistema restringido a humanos. Para que el usuario pueda acceder al sistema se le presenta una imagen distorsionada de dos palabras. Una palabra es conocida por el sistema y la otra es una palabra escaneada que se necesita digitalizar, y cuya digitalización es una tarea computacional difícil. Si el usuario escribe de forma correcta la palabra conocida por el sistema, este le permite acceder y considera que ha escrito correctamente la palabra desconocida. De esta forma, el sistema permite controlar que el usuario es una persona humana y además le fuerza a digitalizar palabras desconocidas. Esta estrategia se utilizó con médicos para encontrar relaciones entre medicamentos y problemas en los pacientes [11]. Si los médicos querían prescribir un medicamento, antes se les obligaba a relacionarlo con un problema clínico. En un año, 867 médicos relacionaron 239.469 problemas clínicos de medicamentos, con una especificidad del 99.6% y una sensibilidad del 42.8%, en comparación con una revisión realizada por un experto.

3. SISTEMA EXPERIMENTAL

Se presenta un sistema experimental para el control de acceso de humanos en sistemas de la información y que además permite analizar la morfología de los glóbulos rojos en una imagen de una muestra de sangre capturada con un microscopio, de pacientes con Sicklemia (sickleCAPTCHA). Elegimos la estrategia de forzar al usuario a realizar la tarea, como control de acceso a humanos de un sistema, por los siguientes motivos:

1. Analizar la morfología de un glóbulo rojo es una tarea muy sencilla para los humanos.
2. Los métodos automáticos existentes para analizar la morfología de glóbulos rojos, devuelven resultados erróneos en casos de superposición, de oclusión o de agrupamiento de glóbulos rojos.
3. Indicar que glóbulos rojos de una imagen tienen una forma determinada, se puede realizar sobre un dispositivo táctil tocando los glóbulos rojos correspondientes.

- Indicar la morfología de un conjunto pequeño de glóbulos rojos, es una tarea que no requiere mucho tiempo. Por lo tanto permitirá un control de acceso con un tiempo de respuesta aceptable.
- Un estudio de usabilidad de reCAPTCHA sobre dispositivos táctiles [20][21], concluyó que su uso con teclados virtuales tendía a provocar errores.

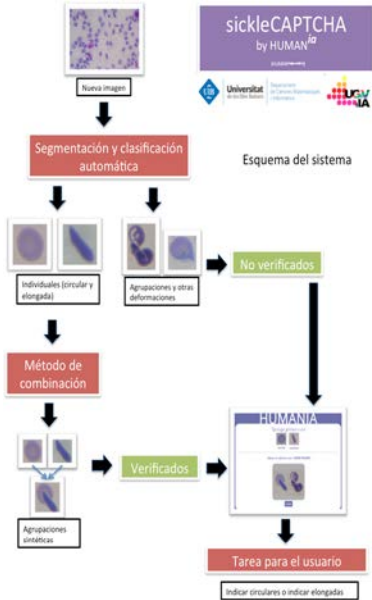


Figura 4. Esquema del sistema sickleCAPTCHA

En la Figura 4, se presenta un esquema completo del sistema que consta de 3 fases: la segmentación y la clasificación automática, el método de combinación, y la tarea para el usuario.

Segmentación y clasificación automática: Cuando el sistema recibe una nueva imagen, la pre-procesa aplicando un método de segmentación y de análisis automático de la morfología de los glóbulos rojos [4]. El método de clasificación automática indica si los glóbulos rojos que aparecen en la imagen tienen forma circular, elongada u otra. Este método presenta una eficiencia del 100% en el análisis de la morfología en glóbulos rojos individuales y del 70% en agrupaciones de hasta 3 glóbulos rojos. A partir de aquí, el sistema experimental considera que el análisis morfológico de los glóbulos rojos individuales realizado por el método automático es correcto, por tanto los marca como validados. El sistema experimental utilizará estos resultados para

validar la respuesta del usuario humano. En cambio, considera que el análisis morfológico de las agrupaciones de glóbulos rojos indicada por el método automático es dudoso, por eso los marcará como no verificados.

Método de combinación: Para los glóbulos rojos individuales el método automático tiene una eficiencia del 100%, el sistema experimental genera agrupaciones aleatorias a partir de los glóbulos rojos individuales, siguiendo el mismo mecanismo que en [4]. De esta forma el sistema puede presentar al usuario humano agrupaciones de glóbulos rojos en el que su análisis morfológico está verificado, y así impedir que un sistema automático pueda analizar la morfología de esta agrupación con un 100% de eficiencia.

Tarea para el usuario: Cuando a través del sistema experimental se quiere verificar que un usuario que se conecta es humano, el sistema experimental genera una nueva imagen de forma aleatoria a partir de la selección aleatoria de una agrupación de glóbulos rojos verificados y una imagen de glóbulos rojos no verificados. El sistema presenta esta nueva imagen al usuario y le solicita que marque o bien los glóbulos rojos con forma circular o bien los glóbulos rojos con forma elongada. Si cuando el usuario finaliza la tarea, se considera que el usuario es humano y se da una cierta fiabilidad a la respuesta del usuario en la parte no verificada. A partir de los parámetros de configuración del sistema experimental, cuando cierto número de usuarios coincidan en las respuestas de la parte no verificada, estas respuestas se consideraran correctas y se considerará verificada la morfología de cada glóbulo rojo. Si llegado a un cierto número de usuarios, en un glóbulo rojo concreto hay discrepancias entre los usuarios que responden a la tarea, el sistema considerará la forma como otra deformación.



Figura 5. Versión web (izquierda) y versión dispositivo táctil (derecha) de sickleCAPTCHA

Del sistema se implementaron una versión web y una aplicación para dispositivos táctiles Android, ver Figura 5. El sistema permite los siguientes parámetros de configuración:

- Método combinación:** Número de glóbulos rojos circulares y número de glóbulos rojos elongados. % máximo de solapamiento entre glóbulos rojos (el método exige que los glóbulos rojos estén solapados).
- Respuesta correcta:** Permite dos opciones. La primera permite definir un *threshold* de distancia en píxeles respecto a la respuesta del sistema de la parte verificada. La segunda considerará una respuesta como correcta, si coinciden el número de glóbulos rojos indicados por el usuario con los del sistema de la parte verificada, si se han marcado encima glóbulos rojos. Esta opción se permite, porque en el caso de la sicklema el tratamiento

depende del número de glóbulos rojos de forma elongada respecto el total de glóbulos rojos. Por tanto lo importante es el conteo y no la posición.

- **Tiempo respuesta:** Tiempo que tiene el usuario para responder a la tarea. Si excede el tiempo, tiene que realizar otra tarea. El objetivo es dificultar el análisis automático.
- **Visualizaciones:** Cuantas veces se debe presentar a los usuarios una imagen no verificada.
- **Verificación forma:** Entre el total de visualizaciones, el número mínimo de respuestas coincidentes para que la forma de un glóbulo rojo se considere verificada. Si no se alcanza este número mínimo de respuestas, se considera que la forma es otra deformación.

4. EXPERIMENTO

El objetivo del experimento era comprobar que el sistema experimental permite analizar de forma correcta la forma de los glóbulos para pacientes con sickleemia (*fiabilidad*), es adecuado para dispositivos táctiles (*adecuación*) y es válido como sistema de control de acceso (*seguridad*).

4.1 Participantes

Los participantes fueron 101 estudiantes universitarios (32 mujeres) con unas edades comprendidas entre 18 y 49 años, de los cuales 73 sabían que era una prueba CAPTCHA. Ningún participante padecía discapacidad física que le impidiese utilizar el sistema. Los estudios de 50 participantes no estaban relacionados con informática (25 mujeres).

4.2 Base de datos de imágenes

Para validar el sistema experimental usamos la base de datos *erythrocytesIDB* (<http://erythrocytesidb.uib.es/>) [4]. La base de datos está formada por 66 imágenes (500x375 píxeles, 480 dpi), de frotis de sangre periférica, de diez pacientes con sickleemia no crítica. Para la obtención de las imágenes se utilizó un microscopio Leica (100x) y una cámara Kodak EasyShare V803 (Kodak Retinar Aspheriic All Glass Lens de 36-108 mm AF 3X optical). El ground-truth de la forma de los glóbulos rojos de la base de datos, fue realizado por un especialista en hematología.

4.3 Procedimiento

Con el objetivo de comprobar la *adecuación* del sistema experimental en dispositivos táctiles, lo comparamos con reCAPTCHA, el sistema de CAPTCHA más utilizado en estos momentos [24], ver Figura 6.

El experimento se dividió en dos fases, una primera fase (D) en la que se usaba el sistema experimental en un ordenador de sobremesa, y el usuario interactuaba con el teclado y el ratón. Más una segunda fase (T), donde se usaba el sistema experimental en un dispositivo de interacción táctil.



Figura 6. reCAPTCHA

En la primera y segunda fase el usuario tenía que resolver una tarea de sickleCAPTCHA (D1, T1), una de reCAPTCHA (D2, T2), y dos de sickleCAPTCHA (D3, D4, T3, T4).

La *fiabilidad* se comprobó comparando los resultados de las tareas sickleCAPTCHA con el ground-truth de *erythrocytesIDB*.

Para comprobar la *seguridad*, se aplicó un método de segmentación y de análisis automático de la morfología de los glóbulos rojos [4], sobre las agrupaciones de glóbulos rojos verificados de todas las tareas de sickleCAPTCHA que realizaron los participantes.

Para cada participante, siempre se inició el experimento con la fase uno (D). Antes de empezar el experimento se recogía la siguiente información del participante: género, edad, estudios y si conocía que era un CAPTCHA.

4.4 Medidas

Para medir la *fiabilidad* comparamos las respuestas de los participantes en las tareas de sickleCAPTCHA, con el ground-truth de la base de datos.

Para medir la *adecuación* en dispositivos táctiles, calculamos el tiempo que necesitaron los participantes para resolver cada tarea, a partir de la primera interacción (click ratón, pulsación tecla, pulsación táctil) hasta que pulsaban el botón de enviar.

Para medir la *seguridad*, comparamos los resultados de aplicar [4] con el ground-truth, para saber en que grado se podían resolver las partes verificadas de las tareas de forma automática.

4.5 Implementación, equipo y configuración

La versión web del sistema experimental se implementó utilizando php, html y mysql, sobre un servidor con GNU Linux y Apache. La versión para dispositivos táctiles se implementó utilizando AndroidStudio.

Las pruebas en ordenador de sobremesa se realizaron sobre un Dell DCNE con monitor, ratón y teclado sobre un escritorio virtual de Windows XP con Chromium como navegador. Las pruebas con dispositivo táctil se realizaron con un smartphone LG L7 (P700) con Android 4.1.2 como sistema operativo.

Los experimentos se realizaron con la siguiente configuración del sistema experimental:

- **Método combinación:** 5 glóbulos rojos con un solapamiento mínimo del 20%.
- **Respuesta correcta:** En el caso de la parte verificada, un error máximo de 36 píxeles, y la marca del usuario tenía que estar dentro del glóbulo rojo (comprobación por color). En el caso de la parte no verificada, sólo se tuvo en cuenta si coincidía el número de glóbulos rojos y si se había iniciado sobre ellos (segmentación por color).
- **Tiempo respuesta:** 10 segundos.
- **Visualizaciones:** Máximo de 7
- **Verificación forma:** 5

El proceso de los datos de las medidas se realizó mediante el paquete R 3.2.0, 16 de abril de 2015, Nueva Zelanda de R Development Core Team.

4.6 RESULTADOS

A continuación se muestran los resultados obtenidos durante las pruebas junto con un estudio estadístico de estos.

4.6.1 Adecuación

En D1 los participantes tardaron (media \pm desviación típica) $4.64s \pm 2.73$, en D2 $6.17s \pm 4.76$, en D3 $2.64s \pm 0.84$ y en D4 $3.15s \pm 1.10$, ver Figura 7.

En la T1 los participantes tardaron $1.47s \pm 0.48$, en T2 $8.33s \pm 4.11$, en T3 $1.56s \pm 0.56$ y en T4 $1.18s \pm 0.46$, ver Figura 7.

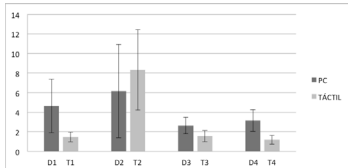


Figura 7. Tiempo medio y desviación típica en la realización de cada tarea

Sobre estas medidas aplicamos un test de Student pareado [14]. En nuestro caso la hipótesis nula consistió en afirmar que no había diferencias estadísticamente significativas entre dos grupos de valores emparejados. En la Tabla 1, se resumen las hipótesis nulas y sus resultados. Todas las hipótesis nulas se refutaron al ser en todos los casos $p < 0.05$.

Tabla 1. Resumen de resultados. *Los tiempos se encuentran en segundos.

| Hipótesis nulas | Diferencia de tiempos medios* | p-value | I.C. |
|--|-------------------------------|-----------|------|
| H_{1a} : En PC reCAPTCHA = sickleCAPTCHA? | 3.26 ± 4.27 | < 0.001 | 0.95 |
| H_{1b} : En dispositivo táctil reCAPTCHA = sickleCAPTCHA? | 6.95 ± 3.92 | < 0.001 | 0.95 |
| H_{2a} : Un reCAPTCHA en PC = en dispositivo táctil? | -2.16 ± 5.01 | < 0.001 | 0.95 |
| H_{2b} : Un sickleCAPTCHA en PC = en dispositivo táctil? | 1.53 ± 0.96 | < 0.001 | 0.95 |
| H_{3a} : Un reCAPTCHA = sickleCAPTCHA la primera vez en un PC? | 1.53 ± 3.72 | < 0.001 | 0.95 |
| H_{3b} : Un reCAPTCHA = sickleCAPTCHA la primera vez en un dispositivo táctil? | 6.85 ± 3.99 | < 0.001 | 0.95 |
| H_{4a} : El primer sickleCAPTCHA = al último sickleCAPTCHA? | 1.74 ± 1.69 | < 0.001 | 0.95 |

En (H_{3a}) queríamos saber si utilizando un PC (ratón/teclado) se tardaba de media el mismo tiempo en resolver un reCAPTCHA y

un sickleCAPTCHA. En (H_{3b}) queríamos saber si utilizando un dispositivo táctil se tardaba de media el mismo tiempo en resolver un reCAPTCHA y un sickleCAPTCHA. En (H_{4a}) queríamos saber si el tiempo medio de resolución de un reCAPTCHA es el mismo utilizando un PC (ratón/teclado) y un dispositivo táctil. En (H_{4b}) queríamos saber si el tiempo medio de resolución de un sickleCAPTCHA es el mismo utilizando un PC (ratón/teclado) y un dispositivo táctil. En (H_{5a}) queríamos saber si el tiempo medio para resolver la primera vez un reCAPTCHA y un sickleCAPTCHA es el mismo utilizando un PC (ratón/teclado). En (H_{5b}) queríamos saber si el tiempo medio para resolver la primera vez un reCAPTCHA y un sickleCAPTCHA es el mismo utilizando un dispositivo táctil. En (H_{6a}) queríamos saber si el tiempo medio para resolver el primer sickleCAPTCHA es el mismo que para resolver el último.

Además realizamos un test de poder ad-hoc para examinar si el número de muestras era correcto. Este test permite conocer la probabilidad de que la hipótesis nula sea rechazada siendo la hipótesis alternativa verdadera (cuanto mayor sea la probabilidad de que eso ocurra menor será la probabilidad de que haya falsos negativos) [14]. Calculamos el tamaño mínimo de la muestra necesario. En la Tabla 2 se muestran los resultados.

Tabla 2. Resultados test de poder ad-hoc

| Hipótesis | Alpha | Poder | Número de muestras |
|--------------------|-------|-------|--------------------|
| PC | 0.01 | 0.90 | 90 |
| Dispositivo Táctil | 0.01 | 0.90 | 9 |
| Aprendizaje | 0.01 | 0.90 | 29 |

4.6.2 Fiabilidad

En D1 el 98.02% de los participantes realizó correctamente su tarea. Se obtuvo el mismo resultado en D2. En D3 y D4 el 100% de los participantes acertó su tarea.

En T1, el 100% de los participantes realizó correctamente su tarea. En T2 solo el 11.88% de los participantes realizó correctamente su tarea. La mayoría de los errores fueron debidos a que los usuarios escribían mayúsculas como minúsculas. Si no tenemos en cuenta este detalle, el 87.13% de los usuarios acertó su tarea. En T3 y T4 el 100% de los participantes acertó su tarea.

La base de datos *erythrocytesIDB* (<http://erythrocytesidb.uib.es/>) [4] contiene un total de 87 agrupaciones de glóbulos rojos. Cada agrupación fue analizada por una media de 6.87 usuarios. Cuando 5 usuarios habían analizado de forma correcta los glóbulos rojos verificados, se procedía a analizar si su análisis sobre la agrupación de glóbulos rojos no verificados coincidía. En caso afirmativo este segundo análisis se consideraba correcto y ya no se solicitaba más por parte del sistema.

En la tarea D1 un usuario se equivocó en los glóbulos rojos verificados, por lo tanto se descartaron las respuestas sobre los glóbulos rojos no verificados. En la misma tarea D1, otro usuario se equivocó en los glóbulos no verificados, pero como su respuesta no coincidió con la de los demás usuarios que realizaron una tarea con los mismos glóbulos rojos, su respuesta se descartó.

4.6.3 Seguridad

El método de segmentación y de análisis automático [4], solo clasificó de forma correcta la morfología de 49 (sobre 606, 8.09%) agrupaciones de glóbulos rojos verificados.

Si se tiene en cuenta que el error máximo permitido respecto la respuesta verificada de cada glóbulo rojo era de 36 píxeles, el número de agrupaciones clasificadas de forma correcta se reduce a 1 (0.17%). Como sickleCAPTCHA solicita que se indiquen o el número de glóbulos rojos circulares o el número de glóbulos rojos elogandos, en este caso el método automático clasificó de forma correcta (aplicando el error de 36 píxeles) 4 agrupaciones de glóbulos rojos verificados (0.67%).

5. Discusión

En relación a la *Adecuación*, en la Figura 7 se puede observar que el tiempo medio que necesitan los usuarios para resolver un sickleCAPTCHA es menor que para un reCAPTCHA en PC. Además se puede observar que para resolver un sickleCAPTCHA sobre un dispositivo táctil el tiempo medio es menor que sobre un PC. Por otra parte, el tiempo medio para resolver un reCAPTCHA sobre un dispositivo táctil es mayor que sobre un PC. Estos datos nos indican que reCAPTCHA está indicado para PC (donde los usuarios utilizan teclado y ratón), pero para dispositivos táctiles es más adecuado utilizar sickleCAPTCHA. En el caso de sickleCAPTCHA, se puede observar que en D1 los usuarios no conocían el sistema y necesitaban un aprendizaje, por este motivo la desviación típica es mucho mayor que en el resto de medidas donde los usuarios ya habían tenido un primer contacto con el sistema.

El estudio estadístico aplicado sobre los datos (Tabla 1), confirma estadísticamente que sickleCAPTCHA es adecuado para ser utilizado sobre dispositivos táctiles:

- **H₁**: De media se tarda menos tiempo en resolver un sickleCAPTCHA que un reCAPTCHA. Como el tiempo de resolución de reCAPTCHA es considerado adecuado, podemos afirmar que el tiempo de resolución de un sickleCAPTCHA también lo es.
- **H₂**: De media se tarda menos tiempo en resolver un sickleCAPTCHA que un reCAPTCHA sobre un dispositivo táctil. Si además tenemos en cuenta que solo un 11.88% de los usuarios resolvieron de forma correcta el reCAPTCHA en dispositivo táctil, podemos afirmar que sickleCAPTCHA es una propuesta fiable para dispositivos táctiles.
- **H₃**: De media se tarda menos tiempo en resolver un reCAPTCHA sobre un PC que sobre un dispositivo táctil. Este resultado, el resultado anterior (**H₂**), y el hecho que reCAPTCHA sea un sistema muy extendido sobre PC (ratón/teclado), nos permiten afirmar que reCAPTCHA es más adecuado para PC que para dispositivos táctiles.
- **H₄**: De media se tarda menos tiempo en resolver un sickleCAPTCHA sobre un dispositivo táctil que sobre un PC, lo que indica que el mecanismo de interacción de sickleCAPTCHA es adecuado para dispositivos táctiles.
- **H₅, H₆**: De media se tarda menos tiempo en resolver el primer sickleCAPTCHA que el primer reCAPTCHA tanto sobre un dispositivo táctil como un PC. Estos resultados nos permite afirmar que sickleCAPTCHA es fácil de entender si lo comparamos con reCAPTCHA.
- **H₇**: De media se tarda menos tiempo en resolver el último sickleCAPTCHA que el primero, lo que indica

que el tiempo para aprender a utilizar sickleCAPTCHA es corto.

El test de poder realizado (Tabla 2), nos permite afirmar que las muestras obtenidas son suficientes para el estudio estadístico realizado.

Los resultados sobre *Fiabilidad*, confirman la hipótesis que el uso de reCAPTCHA en dispositivos táctiles es confuso para los usuarios, ya que la interacción para escribir mayúsculas es más compleja y reafirman los estudios previos en que se concluía que su uso con teclados virtuales tendía a provocar errores [20][21]. Estos resultados, también permiten corroborar que la interacción de sickleCAPTCHA es sencilla para dispositivos táctiles, ya que todas las tareas fueron resultados de forma precisa y por lo tanto se consiguió analizar de forma correcta la morfología de todos los glóbulos rojos verificados.

En relación a la *Seguridad*, los resultados indican que con la configuración propuesta en la Sección 4.5, en un 0.67% de los casos fallaría el control de acceso. Si se aplicase una configuración más restrictiva (añadiendo más glóbulos rojos en los agrupamientos verificados y/o reduciendo el error máximo) se podría disminuir los fallos en el control de acceso. Aunque los tiempos de resolución de las tareas podrían aumentar y/o exigir más precisión a los usuarios en sus respuestas. Existen propuestas de CAPTCHA adaptadas a dispositivos táctiles donde el usuario tiene que pulsar sobre las imágenes [3][14], aunque no son sistemas HbC. Por otra parte, propuestas de HbC como faceCAPTCHA [9], donde el usuario tiene que decidir si es una imagen aparece un hombre, una mujer, un no-humano, o no sabe, una respuesta aleatoria permitiría acertar en un 25% de los casos.

6. Conclusiones

Se ha presentado un sistema experimental para el control de acceso de humanos en sistemas de la información, que además permite analizar la morfología de los glóbulos rojos en una imagen de una muestra de sangre capturada de pacientes con Sickleemia. Del sistema se implementaron una versión web y una aplicación para dispositivos táctiles.

Los resultados de los experimentos indican que el sistema es adecuado y fiable para dispositivos táctiles, fácil de entender y que el tiempo para aprender a utilizarlo es corto.

Por otra parte, el sistema permite realizar un análisis fiable de la morfología de los glóbulos rojos de pacientes con Sickleemia, como también permite un control de acceso seguro de humanos en sistemas de la información.

Como trabajo futuro se propone estudiar si el sistema es adecuado para el análisis de otro tipo de morfologías y trabajar para mejorar la seguridad del control de acceso.

7. ACKNOWLEDGMENTS

This work was partially funded by the Project TIN2012-35427 of the Spanish Government, with FEDER support. The authors also thank the Mathematics and Computer Science Department at the University of the Balearic Islands for its support.

8. REFERENCES

- [1] Asakura, T., Hirota, T., Nelson, A. T., Reilly, M. P., & Ohene-Frempong, K. (1996). Percentage of reversibly and irreversibly sickled cells are altered by the method of blood drawing and storage conditions. *Blood Cells, Molecules, and Diseases*, 22(3), 297-306.

- [2] Bacus, J. W. (1983). Quantitative red cell morphology. *Monographs in clinical cytology*, 9, 1-27.
- [3] Elson, J., Douceur, J. R., Howell, J., & Saul, J. (2007, October). Asirra: a CAPTCHA that exploits interest-aligned manual image categorization. In *ACM Conference on Computer and Communications Security* (pp. 366-374).
- [4] Gonzalez-Hidalgo, M., Guerrero-Pena, F. A., Herold-Garcia, S., Jaume-i-Capo, A., & Marrero-Fernandez, P. D. (2015). Red Blood Cell Cluster Separation from Digital Images for use in Sickle Cell Disease. *Biomedical and Health Informatics, IEEE Journal of*, 19(4), 1514-1525.
- [5] Good, B. M., & Su, A. I. (2013). Crowdsourcing for bioinformatics. *Bioinformatics*, bt333.
- [6] Horiuchi, K., Ohata, J., Hirano, Y., & Asakura, T. (1990). Morphologic studies of sickle erythrocytes by image analysis. *The Journal of laboratory and clinical medicine*, 115(5), 613-620.
- [7] Internet World Stats. Consultado el 12 Febrero 2015. <http://www.internetworldstats.com>
- [8] Kawrykow, A., Roumanis, G., Kam, A., Kwak, D., Leung, C., Wu, C., ... & Waldispühl, J. (2012). Phylo: a citizen science approach for improving multiple sequence alignment. *PLoS one*, 7(3), e31362.
- [9] Kim, J., Kim, S., Yang, J., Ryu, J. H., & Wohn, K. (2014). FaceCAPTCHA: a CAPTCHA that identifies the gender of face images unrecognized by existing gender classifiers. *Multimedia tools and applications*, 72(2), 1215-1237.
- [10] Luengo-Oroz, M. A., Arranz, A., & Freat, J. (2012). Crowdsourcing malaria parasite quantification: an online game for analyzing images of infected thick blood smears. *Journal of medical Internet research*, 14(6), e167.
- [11] McCoy, A. B., Wright, A., Laxmisian, A., Ottosen, M. J., McCoy, J. A., Batten, D., & Sittig, D. F. (2012). Development and evaluation of a crowdsourcing methodology for knowledge base construction: identifying relationships between clinical problems and medications. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 19(5), 713-718.
- [12] Mavandadi, S., Dimitrov, S., Feng, S., Yu, F., Sikora, U., Yaglidere, O., ... & Ozcan, A. (2012). Distributed medical image analysis and diagnosis through crowd-sourced games: a malaria case study. *PLoS one*, 7(5), e37245.
- [13] Nguyen, T. B., Wang, S., Anugu, V., Rose, N., McKenna, M., Petrick, N., ... & Summers, R. M. (2012). Distributed human intelligence for colonic polyp classification in computer-aided detection for CT colonography. *Radiology*, 262(3), 824-833.
- [14] Okada, M., & Matsuyama, S. (2012, January). New captcha for smartphones and tablet pc. In *Consumer Communications and Networking Conference (CCNC), 2012 IEEE* (pp. 34-35). IEEE.
- [15] Organización Mundial de la Salud. Consultado el 2 Septiembre 2014. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs308/es/>
- [16] Pharoah, P. D. (2014). Cell Slider: Using crowd sourcing for the scoring of molecular pathology. *Cancer Research*, 74(19 Supplement), 303-303.
- [17] Quinn, A. J., & Bederson, B. B. (2011, May). Human computation: a survey and taxonomy of a growing field. In *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems* (pp. 1403-1412). ACM.
- [18] Raddick, M. J., Bracey, G., Gay, P. L., Lintott, C. J., Murray, P., Schawinski, K., Szalay, A. S., & Vandenberg, J. (2010). Galaxy Zoo: Exploring the Motivations of Citizen Science Volunteers. *Astronomy Education Review*, 9 (1).
- [19] Ranard, B. L., Ha, Y. P., Meisel, Z. F., Asch, D. A., Hill, S. S., Becker, L. B., ... & Merchant, R. M. (2014). Crowdsourcing—harnessing the masses to advance health and medicine, a systematic review. *Journal of general internal medicine*, 29(1), 187-203.
- [20] Reynaga, G., & Chiasson, S. (2013, July). The usability of CAPTCHAs on smartphones. In *Security and Cryptography (SECRYPT), 2013 International Conference on* (pp. 1-8). IEEE.
- [21] Reynaga, G., Chiasson, S., & van Oorschot, P. C. (2015, February). Exploring the usability of captchas on smartphones: Comparisons and recommendations. In *Proceedings of 2015 Network and Distributed System Security (NDSS) Symposium* (pp. 8-11).
- [22] Schwamb, M. E., Orosz, J. A., Carter, J. A., Welsh, W. F., Fischer, D. A., Torres, G., ... & Kaib, N. A. (2013). Planet hunters: A transiting circumbinary planet in a quadruple star system. *The Astrophysical Journal*, 768(2), 127.
- [23] Von Ahn, L., Blum, M., Hopper, N. J., & Langford, J. (2003). CAPTCHA: Using hard AI problems for security. In *Advances in Cryptology—EUROCRYPT 2003* (pp. 294-311). Springer Berlin Heidelberg.
- [24] Von Ahn, L., Maurer, B., McMillen, C., Abraham, D., & Blum, M. (2008). recaptcha: Human-based character recognition via web security measures. *Science*, 321(5895), 1465-1468.
- [25] Wang, S., Anugu, V., Nguyen, T., Rose, N., Burns, J., McKenna, M., ... & Summers, R. M. (2011, March). Fusion of machine intelligence and human intelligence for colonic polyp detection in CT colonography. In *Biomedical imaging: from nano to macro, 2011 IEEE International Symposium on* (pp. 160-164). IEEE.
- [26] Wheelless, L. L., Robinson, R. D., Lapets, O. P., Cox, C., Rubio, A., Weintraub, M., & Benjamin, L. J. (1994). Classification of red blood cells as normal, sickle, or other abnormal, using a single image analysis feature. *Cytometry*, 17(2), 159-166.

Uso de *smartwatches* para la auto-regulación emocional de personas con Trastorno del Espectro Autista

Javier Gomez
Universidad Autónoma de Madrid
Francisco Tomás y Valiente 11
28049, Madrid, Spain
+34914977541
jg.escribano@uam.es

Juan Carlos Torrado
Universidad Autónoma de Madrid
Francisco Tomás y Valiente 11
28049, Madrid, Spain
+34914972292
juan.torrado@uam.es

Germán Montoro
Universidad Autónoma de Madrid
Francisco Tomás y Valiente 11
28049, Madrid, Spain
+34914972210
german.montoro@uam.es

ABSTRACT

Este artículo se centra en el potencial que ofrecen los relojes inteligentes o *smartwatches* como interventores en el proceso de auto-regulación emocional de personas con Trastorno del Espectro Autista (TEA). Partiendo de un modelo de asistencia en sus tareas de auto-regulación, el artículo revisa las principales ventajas de estos dispositivos en cuanto a: ubicuidad, sensores y posibilidades de interacción. Por otro lado, se discute la idoneidad de éstos para este tipo de asistencia, incluyendo estudios que han hecho uso de estos dispositivos con fines similares y la relación de esta idea con el área de computación afectiva. Finalmente, se propone una aproximación tecnológica para la auto-regulación emocional que usa *smartwatches* y aplica el modelo de intervención mencionado.

CCS Concepts

- Human-centered computing—Ubiquitous and mobile computing systems and tools
- Applied computing—Health care information systems

Keywords

Smartwatches, auto-regulación, autismo, TEA, tecnologías para la asistencia, computación afectiva, computación ubicua.

1. INTRODUCCIÓN

Las personas con Trastorno del Espectro Autista (TEA) presentan una serie de síntomas que afectan a su comportamiento. Algunos expertos los atribuyen a su déficit en las funciones ejecutivas, que se definen como las habilidades para controlar acciones [1]. Aunque la disfunción ejecutiva es más conocida por sus efectos en las capacidades de planificación y organización, también afecta al comportamiento y otras habilidades, como el control de impulsos, inhibición de reacciones inapropiadas y la flexibilidad a la hora de pensar y actuar [4].

Si se considera la vida diaria de una persona con TEA, el ya mencionado déficit en las funciones ejecutiva puede dar lugar a las siguientes dificultades prácticas:

- Dificultad en la organización y secuenciación de los pasos para completar una cierta tarea.
- Dificultad para identificar el comienzo y final de una tarea.
- Dificultad en la regulación conductual y emocional.

Además, estas limitaciones funcionales están relacionadas estrechamente con perturbaciones emocionales. Por lo tanto, un soporte y una ayuda adecuados y adaptados son esenciales para conseguir una mejora, más aún cuando la asistencia se basa en estrategias de auto-regulación. Este tipo de soportes reducen la dependencia en el personal de apoyo y permiten adaptar estas estrategias al contexto del usuario de una forma sencilla [10]

En general, el objetivo principal de estas estrategias es aumentar la auto-determinación de los usuarios. El comportamiento auto-determinado se compone de cuatro características: autonomía, auto-regulación, capacitación y realización personal [11]. En particular, la auto-regulación implica diferentes aspectos de los comportamientos auto-determinados: elección y toma de decisiones, resolución de problemas, fijación de objetivos, adquisición de capacidades y control interno.

Con respecto a la auto-regulación emocional y conductual, Pottie e Ingram [14] presentaron un conjunto de tareas modelo en las que cualquier estrategia nueva o desarrollo debe ayudar:

1. Definir una escala de intensidad emocional
2. Ajustar la reacción emocional a la intensidad correcta
3. Identificar situaciones que provocan diferentes intensidades emocionales y adaptar la reacción a ellas
4. Desarrollar estrategias para el control emocional
5. Identificar situaciones de estrés
6. Crear formas para evitar situaciones no deseadas
7. Gestionar el estrés provocado en las situaciones no deseadas
8. Gestionar episodios de enfado

Además, estas tareas se pueden clasificar en tres grupos o etapas: pre-procesado, identificación y gestión. En la Tabla 1 se asocian estados y tareas:

Tabla 1. Etapas de auto-regulación y tareas asociadas

| Preprocesado | Identificación | Gestión |
|--------------|----------------|---------------|
| 1 | 3, 5 | 2, 4, 6, 7, 8 |

Por lo tanto, estas tareas de soporte se deben considerar como requisitos para los nuevos desarrollos tecnológicos para ayudar a personas con TEA en la auto-regulación emocional. En las siguientes secciones se presenta una nueva aproximación para mejorar este proceso gracias al uso de tecnologías emergentes, como los *smartwatches*.

2. TECNOLOGÍAS PARA LA ASISTENCIA DE FUNCIONES EMOCIONALES

La aplicación de la tecnología para la asistencia de personas con necesidades especiales no es una idea nueva. Este concepto, tecnología para la asistencia (*assistive technology* en inglés) incluye todos los sistemas de soporte para atender a la diversidad funcional [13]: prótesis físicas, gafas, sillas de ruedas, etc. Además, se incluyen los sistemas de soporte para las funciones cognitivas. Así, surgieron las "tecnologías para la asistencia cognitiva" (*assistive technologies for cognition*, ATCs) [12]. Gillespie et al.

revisaron esta definición y relacionaron diferentes productos y servicios con la Clasificación Internacional de Funcionamiento, Discapacidad y Salud (*International Classification of Functioning, Disability and Health*, ICF) [13]. En otras palabras, revisaron minuciosamente la relación entre las funciones cognitivas, las necesidades de las personas con diversidad funcional intelectual y los productos de asistencia o soporte específicamente desarrollados para ellos. Así, clasificaron las ATCs en: sistemas de alerta, distractores, micro-instrucciones, navegación, recordatorios, almacenamiento y presentación, y de funcionalidad mixta. Como resultado del estudio, además, encontraron una estrecha relación entre su clasificación y la propuesta por la ICF, que se resume en la Tabla 2. Así, los problemas de atención generalmente se tratan con sistemas de alerta; los distractores resultan muy apropiados para la gestión de las emociones; las tecnologías de navegación cubren los problemas de autoconsciencia; las micro-instrucciones se usan para la planificación y organización; los sistemas de almacenamiento y presentación para la memoria y los recordatorios para la gestión del tiempo.

Tabla 2. Relación entre funciones cognitivas (ICF) y funcionalidad de los sistemas de asistencia

| Función Cognitiva (ICF) | Funcionalidad ATC |
|------------------------------|-------------------------------|
| Atención | Alerta |
| Cálculo | Mixta |
| Emoción | Distractores |
| Autoconsciencia | Navegación |
| Planificación y Organización | Micro-instrucciones |
| Gestión del tiempo | Recordatorios |
| Memoria | Almacenamiento y presentación |

Del estudio se puede concluir que las tecnologías para distracción se han empleado como soluciones para los problemas de emociones y comportamiento de usuarios con diversidad funcional. En concreto, la ICF define las funciones emocionales como “funciones mentales específicas relacionadas con las componentes sentimentales y afectivas de los procesos mentales”. Por otro lado, las tecnologías para distracción es un término muy amplio, que incluye desde dispositivos que proveen estímulos para evitar alocuciones [6] hasta sistemas de *biofeedback* [18]. Este razonamiento nos permite definir el tipo de función que debe cumplir un sistema tecnológico de asistencia a personas con TEA para la auto-regulación emocional.

3. EL SMARTWATCH COMO TECNOLOGÍA EMERGENTE

3.1 Tecnologías emergentes

El problema a la hora de hablar de tecnologías emergentes es que se trata de un término vago, fugaz. Debido al rápido avance de las tecnologías, lo que se considera hoy en día como emergente no tiene nada que ver con lo que se consideraba hace unos años.

En cualquier caso, el término se viene usando desde la aparición de los teléfonos inteligentes y el Internet de las Cosas (IoT) [2]. Evidentemente, hoy en día ya no se pueden considerar los

smartphones como una tecnología emergente, sino como tecnologías altamente integradas y conocidas por la sociedad. Este cambio, además, ha sido rápido, en tan sólo unos años. Una vez producida esta aceptación y generalización por parte de millones de usuarios [5], muchos investigadores empezaron a considerar su aplicación a la ciencia como un medio y no como un fin, especialmente en el área de las Ciencias Sociales [3]. Así, el número de estudios que usaban los teléfonos inteligentes como vehículo para la investigación creció considerablemente.

Las ATCs también han hecho uso de este fenómeno y muchos investigadores han realizado estudios acerca del uso de tecnologías móviles con usuarios con diversidad funcional intelectual en su vida diaria. Lancioni et al., a través de la observación de los resultados de diversos experimentos con usuarios con diversidad funcional intelectual y tecnologías móviles, discutieron la importancia de estudiar la adaptación de las tecnologías a estos usuarios antes de que se convirtiesen en populares [9], paralelizando el diseño para usuarios estándar y la adaptación para usuarios con necesidades especiales. La motivación subyacente del artículo es promover la adaptación de las tecnologías emergentes en el momento en el que aún lo son. De este modo, las tecnologías emergentes relevantes, alcanzarían una aceptación y generalización mayor, tanto por parte de la población con necesidades especiales como sin ellas.

Entonces, ¿cuáles son las tecnologías emergentes más prometedoras hoy en día? ¿Tienen futuro, en cuanto a proyección de mercado y usuarios? ¿Resulta viable adaptarlas a usuarios con necesidades especiales? ¿Van a suponer una nueva generación tecnológica, como los teléfonos inteligentes y las tabletas, y tan populares como ellos?

Hacer una predicción es algo complejo, ya que entran en juego multitud de factores. Sin embargo, sí existe una tendencia actual: las tecnologías *wearables* y, en concreto, los *smartwatches* o relojes inteligentes [8][16].

3.2 Smartwatches

Los relojes inteligentes son dispositivos *wearables* que se llevan, como los relojes tradicionales, en la muñeca y ofrecen una funcionalidad similar a los *smartphones*, adaptada a las particularidades interactivas de los relojes y a sus recursos computacionales, algo más limitados [19]. La característica más destacable de estos dispositivos es, sin duda, su alta capacidad de sentido. A pesar de existir una considerable cantidad de modelos en el mercado, cada vez es más común que incluyan sensores como acelerómetros, monitores de frecuencia cardíaca, GPS, luminicos, Wi-Fi, etc. Además, ofrecen modos de interacción variados como la pantalla táctil, el reconocimiento de voz y gestos o la vibración. Así, se pueden considerar como los primeros dispositivos *wearables*, con capacidad de cómputo real y versatilidad.

Por ello, este tipo de dispositivos ya han llamado la atención de investigadores relacionados con la diversidad funcional y las ciencias sociales. Por ejemplo, Kearns et al. [7] desarrollaron su propio *smartwatch* y lo integraron en una casa inteligente, que servía como soporte para personas con diversidad funcional intelectual en actividades cotidianas. Además, el sistema servía como soporte a la planificación y recordatorio de tareas. De los estudios realizados, los autores concluyeron que los recordatorios, enfocados a dar avisos para tomar la medicación o hacer alguna tarea, fueron el aspecto más efectivo de todo el sistema. Este estudio, a pesar de ser un buen ejemplo de aplicación de estos dispositivos como soporte para usuarios con necesidades especiales, no es significativo para la propuesta que se presenta en este artículo, ya que se centra en un único modelo de *smartwatch*

(desarrollado por los propios autores) y no en dispositivos comerciales, además de que no ofrece mecanismos de distracción para la auto-regulación emocional.

De forma parecida, Sharma y Gedeon [17] aplicaron los *smartwatches*, conectados a un *smartphone*, para ayudar a personas con Parkinson. Su propuesta ofrecía la ventaja de que usaba un producto comercial (el *smartwatch Pebble*), lo que hacía posible reproducir el experimento con grupos más grandes y en distintas condiciones.

En conclusión, a pesar de existir diferentes estudios sobre el uso de *smartwatches* como dispositivos de asistencia, la literatura no presenta ninguna experiencia previa en su aplicación para la auto-regulación emocional, a pesar de tener un gran potencial para cubrir las necesidades que se han presentado en secciones previas, como se discutirá más adelante.

4. PROPUESTA DE SISTEMA

Del análisis de las tecnologías para la auto-regulación de personas con TEA se han obtenido una serie de aplicaciones de las que, una vez revisadas, se ha podido concluir que la mayor parte de ellas se han desarrollado específicamente para un caso concreto o requieren de unos ciertos conocimientos tecnológicos para poder usarlas. Sin embargo, los *smartwatches* pueden ser una solución tecnológica natural y una opción atractiva y normalizadora para ofrecer el apoyo. Por lo tanto, la propuesta presentada en este artículo se basa en el empleo de estos dispositivos de una forma autónoma, sin emplear dispositivos externos o desconocidos.

Las situaciones que requieren de asistencia para la regulación emocional surgen de forma espontánea: al ponerse nervioso caminando por un sitio desconocido, recibir un estímulo relacionado con algún tipo de fobia del usuario, situaciones de estrés derivadas de la interacción social, etc. Independientemente de la situación, el *smartwatch* puede estar siempre disponible para el usuario, en su muñeca. Es más, muchos *smartwatches* tienen sensores con los que se puede detectar este tipo de situaciones, asistir al usuario y registrar la información para un análisis posterior.

Por lo tanto, la propuesta que se presenta en este artículo se basa en el modelo de Pottie et al. [15] y que se resume en el apartado 1. Así, se propone el empleo de *smartwatches* y técnicas de computación afectiva para la detección y análisis de las emociones y procedimientos típicos de las ATC relacionados con la interacción y la asistencia ubicua para ayudar a usuarios con TEA en la auto-regulación emocional. Más concretamente, el sistema desarrollado para el *smartwatch* será capaz de realizar las siguientes tareas (ver Tabla 3):

- Detectar situaciones de estrés: el estado interior de una persona con TEA se refleja en una serie de señales que implican estrés o ansiedad. El *smartwatch* es capaz de detectar estas señales a través de la medición del ritmo cardíaco, movimiento de los brazos, etc. Gracias al empleo de técnicas de análisis propias de la computación afectiva.
- Crear formas para evitar situaciones no deseadas: esto se puede promover mediante la presentación de textos, imágenes y audios en el propio reloj inteligente, dando instrucciones al usuario sobre cómo evitar este tipo de situaciones.
- Gestión del estrés en situaciones no deseadas: no siempre es posible detectar o recomendar evitar ciertas situaciones que pueden causar estrés a los usuarios. En estos casos, los *smartwatches* pueden actuar como

distractores o proveedor de micro-instrucciones, mostrando contenido multimedia de forma que entretenga al usuario y éste preste menos atención a la situación que le genera estrés.

- Definir una escala de intensidad emocional: las micro-instrucciones se pueden dar empleando un lenguaje que incluya un vocabulario e imágenes con fines educativos (de las emociones), preguntando al usuario por su estado utilizando una escala, o dando nombre a las emociones que haya podido sentir en ciertas situaciones.

Tabla 3. Etapas de auto-regulación y tareas asociadas

| Modelo de auto-regulación | Función del sistema |
|---|---|
| Identificar situaciones problemáticas | Sensores del <i>smartwatch</i> + análisis de computación afectiva |
| Definir una escala de intensidad emocional | Análisis de computación afectiva |
| Gestionar situaciones de estrés | Distractores y micro-instrucciones mediante el <i>smartwatch</i> |
| Evitar situaciones no deseadas | Micro-instrucciones mediante el <i>smartwatch</i> |
| Ajustar la reacción emocional a situaciones específicas | Temporizadores y micro-instrucciones en el <i>smartwatch</i> |
| Gestionar episodios de enfado | Temporizadores y micro-instrucciones en el <i>smartwatch</i> |

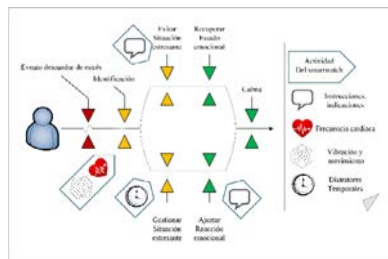


Figura 1. Aplicación de los *smartwatches* en el proceso de auto-regulación emocional de un individuo con TEA

Por ejemplo, para cierto individuo, una situación estresante puede ser encontrarse con un perro de tamaño grande. Si el usuario se asusta, el *smartwatch* se daría cuenta de esta situación mediante el cambio en su ritmo cardíaco o por el movimiento de los brazos (al ahuyentarlo). Así, el *smartwatch*, trataría de captar la atención del usuario mediante sonidos y/o vibración y, después, decirle al usuario qué hacer (ir a otro lugar, pedir ayuda a alguna persona de confianza, etc.) Tras esta recomendación, se mostraría un distractor o mini-juego que ayudaría al usuario a calmarse y recuperar el estado emocional inicial. En este caso, sería recomendable enseñar

al usuario como enfrentarse a una situación en la que aparecen perros grandes, por ejemplo, indicándole que no es una situación peligrosa junto con los distractores.

Actualmente se están desarrollando estas ideas mediante *smartwatches* basados en el sistema operativo *Android Wear*. Nuestro objetivo es obtener una versión con funcionalidad completa que permita realizar experimentos con usuarios reales y cubriendo una cierta variedad de situaciones de estrés. De esta forma, se espera probar la idoneidad de los relojes inteligentes como dispositivos de asistencia ubicua para la auto-regulación emocional de personas con TEA.

5. CONCLUSIONES

Los relojes inteligentes o *smartwatches* son dispositivos que presentan un gran potencial en las áreas de tecnologías para la asistencia y la computación afectiva. Gracias a la gran cantidad de sensores que poseen, pueden medir el estado interno y externo del usuario en todo momento y lugar. Esta interacción implícita produce datos que se pueden analizar y emplear para asistir al usuario, presentando nuevas oportunidades y retos en el desarrollo de software. Además, estas capacidades resultan particularmente interesantes para la asistencia en la auto-regulación emocional, que es un problema relativamente extendido entre los usuarios con TEA.

Las técnicas más efectivas que se han probado para conseguir un nivel aceptable de capacidad para la auto-regulación emocional incluyen tanto estudios de tecnología como pedagogía y se basan en temporizadores, distractores y micro-instrucciones. Estos ejercicios y métodos son fácilmente implementables en un *smartwatch*, así como la detección de emociones que sería el disparador de la asistencia.

El análisis propio de la computación afectiva se pudo integrar en el proceso de sensado del *smartwatch* y la asistencia interactiva se puede modelar y dar mediante la pantalla táctil del dispositivo.

A la vista de estas ideas, se han relacionado las necesidades de las personas con TEA con respecto a la auto-regulación emocional con las posibilidades tecnológicas que ofrecen estos dispositivos, proponiendo un sistema capaz de asistir a personas con TEA a mejorar su capacidad de auto-regulación emocional mediante el uso de un dispositivo conocido y (cada vez más) popular, a la vez que normalizador, como es el reloj inteligente o *smartwatch*.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por los proyectos: “e-Training y e-Coaching para la integración socio-laboral” (TIN2013-44586-R), “eMadrid-CM: Investigación y Desarrollo de Tecnologías en la Comunidad de Madrid” (S2013/ICE-2715) y la Fundación Orange, mediante el proyecto “Tic-Tac-TEA: Sistema de asistencia para la autorregulación emocional de momentos de crisis para personas con TEA mediante *smartwatches*”.

REFERENCIAS

- [1] Baron-Cohen, S. and Chaparro, S. 2010. Autismo y síndrome de Asperger. (2010).
- [2] Bijker, W. et al. 2012. The social construction of technological systems: New directions in the sociology and history of technology. (2012).
- [3] Dufau, S. et al. 2011. Smart phone, smart science: how the use of smartphones can revolutionize research in cognitive science. *PLoS one*. (2011).

- [4] Ferrando, M. et al. 2002. Espectro autista. Estudio epidemiológico y análisis de posibles subgrupos. *Revista de Neurología*. (2002).
- [5] File, T. 2013. Computer and internet use in the United States. *Current Population Survey Reports, P20-568. US* (2013).
- [6] Johnston, O. and Gallagher, A. 2002. The Efficacy of Using a Personal Stereo to Treat Auditory Hallucinations Preliminary Findings. *Behavior* (2002).
- [7] Kearns, W. et al. 2013. Guest Editorial. Temporo-spatial prompting for persons with cognitive impairment using smart wrist-worn interface. *Journal of Rehabilitation Research & Development*. 50, 10 (2013), vii–xiii.
- [8] Kerber, F. et al. 2014. Investigating the Effectiveness of Peephole Interaction for Smartwatches in a Map Navigation Task. *Proceeding MobileHCI '14 Proceedings of the 16th international conference on Human-computer interaction with mobile devices & services*. (2014), 291–294.
- [9] Lancioni, G. et al. 2012. Assistive technology: Interventions for individuals with severe/profound and multiple disabilities. (2012).
- [10] Laurent, A. and Rubin, E. 2004. Challenges in Emotional Regulation in Asperger Syndrome and High-Functioning Autism. *Topics in Language Disorders*. (2004).
- [11] Nota, L. and Ferrari, L. 2007. Self-determination, social abilities and the quality of life of people with intellectual disability. *Journal of Intellectual* (2007).
- [12] O'Neill, B. and Gillespie, A. 2014. Assistive Technology for Cognition. ... *Handbook for Clinicians and Developers*. (2014).
- [13] Organization, W.H. 2007. International Classification of Functioning, Disability, and Health: Children & Youth Version: ICF-CY. (2007).
- [14] Pottie, C. and Ingram, K. 2008. Daily stress, coping, and well-being in parents of children with autism: a multilevel modeling approach. *Journal of Family Psychology*. (2008).
- [15] Pottie, C.G. and Ingram, K.M. Daily stress, coping, and well-being in parents of children with autism: A multilevel modeling approach.
- [16] Rawassizadeh, R. et al. 2014. Wearables. *Communications of the ACM*. 58, 1 (2014), 45–47.
- [17] Sharma, N. and Gedeon, T. 2012. Objective measures, sensors and computational techniques for stress recognition and classification: A survey. *Computer methods and programs in biomedicine*. (2012).
- [18] Sharma, V. et al. 2014. SPARK: Personalized Parkinson Disease Interventions through Synergy between a Smartphone and a Smartwatch. *Design, User Experience, and Usability. User Experience Design for Everyday Life Applications and Services*. (2014), 103–114.
- [19] Witt, S. 2014. Wearable Computing: Smart Watches. *Fun, Secure, Embedded*. (2014).

Hacia el Desarrollo de Actividades Multi-Tableta para Fomentar la Comunicación en Niños Hospitalizados

Fernando Garcia-Sanjuan
fegarcia@dsic.upv.es

Javier Jaen
fjaen@upv.es

Sandra Jurdi
jurdisandra@gmail.com

DSIC/ISSI, Universitat Politècnica de València
Camí de Vera, S/N, 46022 Valencia (Spain)

RESUMEN

La hospitalización a largo plazo o las visitas frecuentes a un hospital puede ser una experiencia estresante para los niños. La falta de compañeros de conversación puede empeorar los síntomas físicos de su enfermedad y causar sentimientos de soledad o aislamiento. Aunque se han hecho muchos esfuerzos tecnológicos para mejorar el bienestar de los niños en el hospital, éstos suelen infrutilizar la interacción, ignorar la comunicación co-localizada o la empujan a un segundo plano. En este artículo presentamos dos casos de estudio en curso de un hospital en el que los pacientes presentan requisitos especiales de movilidad y socialización, describimos dos actividades basadas en dispositivos tableta para controlar objetos físicos y virtuales de forma colaborativa, y discutimos los diferentes tipos de comunicación que estas actividades pueden habilitar.

Palabras Clave

Entornos multi-superficie; tabletas; hospitalización; niños; comunicación; socialización.

1. INTRODUCCIÓN

Los niños que pasan largas instancias en el hospital o hacen visitas frecuentes a éste debido a enfermedades crónicas sufren enormes cantidades de estrés que pueden resultar en muchos problemas sociales y emocionales [3,5,8,9]. Estos son causados no sólo por sus síntomas físicos, sino también por sentimientos de soledad o aislamiento [11] que surgen por estar separados de sus familiares y amigos. De hecho, autores como Ceribelli et al. [4] destacan la importancia de la comunicación con el niño en estos entornos. Muchos estudios previos han abordado este problema y han diseñado tecnologías para mejorar la estancia en el hospital, pero, a pesar de que la fomentación de la comunicación entre los niños hospitalizados y sus familiares se suele identificar como deseable, las actividades llevadas a cabo no se benefician de avances tecnológicos actuales (p.ej., lectura de libros de papel [4]) o empujan la comunicación humano-a-humano a un segundo plano y se centran más en el estudio de diferentes formas de comunicación persona-ordenador (p.ej., [1,6]).

Para fomentar la comunicación, cuando los niños están móviles, sería buena idea juntar a varias personas para participar en una actividad co-localizada que requiera comunicación de forma explícita. Sin embargo, esto no es posible con pacientes encamados. En una situación como esta, trabajos anteriores a promover la comunicación entre el niño hospitalizado y el mundo exterior (p.ej., [12,13]), pero esto suele ser en el contexto de video chats (p.ej., [2]), dejando de lado otras actividades de beneficio cognitivo que involucran mayores niveles de interacción. Por el contrario, en este artículo describimos dos casos de estudio que están actualmente desarrollándose en un hospital local para promover la comunicación entre pacientes pediátricos con movilidad reducida. Estos niños se ven afectados por graves problemas de comunica-

ción a pesar de estar acompañados siempre por compañeros o familiares, que podrían participar con ellos en actividades que fomentan la comunicación. La tecnología para implementar estos casos de estudio son dispositivos portátiles como tabletas o smartphones y fue elegida por varias razones: Primero, porque son ampliamente utilizados y asequibles en la actualidad; segundo, porque son compactos y móviles, lo que los hace discretos y posibles de llevar a las habitaciones por la los enfermeros o parientes en cualquier momento; tercero, porque las interacciones son táctiles, que es muy intuitivo y natural [10] y puede incluso hacerse con éxitos por niños muy pequeños [7]; y, finalmente, porque un número de dispositivos pueden utilizarse conjuntamente en un entorno multi-dispositivo para dar soporte a actividades multi-jugador co-localizadas.

La contribución de este artículo es la descripción de dos actividades multi-tableta para promover la comunicación entre niños hospitalizados en la misma habitación o entre un niño y su cuidador. Los enfoques propuestos están basados en el control colaborativo de artefactos a través de una tableta, imponiendo así la comunicación entre participantes para lograr los objetivos propuestos de la actividad. También analizamos los tipos de comunicación que puede surgir durante el curso de las actividades y resumimos nuestro trabajo futuro.

2. ACTIVIDADES MULTI-TABLETA PARA PROMOVER LA COMUNICACIÓN

2.1 QuizBot

QuizBot es un juego multi-jugador multi-tableta diseñado para asociar conceptos. Los jugadores deben guiar un artefacto virtual —el robot— a una celda en forma de llave. Una vez allí, una pregunta o un tema se muestra en la pantalla y las demás celdas de llave se convierten en posibles respuestas. A continuación, los jugadores deben guiar el robot a la celda de respuesta correcta o visitar las diferentes respuestas en el orden correcto para cada pregunta. El tablero también contiene obstáculos como muros que no pueden ser atravesados por el robot, y bombas que explotan si se pisan y hacen que el robot vuelva a su posición inicial. Cuatro botones controlan los movimientos del robot, que son: empezar a moverse, parar, girar a la izquierda, y girar a la derecha. El juego también puede ser jugado por un solo jugador, pero para fomentar la comunicación se le daría a cada niño en el área de diálisis una tableta con una instancia del juego, al igual que los niños y sus cuidadores en el área de trasplante de médula ósea. Cada dispositivo muestra la misma vista replicada del estado del juego, y dependiendo del número de instancias, los cuatro botones se distribuyen por los diferentes dispositivos.

2.2 HabitApp

HabitApp es una aplicación para observar animales de todo el mundo. En este caso, los usuarios pueden seleccionar el ecosistema que quieren observar desde un menú deslizante a la izquierda.

Una vez se selecciona uno, se muestra un vídeo transmitido en directo del hábitat del animal. Actualmente, la aplicación permite elegir entre múltiples cámaras de exploración en directo, que graban animales en todo el mundo, y de otras cámaras colocadas en un zoológico local. HabitApp también permite al usuario controlar los movimientos de un artefacto físico —una cámara Pan-Tilt-Zoom (PTZ) en el zoológico local. Para imponer la comunicación, se les daría una tableta a todos los niños del área de diálisis, además de a los cuidadores y los niños en el área de trasplante de médula ósea. Los botones de control se reparten entre los dispositivos conectados a la misma cámara en un momento dado.

2.3 Niveles de Comunicación Fomentados

Utilizando QuizBot y HabitApp, la comunicación se puede promover de varias maneras. Hemos identificado tres niveles de comunicación que se pueden conseguir jugando con estas aplicaciones: a) comunicación basada en peticiones, b) negociación y toma de decisiones en conjunto, a c) comunicación emocional o afectiva.

Los primeros dos son el mecanismo de comunicación verbal más simple que imaginamos podría producirse en una situación donde múltiples jugadores controlan el mismo artefacto. Si los jugadores quieren darle al artefacto un comando de movimiento en particular, se verán obligados a pedirle a otra persona que lo haga. Además, QuizBot requerirá que coordinen sus acciones para no chocar con una pared o hacer estallar una bomba. Si bien este tipo de comunicación puede no parecer muy significativo, es el primer paso para participar en un proceso de comunicación de mayor nivel. Esta forma básica de comunicación no debe ser ignorada, ya que algunos niños tienen problemas serios de comunicación.

El tercer nivel de comunicación se refiere a hablar sobre emociones y que los participantes expresen como se sienten. Esto es particularmente interesante en un contexto hospitalario debido al estrés emocional al que están sometidos los pacientes y los cuidadores. QuizBot tiene el potencial para dar soporte a este tipo de comunicación mediante la introducción de preguntas y respuestas relacionadas con las emociones. HabitApp no contiene contenido emocional en sí, pero los jugadores podrían utilizar su imaginación e intentar identificar la emoción que siente un determinado animal, y luego iniciar una conversación al respecto.

3. CONCLUSIONES

Los niños hospitalizados sufren varios problemas emocionales, en parte debido a sentimientos de aislamiento y soledad. En este artículo presentamos dos aplicaciones multi-tableta para fomentar la comunicación en dos áreas especiales de pediatría en un hospital local: Diálisis y trasplante de médula ósea, las cuales implican restricciones como no ser capaz de salir de la cama durante periodos de tiempo largos y no poder participar en conversaciones. En nuestra opinión, estas aplicaciones podrían fomentar la comunicación a niveles diferentes, empezando por peticiones sencillas y progresando a procesos más complejos, como la negociación y la comunicación afectiva.

4. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO) y por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (EDRF-FEDER) con el proyecto TIN2014-60077-R. También está financiado por la ayuda ACIF/2014/214 bajo el programa VALi+d de la Conselleria d'Educació, Cultura i Esport (Generalitat Valenciana).

5. REFERENCIAS

- [1] Akabane, S., Furukawa, S., Leu, J., et al. Puchi Planet: a tangible interface design for hospitalized children. *Proceedings of the 2011 annual conference extended abstracts on Human factors in computing systems*, ACM Press (2011), 1345–1350.
- [2] Antón, P., Maña, A., Muñoz, A., and Koshutanski, H. Live Interactive Frame Technology Alleviating Children Stress and Isolation during Hospitalization. In J. Bravo, R. Hervás and V. Villarreal, eds., *Ambient Assisted Living*. Springer, 2011, 92–100.
- [3] Bonn, M. The effects of hospitalisation on children: a review. *Curatonia* 17, 2 (1994), 20–24.
- [4] Ceribelli, C., Nascimento, L.C., Pacifico, S.M.R., and de Lima, R.A.G. Reading mediation as a communication resource for hospitalized children: support for the humanization of nursing care. *Revista latino-americana de enfermagem* 17, 1 (2009), 81–87.
- [5] Coyne, I. Children's experiences of hospitalization. *Journal of Child Health Care* 10, 4 (2006), 326–336.
- [6] Goris, K., Saldien, J., and Lefebvre, D. Probo: a testbed for human robot interaction. *Proceedings of the 4th ACM/IEEE international conference on Human robot interaction*, ACM Press (2009), 253–254.
- [7] Nacher, V., Jaen, J., Navarro, E., Catala, A., and González, P. Multi-touch gestures for pre-kindergarten children. *International Journal of Human-Computer Studies* 73, (2015), 37–51.
- [8] Nagera, H. Children's reactions to hospitalization and illness. *Child Psychiatry & Human Development* 9, 1 (1978), 3–19.
- [9] Skipper, J.K. and Leonard, R.C. Children, stress, and hospitalization: a field experiment. *Journal of health and social behavior* 9, 4 (1968), 275–87.
- [10] Smith, S.P., Burd, E., and Rick, J. Developing, evaluating and deploying multi-touch systems. *International Journal of Human Computer Studies* 70, 10 (2012), 653–656.
- [11] Tjaden, L., Tong, A., Henning, P., Groothoff, J., and Craig, J.C. Children's experiences of dialysis: a systematic review of qualitative studies. *Archives of Disease in Childhood* 97, 5 (2012), 395–402.
- [12] Vetere, F., Green, J., Nisselle, A., Dang, X.T., Zazryn, T., and Deng, P.P. Inclusion during school absence: Using ambient technology to create a classroom presence for hospitalised children. *Telecommunications Journal of Australia* 62, 5 (2012).
- [13] Wadley, G., Vetere, F., Hopkins, L., Green, J., and Kulik, L. Exploring ambient technology for connecting hospitalised children with school and home. *International Journal of Human-Computer Studies* 72, 8-9 (2014), 640–653.

Gestión de las emociones para el tratamiento de pacientes con dolor lumbar crónico

Valenzuela Pascual, Fran
GESEC, Facultat d'Infermeria,
Universitat de Lleida
Montserrat Roig, 2
25198 Lleida
+34973702459
fvp1969@infermeria.udl.cat

Virgili Gomà, Jordi
GRIHO, Escuela Politècnica Superior
Universitat de Lleida
C/ Jaume II, 69
25001, LLeida
+34-973702740
jvirgili@diei.udl.cat

Gil Irazzo, R. M.
GRIHO, Escuela Politècnica Superior
Universitat de Lleida
C/ Jaume II, 69
25001, LLeida
+34-973702742
rgil@diei.udl.cat

ABSTRACT

Mejorar la calidad de vida de las personas es uno de los principales objetivos de la disciplina en Interacción Persona Ordenador, en este trabajo ese aspecto es más crítico si cabe porque el público objetivo son pacientes con dolor lumbar crónico (CLBP) en atención primaria. En el artículo se explica cómo los pacientes pueden aprender a gestionar sus emociones mediante *biofeedback* y *neurofeedback*. De forma que el conocimiento sobre las emociones puede ser cambiado y como consecuencia se evita el dolor. Para llevar a cabo dicho proceso se presenta un estudio de las soluciones escogidas y descartadas tales como la utilización de una aplicación gamificada además de la gestión de bioseñales tales como la respuesta galvánica de la piel o el uso de electroencefalogramas para saber en qué estado emocional se encuentra el paciente. Una prueba piloto está en marcha en los Centros de Atención Primaria en Lleida.

Categories and Subject Descriptors

H.5.2 [User Interfaces]: User-Centered Design, J.3 [Life and Medical Sciences]: Health

General Terms

Measurement, Design, Human Factors.

Keywords

Neurofeedback, biofeedback, Emotions, Skin Galvanic Response, Chronic Low Back Pain.

1. INTRODUCCIÓN

Un objetivo clave para los autores del artículo es conseguir la investigación transversal. Este es el caso del dolor crónico, donde los métodos utilizados en la actualidad han fracasado. Por lo que se parte de una perspectiva nueva frente al problema, introduciendo un modelo que cada vez está más aceptado y añadiendo nuevas interacciones tecnológicas no utilizadas actualmente. Para poder comprender cuál es ese nuevo enfoque, el artículo en el punto 2 introduce el modelo a verificar del origen del dolor crónico. Se explicarán los conceptos de *neurofeedback* y *biofeedback* y de la relación que tienen con los pacientes de dolor crónico, poniéndose de manifiesto las carencias de los métodos actuales. En el apartado 3 se realiza un repaso de las actuales tecnologías de análisis de bioseñales escogidas, mostrando como se pueden inferir emociones, y centrarse en el miedo. En el apartado 4 se describirá la propuesta tecnológica para solventar

las carencias comentadas en los apartados 2 y 3. En el apartado 5 se muestran las conclusiones y el trabajo futuro.

2. DOLOR CRÓNICO

El dolor lumbar (LBP) es uno de los problemas musculoesqueléticos más comunes en el mundo [Hoy et al. 2012; Woolf et al. 2012]. Casi todo el mundo, sin tener en cuenta la edad y el género, tendrá uno o más episodios de dolor lumbar y algunas de esas personas desarrollarán dolor crónico. LBP tiene importantes implicaciones económicas en nuestra sociedad en términos de costes directos e indirectos [Asche et al. 2007].

El dolor es una experiencia multifactorial asociada con factores psicológicos y emocionales que juegan un importante rol en la transición de agudo a crónico [Lundberg et al. 2011]. Además, hay pruebas de que la discapacidad en pacientes con CLBP es causada por el temor a lesionarse y a las actitudes derivadas de la evitación del dolor, y que estos pacientes crónicos tienen altos niveles de creencias y comportamientos miedo-evitación [Rainville et al. 2011]. Una de estas teorías es conocida como el *Fear-avoidance* model (FAM) by Lethem et al. [Lethem et al. 1983]. La principal aportación de este modelo se basa en el hecho de que algunos pacientes desarrollan miedo al dolor, ese miedo al dolor está basado en la percepción de la persona acerca de situaciones y movimientos que pueden ser dolorosos. Para los autores existen dos tipos de individuos, los que confrontan y los que evitan. Solamente los últimos desarrollan dolor crónico. En una situación aguda esa actitud es normal para cualquier individuo como respuesta para evitar situaciones dolorosas y permitir al cuerpo curarse. Por lo tanto, los individuos que confrontan situaciones dolorosas vuelven al estado funcional normal. La confrontación podría estar basada en: a) el dolor es temporal, b) motivación para volver al estilo normal de vida, c) el resultado de un tratamiento conservador. Sin embargo, algunas personas no se enfrentan a esas situaciones dolorosas originalmente, consiguiendo de este modo permanecer en un estado de miedo-evitación de lo que ellos perciben como situaciones dolorosas. Este modelo propone cuatro factores que pueden influir en la respuesta final del individuo:

a) las situaciones de estrés, b) la historia de dolor, c) las estrategias de afrontamiento / respuesta, d) la personalidad

La educación del paciente puede ser vista como una manera de proporcionar información y consejo con la finalidad de cambiar la cognición y conocimientos de los pacientes sobre su estado crónico, con el propósito de reducir el miedo sobre futuras

consecuencias negativas y así poder reanudar las actividades normales.

Otro tratamiento que promete ser de utilidad es el neurofeedback (NFB). La teoría que existe detrás del uso del neurofeedback se relaciona con el paradigma del condicionamiento operante, donde los individuos son entrenados, y por lo tanto aprenden, a cómo modificar sus ondas cerebrales [Vernon et al. 2003]. El entrenamiento cerebral ha sido utilizado en diferentes condiciones de salud como la fibromialgia, mostrando que el NFB podría ser efectivo en mejorar los síntomas de la fibromialgia, tales como el dolor, los síntomas psicológicos y la calidad de vida [Kayiran et al. 2010]. Además, algunos estudios asocian el entrenamiento utilizando el NFB con un mejor rendimiento cognitivo.

Uno de los aspectos directamente relacionados con el dolor y que también ha formado parte de las investigaciones en el uso del NFB, son las emociones. Concretamente, muchos de estos estudios utilizan el "Sistema Internacional de Imágenes Afectivas". Este sistema permite la utilización normalizada de estímulos emocionales para la investigación, teniendo en cuenta la clasificación de las emociones en sus tres dimensiones básicas subjetivas: la valencia, la activación o excitación, y la dominancia. La valencia sería entendida como una dicotomía entre agradable y desagradable, la activación o excitación variaría entre activado o desactivado y la dominancia oscila entre "en control" o dominado.. Son varios los estudios que han utilizado este concepto con buenos y prometedores resultados.

Los autores se encuentran en este momento en la fase de reclutamiento de pacientes para la valoración de la efectividad de una intervención educativa utilizando una plataforma web en pacientes con CLBP. De hecho, este estudio ha sido aprobado por el Comité Ético de Investigación Clínica del IDIAP Jordi Gol (código P14/138), y por el "ClinicalTrials.gov Protocol and Results Registration System" (código NCT02369120). Se realizará una intervención en centros de Atención Primaria (CAP) así como seguimiento telemático.

3. BIOFEEDBACK/NEUROFEEDBACK

A continuación se describen las señales biológicas (biofeedback/neurofeedback) que se han escogido como claves para poder llevar a cabo la intervención clínica con los pacientes con CLBP. Las técnicas como fMRI o PET se han descartado desde un principio por coste o por resultar demasiado invasivas en el paciente. Pues se trata de diseñar una actuación que pueda hacerse desde casa o bien en la consulta de un centro de Atención Primaria.

Tanto en el *neurofeedback* como en el *biofeedback*, los post-test son una herramienta necesaria para poder correlacionar o incluso descartar señales. Proporcionan información muy valiosa para poder escoger qué señales se van a utilizar y el porqué.

3.1 NEUROFEEDBACK

Inicialmente fue considerado utilizar datos provenientes de electroencefalogramas (EEG) en la primera interacción con los usuarios, la razón primordial es que es posible medir el miedo tal y como se verá en un subapartado de este mismo punto. Los dispositivos con tecnología EEG permiten registrar ondas alfa (8-13Hz), beta (14-60Hz), delta(0-4Hz) y theta(4-7Hz) durante la vigilia.

3.1.1 Ventajas/Desventajas

Existen numerosos dispositivos de aplicación no necesariamente médica para el análisis de EEG, se piensa en un dispositivo que pueda ser utilizado en una consulta y no resulte demasiado invasivo al paciente, de manera que no coaccione su respuesta emocional. Se utilizan incluso en juguetes como ForceTrainer¹ y MindFlex².

En el mercado existe una amplia oferta de dispositivos³, aunque los más utilizados son Neurosky⁴ y Emotiv⁵.

Se ha elegido Emotiv porque mide 3 estados mentales, 13 pensamientos conscientes, expresiones faciales y movimientos de cabeza (gracias a los 2 giroscopios) lejos de su primer competidor⁶.

3.1.2 EEG y las emociones

Se utiliza el modelo que relaciona las emociones con la valencia/arousal/dominancia⁷ donde al usuario se le presentan los estímulos que son registrados en uno de los dispositivos disponibles en el mercado. Posteriormente se filtra la señal, habitualmente se utilizan Wavelets discretas⁸ y no transformadas de Fourier pues no se desea todo el rango temporal y se realiza una extracción de las características deseadas. Para la clasificación dentro del modelo se utiliza habitualmente SVM (Support Vector Machine)⁹. De manera que se utiliza redes Bayesianas o bien FDA binomial para calcular la modalidad, el arousal y la valencia.

Para la elicitación de emociones se utilizan estímulos que se muestran al usuario o bien se pide al usuario que imagine la emoción mediante un recuerdo asociado a ella. El registro que se realiza de las ondas cerebrales comprende una variedad de ellas, sin embargo las que más se utilizan son las ondas alfa (8 a 12Hz) y las onda beta (12 a 30Hz). De todas formas también se registran señales no deseadas que deben ser eliminadas (ya sea por filtrado o bien por eliminación directa) como son el movimiento ocular/parpadeo que se produce entorno a los 4Hz, artefactos que afecten al corazón (1.2Hz), artefactos musculares (frecuencias superiores a 30Hz), también encontramos la señal de 50Hz creada por las fuentes de alimentación. El procesado de la señal se realiza con EEGLab¹⁰, un software abierto para Matlab, donde se descomponen los datos utilizando *Independent Component Analysis* (ICA), se generan mapas y los espectros de las señales por canales, también se pueden preprocesar los datos para evitar señales no deseadas y también se puede trabajar con descomposición en tiempo y frecuencia.

¹ http://unclemilton.com/star_wars_science/#/the_force_trainer

² <http://store.neurosky.com/products/mindflex-duel>

³ <http://www.biomedical-engineering-online.com/content/12/1/56>

⁴ <http://neurosky.com>

⁵ <http://www.emotiv.com>

⁶ http://www.ted.com/talks/tan_le_a_headset_that_reads_your_brain_waves

⁷ <http://uais.lzu.edu.cn/uploads/soft/101215/15-101215200248.pdf>

⁸ <http://www.ijejournal.com/papers/v1i12/A01120107.pdf>

⁹ <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=593463>

¹⁰ <http://sccn.ucsd.edu/eeGLab/>

3.1.2.1 EEG y la medición del miedo

Existen diferentes teorías que describen que la emoción del miedo está ligada a una asimetría del lóbulo frontal¹¹, de manera que la emoción del miedo activa el lado derecho de los lóbulos frontales, pues, se considera que la asimetría en los lóbulos está relacionada con la aparición de las emociones. Así pues, se procede a calcular el espectro de los lados izquierdo y derecho asociados a los sensores de la parte frontal. En este punto, se descartará la idea de utilizar esta tecnología por su inviabilidad de automatizar todo el proceso de momento.

3.2 BIOFEEDBACK

A partir de una comunicación personal con Picard. R.W. se opta por la compra del hardware Empatica¹² (spin-off del MediaLab del MIT). Dicho hardware mide la respuesta galvánica de la piel (GSR), posee un acelerómetro, mide la presión volumétrica sanguínea, así como el ritmo cardiaco.

La respuesta galvánica de la piel es una de las diferentes respuestas electrodermales (EDA). Estos son cambios en las propiedades eléctricas de la piel causadas por una interacción entre los sucesos del ambiente y el estado psicológico del individuo.

Existen dos tipos de conductancia de la piel¹³: tónica y fásica. Mientras que la tónica marca el nivel base de la conductancia de la piel en ausencia de cualquier suceso del ambiente (SCL), los niveles de la conductancia tónica varían con el tiempo y dependen del estado psicológico y de la regulación autonómica de cada sujeto. Por otro lado, la conductancia fásica aparece cuando un suceso ocurre. Estímulos del entorno tales como luz, sonido, o incluso un olor pueden evocar cambios en la conductancia de la piel. Se refieren de forma genérica a las respuestas de la conductancia de la piel (SCRs). Los SCRs son incrementos en la conductancia de la piel que pueden durar de 10 a 20 segundos seguidos por un retorno a la línea base SCL. Estos cambios fásicos son a menudo simplemente GSRs. Los individuos mostrarán GSRs también de forma espontánea. Sin embargo sabemos la frecuencia en la cual se presentan: uno a tres por minuto. Algunas personas son altamente reactivas a la generación de GSRs (lábilas) mientras que otras presentan un nivel tónico de la conductancia de la piel sin apenas GSRs espontáneos (estables). Se ha utilizado cada una de estas bioseñales para objetivos diferentes. Mientras que las medidas del acelerómetro eran utilizadas para descartar otras medidas, debido a que sabemos que ha habido movimientos de la muñeca o brazo. Se han correlacionado sobretodo el ritmo cardiaco con el GSR para ver el arousal.

3.2.1 Ventajas/Desventajas

La principal ventaja de este método es que es poco invasivo para el paciente. Llevar una pulsera no conlleva demasiados trastornos para los sujetos, y en ningún caso ha habido reparo a utilizarlo.

3.2.2 GSR y las emociones

A pesar de que existen trabajos que incluso intentan detectar la carga cognitiva¹⁴. Sin embargo, en este caso se focaliza en el arousal como variable que permite relacionar los cambios emocionales. Se han realizado medidas de miedo en la industria de los video-juegos utilizando esta técnica¹⁵.

3.3 Análisis cualitativo de Emotiv-EPOC y de la pulsera de Empatica.

Mediante una librería en Python¹⁶ se ha obtenido la señal en bruto del Emotiv, de manera que disponemos de los datos obtenidos por el dispositivo para poder tratarlos posteriormente con el EEGLab para Matlab.

En los análisis preliminares y cuantitativos realizados con la pulsera Empatica hemos podido determinar diferencias de género en cuanto a la latencia y al tiempo de aumento (*rise time*), registrándose pequeños cambios en algunas mujeres frente a una tendencia general de pendiente positiva en todos los casos excepto en una mujer. Solamente detectamos un caso en que no existía una pendiente positiva y fue debido a la sobreexcitación inicial del sujeto.

3.4 Seguimiento con la aplicación web gamificada

La intención en todo momento es hacer sentir a los pacientes que los profesionales sanitarios se preocupan por su dolencia y que han desarrollado una metodología que tiene como fin ayudarles. Para ello se ha diseñado una aplicación web gamificada (ver figura 3). La efectividad del método se basa en que los pacientes son separados en un grupo control, que seguirá el tratamiento pautado por el médico de atención primaria, y un grupo experimental que seguirá el tratamiento descrito en la página web con el trasfondo de la teoría presentada en el punto 1. Dicha separación se realiza de forma aleatoria.

Con este fin se ha desarrollado una página web gamificada construida mediante el gestor de contenidos Drupal, modificando los módulos necesarios y creando otros de cero (como el Gestor de Cuestionarios para pacientes y los tutoriales explicativos mediante videos de profesionales). Lo cual permite mucha versatilidad a la hora de implementar la solución, ya que se puede aprovechar la mayoría de sistemas como los módulos de registro (añadiendo seguridad mediante codificaciones Advanced Encryption Standard para los datos que tengan que estar disponibles) y los módulos sincronización y correo masivo. No se puede hacer pública mientras dure el experimento. El acceso está restringido a los pacientes y a un administrador. En todo momento, los datos de los pacientes están protegidos.

La primera tarea es responder a unos formularios para poder personalizar los contenidos que se suministrarán a los pacientes. Se modelan tareas personalizadas con el objetivo de que el usuario mediante la metáfora del viaje (la narrativa como dinámica de juegos) pueda sentir que es el que dirige su propio rumbo, donde va a cambiar las percepciones negativas a positivas acerca de unas

¹¹<http://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2740&context=etd>

¹² <http://www.empatica.com>

¹³ <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8986.1972.tb01791.x/pdf>

¹⁴<http://sydney.edu.au/engineering/latte/does/12-OzCHI-Narguess.pdf>

¹⁵<http://www.polygon.com/2014/10/29/7081075/horror-games-testing-until-dawn-amnesia>

¹⁶ <https://github.com/openyuo/emokit>

determinadas acciones. En todo momento el paciente puede elegir diferentes fuentes de información como vídeos acerca del origen del dolor crónico, representación en 3D de los procesos que le acontecen, preguntas más frecuentes o incluso un contacto continuo con un especialista en la neurofisiología del dolor. En todas las etapas que va gradualmente pasando el paciente se va controlando su estado emocional. También existen estadísticas sobre qué visita cada paciente y cuando en la aplicación web.

4. PROPUESTA DE DISEÑO ESTRUCTURAL

En las pruebas realizadas con el software propietario, se encontró que no era posible avanzar en la investigación porque no disponíamos de los algoritmos utilizados para relacionar la activación con lo que realmente pensaba el usuario. Por lo que se concluyó que era necesario construir un dispositivo con algoritmos propios para poder controlar en todo momento el mapeo de pensamientos a acciones concretas. Este motivo junto a la necesidad de tener un dispositivo con un coste más económico provoca la revisión de hardware para construir dispositivos propios.

No se ha puesto en marcha ese nuevo diseño en esta primera fase de experimentación porque se ha determinado que es demasiado invasivo en la primera fase y se requiere abaratar costes.

4.1 Propuesta para un nuevo sensor para la respuesta galvánica de la piel más económico

Los nuevos sensores para Arduino Bitalino¹⁷ resultan ideales para esta tarea por ser económicos y estar muy bien valorados. El sensor EDA se puede comprar por separado y cuesta solamente 22€. La configuración modular de los sensores ayuda también en la colocación y diseño del aparato, por lo que se pueden añadir un acelerómetro de 3 ejes para detectar movimiento (tanto su existencia como su intensidad), un sensor electrocardiograma ECG para medir el ritmo cardíaco y otro de electromiografía EMG (que funciona con electrodos secos para detectar la diferencia de potencial eléctrico que activa las células musculares). Por menos de 100 euros en conjunto, sumando la unidad de control central (de 15€ que nos permite prescindir del Arduino para gestionar la señal de los sensores) y el módulo bluetooth 2.0 (de 22€) que comunica con un teléfono móvil para procesar los datos recibidos y añadir información de geolocalización para el conjunto de datos.

El total de diseño y construcción, si bien más aparatoso (que no incómodo) que la pulsera de Empatica, tendrá un coste de menos del 10%, y será capaz de actuar en más condiciones a base de añadir o quitar sensores dependiendo del momento y el paciente.

5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Se ha presentado una metodología revolucionaria en el campo de la atención primaria para el tratamiento del dolor crónico basado en la gestión por parte de los pacientes de sus emociones. Después de las pruebas con software propietario, se decide por motivos económicos y de investigación que debe optarse por un software propio para dar una solución viable al proyecto de gestión emocional para pacientes con CLBP. Se ha desarrollado una aplicación web gamificada para facilitar y modificar el proceso

cognitivo en el paciente y así cambiar su percepción del dolor. Actualmente se encuentra el proyecto en fase de experimentación en los centros de atención primaria de la ciudad de Lleida. Se espera refinar la metodología para que pueda ser implantada en otros centros y en otras ciudades, así como en otras dolencias crónicas como la fibromialgia, o el síndrome doloroso regional complejo.

6. AGRADECIMIENTOS

Este proyecto InDAGuS (Ministerio de Economía y Competitividad TIN2012-37826-C02) ha apoyado al presente trabajo.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] Asche, C. V., Kirkness, C. S., McAdam-Marx, C., & Fritz, J. M. (2007). The societal costs of low back pain: Data published between 2001 and 2007. *Journal of Pain and Palliative Care Pharmacotherapy*, 21(4), 25–33. doi:10.1300/J354v21n04_06
- [2] Hoy, D., Bain, C., Williams, G., March, L., Brooks, P., Blyth, F., ... Buchbinder, R. (2012). A systematic review of the global prevalence of low back pain. *Arthritis and Rheumatism*, 64(6), 2028–2037. doi:10.1002/art.34347
- [3] Kayiran, S., Dursun, E., Dursun, N., Ermutlu, N., & Karamürsel, S. (2010). Neurofeedback intervention in fibromyalgia syndrome: A randomized, controlled, rater blind clinical trial. *Applied Psychophysiology Biofeedback*, 35(4), 293–302. doi:10.1007/s10484-010-9135-9
- [4] Lethem, J., Slade, P. D., Troup, J. D. G., & Bentley, G. (1983). Outline of a fear-avoidance model of exaggerated pain perception—I. *Behaviour Research and Therapy*, 21(4), 401–408.
- [5] Luck, S. J. (2014). *An introduction to the event-related potential technique*. MIT press.
- [6] Lundberg, M., Frennered, K., Hägg, O., & Styf, J. (2011). The impact of fear-avoidance model variables on disability in patients with specific or nonspecific chronic low back pain. *Spine*, 36(19), 1547–1553.
- [7] Rainville, J., Smeets, R. J. E. M., Bendix, T., Tveit, T. H., Poiraudue, S., & Indahl, A. J. (2011). Fear-avoidance beliefs and pain avoidance in low back pain—translating research into clinical practice. *The Spine Journal: Official Journal of the North American Spine Society*, 11(9), 895–903. doi:10.1016/j.spinee.2011.08.006
- [8] Vernon, D., Egner, T., Cooper, N., Compton, T., Neilands, C., Sheri, A., & Gruzelier, J. (2003). The effect of training distinct neurofeedback protocols on aspects of cognitive performance. *International Journal of Psychophysiology*, 47(1), 75–85. doi:10.1016/S0167-8760(02)00091-0
- [9] Woolf, A. D., Erwin, J., & March, L. (2012). The need to address the burden of musculoskeletal conditions. *Best Practice and Research: Clinical Rheumatology*, 26(2), 183–224. doi:10.1016/j.berh.2012.

¹⁷ <http://www.bitalino.com/index.php/hardware>

Interacción Natural (I)

Actividades tangibles para niños con problemas en el desarrollo

Clara Bonillo
GIGA Affective Lab
Dep. Informática e Ingeniería de
Sistemas,
Universidad de Zaragoza, España.
clarabf@unizar.es

Eva Cerezo
GIGA Affective Lab
Dep. Informática e Ingeniería de
Sistemas, Instituto de Investigación en
Ingeniería de Aragón (I3A)
Universidad de Zaragoza, España.
ecerezo@unizar.es

Sandra Baldassarri, Javier
Marco
GIGA Affective Lab
Dep. Informática e Ingeniería de
Sistemas,
Universidad de Zaragoza, España.
{sandra, javi.marco}@unizar.es

ABSTRACT

En este trabajo se ha realizado el diseño e implementación de actividades para el tabletop tangible NIKVision enfocadas a niños con problemas en el desarrollo. Con la colaboración del Centro Base 1 del IASS en Zaragoza, se pudieron establecer los objetivos terapéuticos que tenían que cumplir las actividades a desarrollar, así como realizar la evaluación de las mismas con los usuarios finales, en este caso, los niños del centro. Los resultados de la evaluación fueron satisfactorios y permitieron hacer mejoras tanto en las actividades como en el software utilizado.

CCS Concepts

- Human-centered computing → Interaction design → Systems and tools for interaction design
- Human-centered computing → Human computer interaction (HCI) → Interactive systems and tools

Palabras clave

Interacción Tangible; Tabletop; Niños con Problemas en el Desarrollo; Actividades.

1. INTRODUCCIÓN

Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), más de un 2% de la población infantil de 0 a 6 años puede presentar trastornos patológicos de diversa magnitud, que podrían provocar alteraciones en su desarrollo [16]. Un trastorno de desarrollo consiste en la desviación significativa del curso de la evolución como consecuencia de acontecimientos de salud o de relación que comprometen la evolución biológica, psicológica y social del niño.

Para trabajar dichos trastornos, se hace uso de diversos programas focalizados en distintos ámbitos. Por ejemplo, en el ámbito lingüístico se tratan aspectos como la comprensión, el desarrollo de la sintaxis y la elaboración de la gramática; en el ámbito cognitivo se favorece el trabajo de diversos estímulos (visuales, auditivos y táctiles); y en el ámbito motor se trabajan los reflejos y los movimientos de las distintas partes del cuerpo [11].

Además de estos programas, también se están empezando a utilizar diferentes tecnologías para trabajar con estos niños,

aprovechando la vertiente motivadora que ofrece el ordenador para llamar la atención del niño y hacerle entrenar el funcionamiento visual por medio de ejercicios como reconocimiento de figuras, identificación de colores y seguimiento de trayectorias [4].

Sin embargo, hay estudios que demuestran que las interfaces tangibles ofrecen ventajas significativas respecto a las interfaces gráficas estándar dependientes del ratón dentro de un contexto de educación de niños [5]. Algunas de las ventajas son: que las interfaces tangibles resultan más atractivas a los niños, motivan la colaboración entre ellos y les animan a tomar un papel activo en la exploración del mundo y su aprendizaje. De entre las características de las interfaces tangibles, hay tres que las hacen ideales para formar parte de aplicaciones terapéuticas y de aprendizaje [2]: que promueven la colaboración por medio del espacio compartido, que permiten la libertad de movimientos, y que flexibilizan el diseño de la interfaz física del sistema.

El grupo GIGA Affective Lab cuenta con NIKVision [10], un tabletop Tangible en el que la interacción se lleva a cabo mediante objetos colocados sobre la superficie de una mesa y el cuál ya ha probado su efectividad para trabajar con niños pequeños [9]. Por tanto, el objetivo de este trabajo ha sido la creación de actividades tangibles para dicho tabletop para comprobar su potencialidad a la hora de trabajar con niños con problemas en el desarrollo.

El artículo está organizado de la forma siguiente: en la sección 2 se realiza un estado del arte en el que se estudian diferentes aplicaciones tangibles al trabajar con niños con problemas en el desarrollo. En la sección 3 se explica el tabletop NIKVision así como el software que permite la creación de actividades tangibles. En la sección 4 se explican las actividades que fueron desarrolladas junto con la evaluación de las mismas. En la sección 5 se comentan los cambios que se tuvieron que realizar en el software como resultado de la evaluación realizada. Por último, la sección 6 presenta las conclusiones y las líneas de trabajo futuro.

2. ESTADO DEL ARTE: INTERFACES TANGIBLES Y NIÑOS CON PROBLEMAS EN EL DESARROLLO

En el siguiente apartado se estudian distintos ejemplos de investigaciones y aplicaciones basadas en interfaces y tabletops tangibles para trabajar con niños con problemas en el desarrollo.

Dentro del proyecto de investigación de la Universidad Tecnológica Eindhoven "LinguaBytes", se describe el controlador tangible E-scope, pensado para niños de 1 a 4 años con problemas en el desarrollo del lenguaje y la comunicación [6]. E-scope consiste en un juguete de madera, un ordenador con una estación

inalámbrica y un monitor separado opcional. Utilizando E-scope los niños pueden escuchar historias o jugar a juegos educativos dando vueltas a los anillos del juguete de madera. Moviendo el anillo superior y pulsando los botones del anillo, los niños pueden interactuar con las historias que aparecen integradas en una pantalla aparte.

También dentro del proyecto “LinguaBytes” antes mencionado, se presenta KLEEd, una especie de consola con módulos de ejercicios que utiliza como entradas objetos reales para ayudar a niños con parálisis cerebral a comunicarse [3]. El dispositivo es un sistema modular formado por esteras de ejercicios conectadas a una consola central, y sobre estas esteras se pueden usar una variedad de objetos con sus identificadores y otro material personal debidamente etiquetado para oír y participar en historias interactivas y ejercicios.

En [7], se presentan actividades desarrolladas en Siftables que enseñan a comunicarse a niños entre 4 y 7 años. Los Siftables son pequeños ordenadores (híbridos, a medio camino entre las interfaces de usuario gráficas y tangibles) que muestran gráficos en su cara superior y que son capaces de detectarse entre ellos, de determinar si están siendo movidos o no y de realizar comunicación inalámbrica. Las dos principales actividades que se pueden hacer con ellos son “Make a Riddle” y “Telestory”. En la primera de ellas, los niños tienen que construir acertijos de tres palabras ordenando los Siftables para que formen una frase, lo que actualizará una imagen en el cuarto Siftable. El objetivo de esta actividad es enseñar a los niños conceptos espaciales y construcción de frases simples por medio del juego creativo. Mientras que en la segunda actividad se permite a los niños influir en la historia de un gato y un perro que viajan por una tierra desconocida. Mientras se va contando la historia, los niños pueden introducir objetos y personajes en la escena escogiendo Siftables, contribuyendo en el desarrollo de la misma. El objetivo de “Telestory” es enseñar vocabulario y lectura a niños de preescolar.

En [13][14][15] los autores presentan diversas herramientas para trabajar trastornos y patologías del lenguaje a través del “storytelling”, el arte interactivo de utilizar palabras y acciones para revelar los elementos e imágenes de una historia a la vez que se anima al oyente a utilizar su imaginación [12]. Por ejemplo, “TOK” es una plataforma tangible con forma de libro en la cual los niños pueden crear sus propias historias colocando tarjetas con dibujos, recolocándolas hasta que sean capaces de crear secuencias con sentido e historias. “t-books”, una evolución del TOK para hacer *storytelling* consistente en una plataforma electrónica, un libro con ranuras y un conjunto de tarjetas con dibujos que los niños pueden colocar en el libro para interactuar y explorar la narrativa. Dependiendo de las cartas que los niños eligen, se producen diferentes animaciones y audio en el ordenador. Por último, “t-words” (“tangible words”) es una interfaz consistente en bloques rectangulares en los que los niños pueden grabar y luego escuchar audio. Los bloques pueden conectarse juntos, lo que hace que el audio se reproduzca secuencialmente de manera que reordenando los bloques se puede reordenar el audio grabado.

En [1] se describe el Panel de Frutas Interactivo (PFI) el cual ayuda a niños con problemas en la comunicación. El juego consiste en que al niño se le muestra una imagen de un objeto real, como por ejemplo una fruta en forma de maqueta en miniatura, y posteriormente se le muestra una serie de pictogramas con diferentes frutas. El objetivo del juego es motivar a los niños a jugar para que adquieran la asociación entre pictogramas necesaria para adoptar un sistema de comunicación alternativo.

Además, también desarrolla la concentración, la activación del sistema visual y la memoria.

Por último, Reactable [17] es un tabletop tangible que permite la creación de piezas musicales de cierta complejidad de forma colectiva e intuitiva para dar un medio de comunicación alternativo a niños con autismo. En Reactable, los niños pueden interactuar directamente con el tabletop o utilizar objetos llamados *pucks*, que pueden ser de diferentes tipos como generadores, filtros de audio o controladores.

Tras estudiar los trabajos anteriores podemos concluir que, aunque se han utilizado interfaces tangibles para niños con problemas en el desarrollo, el uso de tabletops no está demasiado extendido. Además, las actividades ofrecidas por las plataformas propuestas están enfocadas a niños con problemas muy concretos, de tal manera que son difícilmente adaptables. Por ejemplo, el dispositivo Reactable es muy adecuado para trabajar con niños autistas pero presenta grandes dificultades para tratar con niños con problemas de motricidad.

Por lo tanto, este trabajo pretende avanzar en la creación de actividades para tabletops tangibles que abarquen las patologías más comunes que afectan a los niños con problemas en el desarrollo.

En la siguiente sección se explica el tabletop NIKvision que se utilizará junto con el software que permite la creación de actividades.

3. NIKVISION Y KITVISION

Para la creación de actividades tangibles se necesitan dos herramientas: el tabletop tangible en el que los niños realizarán las actividades, y el software que permite la creación de actividades y la ejecución de las mismas sobre el tabletop.

3.1 El tabletop NIKVision

NIKVision [9] es un tabletop tangible en el que la interacción se realiza manipulando juguetes y piezas de juego convencionales sobre la mesa. En esta mesa, los niños usan materiales didácticos, reciben una respuesta auditiva y visual en la propia superficie de la mesa y, opcionalmente, en un monitor o pantalla de proyección frontal a la mesa.

En la Figura 1 se muestra un esquema de la mesa NIKVision con todos sus componentes.

1. Sobre la mesa se disponen los juguetes manipulados por el usuario. Estos juguetes llevan adheridos en su base un código impreso llamado fiducial que indica su identidad, orientación y posición sobre la mesa.
2. Una cámara infrarroja en el interior capta la superficie de la mesa transparente y los juguetes colocados sobre la misma.
3. El software de reconocimiento visual Reactivision [8] utiliza un sensor basado en visión para detectar e identificar dedos o objetos marcados en la superficie del tabletop.
4. En proyector se encarga de proyectar las animaciones sobre un espejo.
5. El espejo refleja la imagen arrojada desde el proyector hacia la superficie de la mesa para que sea visible al usuario.
6. Opcionalmente puede incluirse un monitor que sirva de soporte para más escenarios.
7. Unos altavoces se encargan de reproducir el audio.



Figura 1. Estructura del tabletop NIKVision

3.2 El software KitVision

KitVision está compuesto por dos herramientas: un asistente gráfico, que permite modelar las actividades, y un intérprete, que permite ejecutar las actividades creadas con el asistente gráfico en el tabletop.

3.2.1 Asistente gráfico

El asistente gráfico de KitVision es una aplicación de escritorio que facilita el modelado de actividades para tabletop. El asistente utiliza una aproximación WYSIWYG (What You See Is What You Get) en la que los diseñadores de actividades incorporan gráficos, animaciones y audio, colocándolos en la pantalla de la misma manera en la que serán mostrados en el dispositivo tabletop (ver Figura 2).

El diseñador también tiene que definir el icono que aparecerá en la pantalla del tabletop para seleccionar la actividad, las diferentes áreas con sus imágenes asociadas en las que los objetos serán situados y la lista de objetos correctos e incorrectos. Los diseñadores también pueden asociar retroalimentación gráfica y sonora a cada acción, de modo que cuando el usuario realice una acción en la actividad, un sonido o imagen le indicará si lo ha hecho bien o mal.



Figura 2. Asistente gráfico de KitVision

Cuando el diseñador termina de modelar la actividad, el asistente gráfico de KitVision genera automáticamente un fichero XML que contiene la información de la actividad creada y además recopila todos los recursos gráficos y sonoros involucrados en la actividad.

Todos estos ficheros se almacenan en una carpeta a la que el intérprete accede para mostrarlas y ejecutarlas en el dispositivo tabletop. Este proceso se explica a continuación con más detalle.

3.2.2 Intérprete de las actividades

El intérprete de KitVision es la aplicación que se encarga de cargar y ejecutar las actividades en el dispositivo tabletop.

Cuando se ejecuta, el intérprete lee todos los ficheros XML almacenados en una carpeta específica en el sistema informático del tabletop, y visualiza una pantalla de menú con todas las actividades almacenadas en la carpeta en la superficie del tabletop (ver Figura 3 izquierda).

La forma de interactuar con el tabletop para seleccionar actividades o solicitar la vuelta al menú es por medio de selectores. Los selectores son fichas con fiduciales especiales pegados en su base que permiten realizar acciones sobre el tabletop pero que no tienen ningún valor de jugabilidad (no tienen el rol de juguete en ninguna actividad). Los dos selectores que KitVision utiliza son el de seleccionar actividad y el de vuelta al menú (ver Figura 3 derecha).

Cuando se escoge una actividad, el intérprete de KitVision carga el fichero XML, recupera todos los recursos gráficos y de audio referenciados en ese fichero, y visualiza la actividad en la superficie del tabletop. El intérprete es capaz de cargar varios formatos de imagen (BMP, GIF, JPG, PNG...) y animaciones con formato SWF (Adobe Flash animation).

Cuando la actividad se muestra en el tabletop, el usuario puede realizarla situando diversos objetos en la superficie, ya que el intérprete de KitVision también está a cargo de reaccionar a las manipulaciones del usuario gracias a los eventos que recibe de la aplicación reactIVision.

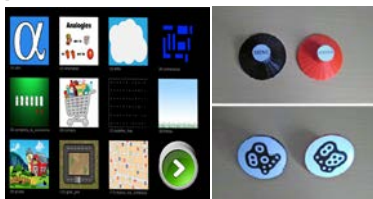


Figura 3. Intérprete de KitVision. Izquierda: menú que se muestra en el tabletop. Derecha: selectores.

4. ACTIVIDADES PARA NIÑOS CON PROBLEMAS EN EL DESARROLLO

El primer paso para la creación de actividades fue contactar con el Centro Base I del Instituto Aragonés de Servicios Sociales (IASS) en Zaragoza, para enseñarle las actividades y las mesas de interacción tangible instaladas en el laboratorio.

Los terapeutas del centro consideraron las ventajas que la tecnología de los tabletops tangibles podría ofrecer y mostraron su interés en que se desarrollaran actividades específicas para sus pacientes. Por lo tanto, tras la reunión comenzó el proceso del diseño y creación de las actividades para su posterior evaluación.

4.1 Diseño de actividades

La primera fase de este trabajo fue diseñar un conjunto de siete actividades para NIKVision que pudieran ser útiles para los niños tratados en el Centro Base I. Teniendo en cuenta las opiniones expresadas por los terapeutas en su visita al laboratorio de la universidad, se concretó que el conjunto de actividades desarrolladas tenían que abarcar problemas de psicomotricidad, lateralidad cruzada, hiperactividad y retrasos del lenguaje.

Una vez establecidos los valores terapéuticos que las actividades tenían que cumplir, se crearon un total de siete actividades haciendo uso del asistente gráfico comentado en la sección anterior. A continuación, se detallan las actividades desarrolladas.

4.1.1 Abejas

Objetivo de la actividad: En esta actividad hay un árbol que contiene una gran cantidad de colmenas que cuelgan de sus ramas. El jugador dispone de un recipiente con el que debe recoger la miel de dichas colmenas. Alrededor del árbol revolotean una o varias abejas que terminan por meterse cada una en una colmena diferente. De todas las abejas que vuelan alrededor del árbol sólo hay una que lleva miel. El objetivo de esta actividad es que el jugador siga con la mirada la abeja que lleva la miel y coloque el tarro bajo la colmena en la que se ha escondido para recolectar la miel.

Elementos virtuales y físicos: en esta actividad son virtuales el escenario donde se desarrolla la actividad, las abejas que se mueven por dicho escenario y el apicultor que da retroalimentación al usuario (ver Figura 4 izquierda). El objeto tangible es el tarro de miel que el jugador tiene que poner debajo de la colmena para recoger la miel (ver Figura 4 derecha).

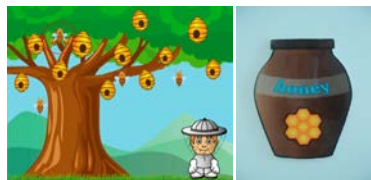


Figura 4. Actividad de las abejas. Izquierda: escenario virtual. Derecha: tarro de miel tangible

Valor terapéutico: La amplitud de la pantalla permite practicar largos seguimientos visuales, que se traduce en un trabajo específico de la musculatura ocular. También se trabaja la atención visual, ya que la dificultad no aumenta sólo con la velocidad de la abeja que lleva la miel, sino con la aparición creciente de elementos distractores (abejas que no llevan miel y también se mueven por la pantalla). Por lo tanto, esta actividad es útil para trabajar con niños con retraso psicomotor para trabajar la motricidad fina de las extremidades superiores y con niños con trastorno de déficit de atención, ya que sólo si el niño está atento podrá completar la actividad.

4.1.2 Comecocos

Objetivo de la actividad: En esta actividad se tiene un laberinto lleno de obstáculos y de cocos (representados por redondeles blancos) por el cual tiene que moverse el comecocos sin chocar con las paredes mientras va comiendo los cocos que ve a su paso. A su vez, hay un fantasma que lo va persiguiendo por el laberinto. La actividad termina cuando el comecocos ha comido todos los cocos sin que le alcance el fantasma.

Elementos virtuales y físicos: Los elementos virtuales de esta actividad son el laberinto por el que se mueven los personajes y los cocos que tienen que comer (ver Figura 5 izquierda). Los elementos tangibles son los dos personajes que intervienen en la actividad, es decir, el comecocos y el fantasma que lo persigue (ver Figura 5 derecha).



Figura 5. Actividad del comecocos. Izquierda: escenario virtual. Derecha: comecocos y fantasma tangibles

Valor terapéutico: Puesto que el jugador debe mover el personaje del comecocos por la pantalla sin chocar contra los obstáculos, esta actividad permite entrenar la motricidad fina principalmente de los brazos y de las manos. Además, para que el personaje pueda comerse adecuadamente los cocos y no se choque contra las paredes, es mejor mover al personaje de forma continua pero pausada, algo de lo que son prácticamente incapaces los niños con hiperactividad ya que les obliga a ser pacientes si quieren completarlo correctamente. Por lo tanto, esta actividad es útil para trabajar con niños con retraso psicomotor para entrenar la motricidad y con niños con trastorno de déficit de atención con hiperactividad ya que para completar correctamente la actividad hay que tener la paciencia de hacer todo el recorrido despacio sin salirse del camino.

4.1.3 Fontanero

Objetivo de la actividad: En esta actividad se presenta una tubería dividida en segmentos de varios colores que presentan fugas de agua. Sin embargo no todas las tuberías y fugas son iguales. Existen dos clases de tuberías y fugas de agua dependiendo de su color, rojas o azules. El objetivo de la actividad es que el jugador tape todas las fugas de agua al mismo tiempo con el guante del color correspondiente para cerrar el circuito y conseguir que el agua fluya por la tubería y salga por el grifo.

Elementos virtuales y físicos: Los elementos virtuales son las cañerías que tiene que tapan el jugador y el personaje del fontanero que provee realimentación al usuario (ver Figura 6 izquierda). Los objetos tangibles son los guantes que tiene que ponerse el jugador para tapan las averías (ver Figura 6 derecha).

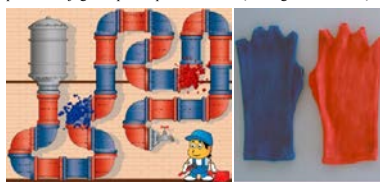


Figura 6. Actividad del fontanero. Izquierda: escenario virtual. Derecha: guantes de colores tangibles

Valor terapéutico: En esta actividad se trabajan habilidades de coordinación de todo el miembro superior, la coordinación bilateral (uso simultáneo de ambas manos) y el manejo del espacio contralateral (cruce de la línea media del cuerpo por parte de ambas manos), por lo que es útil para trabajar con niños con retraso psicomotor, principalmente para entrenar la motricidad gruesa.

4.1.4 Pesca

Objetivo de la actividad: Esta actividad trata de un gato al que le gustan los peces y que espera que el jugador pueda dárselos. El jugador dispone de una caña con la que debe pescar los peces inmersos en el lago y ofrecérselos al gato situado en un muelle a su orilla. El objetivo consiste en dar de comer al gato los peces que le gustan, enganchándolos sólo con la caña de pescar. Sin embargo el gato no quiere comer cualquier clase de pez: los peces que quiere en cada momento son aquellos cuyos dibujos aparecen en el muelle y además son indicados al jugador a través de audio.

Elementos virtuales y físicos: Los elementos virtuales son, una vez más, el escenario (el muelle y el agua) y el gato que provee realimentación al usuario (ver Figura 7 izquierda). Los elementos tangibles son los cuatro peces que hay que darle al gato según lo que pida y dos cañas de pescar de diferentes longitudes (ver Figura 7 derecha).



Figura 7. Actividad de la pesca. Izquierda: escenario virtual. Derecha: cañas y peces tangibles

Valor terapéutico: En esta actividad, se debe tener en cuenta que la postura más eficiente para realizar coger la caña de pescar es mediante la co-contracción del hombro (fijación de la articulación del hombro), y movimiento fluido de muñeca y dedos. Por lo tanto, esta actividad es útil para trabajar con niños con retrasos psicomotor para entrenar la motricidad fina.

4.1.5 Siluetas

Objetivo de la actividad: Esta actividad consiste en un escenario de granja con varias siluetas de animales distribuidas por el entorno. El objetivo de la actividad es que el jugador coloque los juguetes de los animales encima de la silueta correspondiente, momento en el cual sonará un audio con el sonido del animal cuya silueta se haya rellenado correctamente.

Elementos virtuales y físicos: El elemento virtual de esta actividad es el escenario de la granja así como las siluetas que aparecen en él (ver Figura 8 izquierda). Los elementos tangibles son los juguetes de los animales que hay que colocar en las siluetas (ver Figura 8 derecha).



Figura 8. Actividad de las siluetas. Izquierda: escenario virtual. Derecha: animales tangibles

Valor terapéutico: Esta actividad permite tratar el Retraso Simple del Lenguaje al animar a los niños a que imiten los sonidos de los animales cuando colocan los juguetes. Además, en casos de trastornos generalizados del desarrollo severos la tarea de asociar siluetas a objetos reales no les resulta nada fácil y les ayuda a entrenar sus habilidades cognitivas. Por lo tanto, esta actividad es útil no sólo como premio por haber realizado otras actividades correctamente, sino también para trabajar con niños con Retraso Simple del Lenguaje, ya que el decir los nombres de los animales e imitar los sonidos que hacen les ayuda a saber articular mejor palabras.

4.1.6 Storytelling

Objetivo de la actividad: Al niño se le presentan varias frases de un cuento en las que falta una preposición. El niño tiene que elegir qué preposición hay que poner en el hueco para completar la frase correctamente. Si se elige la preposición correcta, aparece una imagen que representa lo que se dice en la frase como premio. Si el niño completa correctamente frases diferentes, las imágenes que le aparecen de premio serían diferentes, por lo que aunque haya una sola historia, el niño puede jugarlo varias veces completando frases distintas para llegar a ver todas las imágenes diferentes relacionadas con la historia. En todo momento se puede volver a una decisión anterior para dar la opción al niño de elegir una opción diferente.

Elementos virtuales y físicos: los elementos virtuales son las frases que hay que completar así como las imágenes que se desbloquean al completarlas correctamente (ver Figura 9 izquierda). Los elementos físicos son fichas que representan las preposiciones (ver Figura 9 derecha).



Figura 9. Actividad de storytelling. Izquierda: escenario virtual. Derecha: fichas con preposiciones

Valor terapéutico: la actividad está pensada para utilizarse de forma complementaria a las sesiones de logopedia donde se tratan trastornos en el desarrollo lingüístico en general y Retraso Simple del Lenguaje en particular. Concretamente, tiene la finalidad de ayudar al niño a entender cómo usar las preposiciones más corrientes. Se descartó la idea de que los niños pudieran crear su propia historia de cero puesto que el valor terapéutico no estaba claramente definido y resultaba una tarea demasiado complicada.

4.1.7 Supermercado

Objetivo de la actividad: En esta actividad hay que ayudar al personaje que aparece en pantalla a hacer la compra, pero no se puede colocar en el carrito cualquier cosa: a la derecha de la pantalla aparecen los pictogramas de unos alimentos y un audio indica el nombre de los mismos. El objetivo de la actividad es que el jugador seleccione de entre los juguetes de los alimentos aquellos que se corresponden a los que se le han pedido y que los coloque en el carrito de la compra. La actividad acaba cuando todos los alimentos están colocados en la cesta.

Elementos virtuales y físicos: El elemento virtual de esta actividad es el escenario donde hay que colocar los alimentos; es decir, el personaje que aparece en pantalla y el carrito de la compra, así como los pictogramas de los alimentos (ver Figura 10 izquierda). Los elementos tangibles son los juguetes de los alimentos que hay que colocar en el carrito (ver Figura 10 derecha).



Figura 10. Actividad del supermercado. Izquierda: escenario virtual. Derecha: comidas tangibles

Valor terapéutico: Esta actividad permite tratar trastornos generalizados en el desarrollo ya que es necesario relacionar los pictogramas de los elementos con sus objetos físicos correspondientes más realistas (los elementos tangibles). Por lo tanto, esta actividad es útil para trabajar con niños con retraso cognitivo, ya que hay que hacer una cierta abstracción para relacionar los pictogramas con los objetos tangibles.

4.2 Evaluación

Una vez creadas las actividades, se procedió a realizar su evaluación con los niños para determinar su grado de adecuación terapéutica así como detectar posibles mejoras. A continuación se describe en primer lugar la metodología llevada a cabo durante la evaluación, y posteriormente se comentan los resultados obtenidos.

4.2.1 Metodología

Las sesiones de evaluación se realizaron en el Centro Base I del IASS en Zaragoza. Primero, se instaló un tabletop NIKVision en el centro. Durante una semana, en el horario de consulta de los terapeutas, se hizo una evaluación de las actividades con el objetivo de detectar problemas de usabilidad en las mismas así como comprobar si realmente servían para trabajar los objetivos terapéuticos establecidos.

Durante las sesiones, los terapeutas iban pasando con sus pacientes (los niños con problemas en el desarrollo) a la sala donde se instaló el tabletop NIKVision para probar las diferentes actividades desarrolladas. En las sesiones participaron cinco terapeutas (1 logopeda y 4 terapeutas psicomotrices). En cuanto a los niños que participaron, éstos fueron seleccionados por los terapeutas de entre sus pacientes, considerando a cuáles de ellos podría serles más útil utilizar el tabletop como terapia. En total participaron 12 niños de edades comprendidas entre 2 y 5 años.

Los métodos que se utilizaban durante las sesiones de evaluación fueron la observación y la toma de notas por parte de una experta. Las sesiones duraban una media de 20 minutos. El terapeuta seleccionaba las actividades que consideraba más adecuadas en función de los trastornos que tuviera el niño al que acompañaba y mientras el niño jugaba, la experta tomaba notas de cómo se desarrollaba la sesión y de las sugerencias que daban los terapeutas. Al final de la sesión, se realizó una pequeña entrevista corta con el niño y el terapeuta para saber que opinaban sobre las

actividades concretas que habían probado y de la sesión en general.

Cada niño jugó un mínimo de cinco actividades, siendo las actividades más jugadas aquellas relacionadas con la psicomotricidad (la actividad de las abejas, de pescar y del fontanero) ya que es el trastorno más generalizado que se trata en el Centro. Otra de las actividades seleccionada fue la del supermercado ya que está orientada a tratar el retraso simple del lenguaje, que es otro de los trastornos muy extendidos en el centro. Por otra parte, la actividad de las siluetas también fue jugada por la gran mayoría de pacientes que participaron en las sesiones de evaluación, pero en este caso, debido a su carácter principalmente lúdico que permitía a los niños relajarse después de hacer actividades más exigentes desde el punto de vista cognitivo.

4.2.2 Resultados

Tras analizar los datos obtenidos en las sesiones de evaluación se detectaron los siguientes problemas generales:

- **Algunas actividades son demasiado cortas:** algunos casos son la actividad de siluetas (en la que sólo una tarea) o la de supermercado (en el que sólo se piden tres alimentos). Esto provoca que se completen bastante rápido en la mayoría de los casos (salvo que el paciente tenga trastornos cognitivos muy severos) y que resulte aburrido repetirlos durante la misma sesión.
- **Algunas actividades no presentan suficiente variabilidad:** en el caso de la actividad de las abejas, por ejemplo, los recorridos que hace la abeja no cambian, lo que provoca que si se repite varias veces la actividad el niño puede llegar a aprenderse el recorrido de memoria. Algo similar ocurre en la actividad del supermercado, donde cada vez los niños completan más rápidamente la actividad ya que tienden a acordarse de los alimentos que el tabletop les ha pedido la vez anterior que han probado la actividad.
- **La curva de dificultad entre algunos niveles es muy pronunciada:** en el caso de la actividad de los peces, el que haya distintos niveles en los que se vayan pidiendo cada vez más peces hace que la actividad tenga una curva de dificultad ascendente progresiva. Sin embargo, en las abejas el salto de dificultad entre el nivel fácil, en el que sólo hay una abeja con miel, y difícil, en el que hay cinco abejas volando a la vez y solo una de ellas con miel, es muy grande, lo que provoca que el nivel fácil sea demasiado sencillo para muchos de los pacientes pero que el nivel difícil sea insalvable para prácticamente todos los niños.
- **Los juguetes son demasiado frágiles:** se detectó que había que cambiar los objetos tangibles por otros más robustos para que pudiesen utilizarse durante un largo periodo de tiempo en el centro.

Tras realizar las modificaciones necesarias en las actividades y cambiar los juguetes a utilizar, se realizó una segunda evaluación con la misma metodología que la anterior previamente descrita con los mismos niños, quedando los terapeutas satisfechos con las nuevas actividades adaptadas. Los terapeutas también mostraron su interés en tener un tabletop NIKVision permanente instalado en sus instalaciones.

Sin embargo, también expresaron la necesidad de poder tomar notas de las acciones que realizaba el niño durante las sesiones con el tabletop, así como de sus resultados en las actividades (para luego poder evaluar el progreso de cada paciente) puesto que tenían que estar pendientes de ayudar al niño a utilizar el tabletop

(seleccionando las actividades más adecuadas para cada uno, dándoles los juguetes, explicando las actividades...), por lo que se decidió implementar un sistema de gestión de logs para los terapeutas.

5. CREACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LOGS

A partir de la experiencia de evaluación con los terapeutas se determinaron los requisitos del sistema.

5.1 Análisis de requisitos

Los archivos de log que se generarán tendrán extensión “.log” con la siguiente información:

- Nombre de la actividad.
- Fecha (“dd/mm/aaaa”).
- Hora (“hh/mm/ss”).
- Tiempo jugado (en segundos).
- Número de acciones correctas.
- Número de acciones incorrectas.
- Si la actividad se ha acabado o no.

Para guardar la información sobre la identidad del jugador se barajaron distintas posibilidades: hacer una aplicación de identificación de usuarios o poner un menú pero en vez de actividades, con selección de pacientes. Tras sopesar las opciones se decidió que la idea más sencilla y flexible era dar a los terapeutas la capacidad de grabar audio.

De esta manera, no sólo podrán determinar los propios terapeutas qué datos del paciente consideran relevantes guardar sino que serán capaces de guardar cualquier otro tipo de información que no es posible registrar en los logs de texto (qué actividad le gusta más al niño, por ejemplo). Además, sólo podrá grabarse audio desde el menú ya que si se pudiera grabar audio durante las actividades podría interrumpirse la jugabilidad.

Otro punto a tener en cuenta es cómo se pone a disposición de los terapeutas los informes recogidos por el tabletop NIKVision (tanto de texto como de audio). Se decidió que ambos tipos de informes se almacenarán en una carpeta correspondiente a la sesión que se esté desarrollando en ese momento, llamando “sesión” al periodo de tiempo que transcurre desde que se enciende el tabletop NIKVision y el paciente empieza a utilizarlo hasta que se apaga. Además, hay que tener en cuenta que en el ordenador del interior de la mesa se irán almacenando carpetas de cada una de las sesiones que se desarrollen en el tabletop. Para evitar que se agote el espacio del ordenador se decidió que, una vez acabada la sesión, su carpeta correspondiente se comprimiría.

En la Tabla 1 se recogen los requisitos funcionales que tendrá que cumplir el sistema de logs.

Tabla 1. Tabla con los requisitos funcionales del sistema de logs para los terapeutas.

| Requisitos | Descripción |
|------------|---|
| R01 | El sistema creará automáticamente una carpeta al inicio de cada sesión para guardar los logs |
| R02 | Los logs de cada sesión se guardarán automáticamente en la carpeta correspondiente a dicha sesión. |
| R03 | La carpeta de logs se comprimirá para ahorrar espacio en memoria y para poder almacenar una mayor cantidad de sesiones. |

| | |
|-----|---|
| R04 | La carpeta de logs asociada a la sesión en curso (y sólo la correspondiente a la sesión en curso) se copiará automáticamente al lugar de destino. |
| R05 | La carpeta de logs se descomprimirá automáticamente en el lugar de destino. |
| R06 | Se podrá grabar audio desde el menú del tabletop NIKVision. |
| R07 | El inicio y final de la grabación de audio estará controlada por el usuario. |
| R8 | Los archivos de audio se guardarán en la misma carpeta que el resto de logs de la sesión en curso. |

5.2 Cambios realizados en KitVision

Para poder desarrollar los requisitos funcionales planteados en el apartado anterior, ha sido necesario realizar ciertos cambios en el software KitVision.

El requisito R07 establecía que la grabación de audio tenía que tener un principio y un final controlado por el usuario. La decisión de diseño que se tomó fue que la grabación de audio se controlara mediante un nuevo selector que funcionará de la siguiente manera: se empezará a grabar audio cuando se ponga el selector especial de grabación sobre la superficie del tabletop cuando se esté en el menú, y se dejará de grabar audio cuando se quite el selector especial de grabación de la superficie del tabletop.

El otro aspecto a tener en cuenta es que en el R01 era necesario determinar el “lugar de destino” donde se guardarán los logs de cada sesión y que tiene que ser fácilmente accesible para los terapeutas. Hablando con los terapeutas se decidió que la mejor manera de extraer la información era mediante un USB, dado que es una herramienta con la que están familiarizados. Además, el tabletop ya posee desde un principio un puerto USB en un lateral de la mesa, permitiendo así introducir dicho dispositivo para copiar automáticamente la carpeta de logs de la sesión al mismo.

Para permitir la funcionalidad de grabación de audio planteada en R06, además de realizar las modificaciones de implementación oportunas en el intérprete de KitVision hubo que añadir el micrófono en el tabletop NIKVision instalado en el Centro Base I del IASS. Dicho micrófono tenía que estar conectado al ordenador situado en el interior del tabletop. Además de las modificaciones en el código del intérprete y de la instalación del micrófono, se creó un nuevo selector que permitiera grabar en el menú (ver Figura 11).



Figura 11. Nuevo selector para grabar audio en el tabletop NIKVision.

6. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Tras analizar el uso de tecnologías tangibles a la hora de trabajar con niños con problemas en el desarrollo y gracias a la colaboración con el Centro Base I del IASS se han desarrollado un conjunto de siete actividades de acuerdo a las necesidades y características de los niños con este tipo de problema así como un sistema de logs que permite a los terapeutas guardar información sobre sus sesiones. La evaluación realizada con los niños y sus terapeutas también ha permitido desarrollar mejoras en el software KitVision, utilizado para la creación de actividades.

Además, gracias a un contrato con el Instituto Aragonés de Servicios de Sociales (IASS), se ha podido instalar un tablet PC NIKVision de forma permanente en el Centro Base I, de modo que los terapeutas y niños puedan seguir utilizando las actividades desarrolladas.

Como trabajo futuro, se pretende realizar el seguimiento de las actividades tangibles para ver cómo ha influido su uso en los niños en la mejora de sus capacidades así como formar a los terapeutas de modo que ellos mismos pudieran usar el asistente gráfico de KitVision para crear sus propias actividades.

7. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Centro Base I del IASS su participación en las sesiones de evaluación. Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Gobierno de España a través del contrato TIN2015-67149-C3-1R.

8. REFERENCIAS

1. Durango, I., Carrascosa, A., Gallud, J.A., and Penichet, V.M.R. (2015) Tangible Serious Games with Real Objects to Support Therapies for Children with Special Needs. In: Proceedings of the XVI International Conference on Human Computer Interaction, pp. 353-352
2. Hamidi, F. (2012). Digital Tangible Games for Speech Intervention.
3. Hengeveld, B., Voort, R., Hummels, C., de Moor, J., van Balkom, H., Overbeek, K., and van der Helm, A. (2008) The Development of LinguaBytes: An Interactive Tangible Play and Learning System to Stimulate the Language Development of Toddlers with Multiple Disabilities. In Advances in Human-Computer Interaction, vol. 2008, Article ID 381086
4. Hernández, S. B., and Roqueta, M. C (2010). Experiencias de juego y trabajo TIC con alumnos de atención temprana. Integración: Revista Sobre Ceguera y Deficiencia Visual, (58)
5. Horn, M. S., Solovey, E. T., Crouser, R. J., and Jacob, R. J. (2009). Comparing the use of tangible and graphical programming languages for informal science education. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 975-984. ACM.
6. Hummels, C., Van der Helm, A., Hengeveld, B., Luxen, R., Voort, R., Van Balkom, H., and De Moor, J. (2006). Explorascope: an interactive, adaptive educational toy to stimulate the language and communicative skills of multiple-handicapped children. *Proceedings ArtAbilitation*, 6-24
7. Hunter, S., Kalanithi, J., and Merrill, D. (2010) Make a Riddle and TeleStory: Designing Children's Applications for the Siftables Platform. In: Proceedings of the ninth International Conference on Interaction Design and Children (IDC'10), ACM Press, pp. 206-209
8. Kaltenbrunner, M., and Bencina, R. (2007). reactIVision: a computer-vision framework for table-based tangible interaction. International conference on Tangible and embedded interaction (pp. 69-74). ACM.
9. Marco, J., Baldassarri, S., and Cerezo, E. (2013). NIKVision: Developing a Tangible Application for and with Children. *Journal of Universal Computer Science*. 19(15) pp. 2266-2291
10. Marco, J., Cerezo, E., Baldassarri, S., Mazzonne, E., Read, J. (2009). Bringing Tabletop Technologies to Kindergarten Children. 23rd BCS Conference on Human computer Interaction. Cambridge University.
11. Peñafiel, F., Hernández, A., and Chacón, A. (2003). Atención temprana. Enseñanza, (21) 19.
12. Schneider, P., Hayward, D., and Dubé, R. V. (2006). Storytelling from pictures using the Edmonton narrative norms instrument. *Journal of speech language pathology and audiology*, 30(4), 224.
13. Sylla, C., Branco, P., Coutinho, C., Coquet, E., and Skaroupka, D. (2011). TOK: a tangible interface for storytelling. In CHI'11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, pp. 1363-1368. ACM.
14. Sylla, C., Branco, P., Gonçalves, S., Coutinho, C., and Brito, P. (2012). t-books: merging traditional storybooks with electronics. In Proceedings of the 11th International Conference on Interaction Design and Children. pp. 323-326
15. Sylla, C., Gonçalves, S., Branco, P., and Coutinho, C. (2013). Peter piper picked a peck of pickled peppers: an interface for playful language exploration. In CHI'13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, pp. 3127-3130
16. Valcarce, A. (2006) Una apuesta decidida por la atención temprana. In Revista Minusval, ISSN: 0210-0622, 159, pp. 19-20
17. Villafuerte, L., Jordá, S., and Markova, M. S. (2012) Acquisition of Social Abilities Through Musical Tangible User Interface: Children with Autism Spectrum Condition and the Reactable. In: Proceedings of the ACM conference on human factors in computing systems (CHI'12), pp. 745-760

Incorporación de Dispositivos Head-Up Display en Entornos Vehiculares Reales para la Mejora de la Eficiencia en la Conducción

José A. Sánchez
Universidad de Oviedo
2.7.04, EPI Gijón,
Campus de Gijón
+34 985186566
sanchezjose@uniovi.es

Laura Pozueco
Universidad de Oviedo
2.7.04, EPI Gijón
Campus de Gijón
+34 985186566
pozuecolaura@uniovi.es

Xabiel G. Pañeda
Universidad de Oviedo
2.7.06, EPI Gijón
Campus de Gijón
+34 985182377
xabiel@uniovi.es

Alejandro G. Tuero
Universidad de Oviedo
2.7.04, EPI Gijón,
Campus de Gijón
+34 985186566
garciaalejandro.uo@uniovi.es

David Melendi
Universidad de Oviedo
2.7.11, EPI Gijón
Campus de Gijón
+34 985182596
melendi@uniovi.es

Roberto García
Universidad de Oviedo
1.B.16, Departamentales Oeste
Campus de Gijón
+34 985182488
garciaroberto@uniovi.es

ABSTRACT

Uno de los factores más importantes cuando hablamos de entornos vehiculares es la seguridad. En los últimos años el número de prestaciones que proporcionan información sobre la conducción en los vehículos ha aumentado, dando lugar a posibles distracciones que pueden mermar la seguridad al volante. El objetivo que se persigue es que esa información adicional no perjudique la atención que el conductor presta a la vía. Los dispositivos Head-Up Display (HUD) se postulan como interfaces de presentación adecuados al incorporar una pantalla transparente en el campo de visión del conductor, que permite la visualización de la información sin desviar la mirada de la carretera. En este artículo se ha llevado a cabo la evaluación de la incorporación de un dispositivo HUD en un entorno real de conducción. Los hitos que se analizan son la visualización de información referente a la conducción eficiente, la navegación GPS y una comparativa con dispositivos, equiparables desde un punto de vista funcional, provistos de pantallas opacas. Un total de 20 conductores particulares participaron en el estudio mediante un proceso de conducción guiada en vehículos equipados con un dispositivo HUD. Las opiniones de los usuarios se evaluaron a través de una encuesta que analiza tanto la usabilidad del sistema como la aceptación del mismo. Los resultados obtenidos vislumbran una alta aprobación del uso de este tipo de dispositivos de presentación de información a nivel de conducción, así como una mayor percepción de seguridad en carretera.

CCS Concepts

• **Human-Centered Computing** → **Human Computer Interaction (HCI)** • **Hardware** → **Communication hardware, interfaces and storage** • **Information Systems** → **Information systems applications**

Keywords

Dispositivos Head-Up Display (HUD); Seguridad en la Conducción; Navegación GPS; Conducción Eficiente

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el gran número de automóviles que circulan por carretera y el incremento en las prestaciones tecnológicas de los mismos, han hecho que la demanda de nuevos sistemas de visualización de información y seguridad sea creciente.

La incorporación al vehículo de nuevos elementos que pueden ofrecer mayor información al conductor acerca del propio vehículo y del exterior, pueden hacer disminuir la seguridad desviando la atención del proceso de conducción. Llegados a este punto, nos encontramos ante el objetivo de mantener la seguridad al volante a pesar de la incorporación de un número de elementos mayor en el interior del vehículo.

Actualmente, existen múltiples pantallas dentro del habitáculo del vehículo como sistemas de navegación GPS, ordenador de abordo, etc., que pueden hacer que nuestra atención al volante disminuya. Por ello, se buscan soluciones para dar cabida a información relevante sin dejar de prestar atención a la carretera y ofreciendo al usuario la información necesaria en cada momento. A tal efecto, surgieron los llamados dispositivos HUD. Estos dispositivos proyectan la información en una pantalla transparente que podemos colocar en el campo de visión, permitiendo visualizar información sin apartar la vista de la calzada.

En este artículo, se realiza la incorporación de un dispositivo HUD, llamado recPOP [1], dentro de un entorno de conducción real. El objetivo principal del estudio es analizar la aceptación de

este tipo de dispositivos y compararlo con otros ya presentes habitualmente, como los de pantalla convencional (opaca) o de tipo Head-Down Display (HDD). La evaluación que realizamos se centra en las percepciones de los conductores en base a la seguridad al volante, la visualización de diferentes tipos de información y la usabilidad que tiene este tipo de dispositivos en el entorno vehicular real. Para ello, se emplea una aplicación de conducción eficiente que muestra información basada en patrones de comportamiento en tiempo real [2] y sugerencias con el fin de reducir el consumo de combustible. También mostramos diversas aplicaciones de navegación GPS que nos ofrecen diferentes interfaces de visualización para su posterior valoración.

Un total de 20 conductores participaron activamente en el estudio atendiendo a la realización de una conducción guiada de aproximadamente 15 minutos en un entorno real haciendo uso del dispositivo HUD. Posteriormente, el usuario debía contestar a la encuesta¹ que se diseñó a tal efecto para conocer sus opiniones y preferencias.

Una vez analizadas las respuestas de los usuarios, los resultados arrojan luz a la viabilidad de la instalación de este tipo de sistemas a bordo de vehículos atendiendo a una mayor visibilidad del entorno, y por tanto, una sensación de mayor seguridad al volante al no desviar la atención de la carretera. De este modo, se contrastan las altas pretensiones de incorporación de sistemas HUD en el mercado automovilístico actual.

El resto del artículo se estructura de la siguiente forma: La Sección 2 presenta los trabajos relacionados en el campo. La Sección 3 explica en detalle el dispositivo HUD embarcado en los vehículos. La Sección 4 presenta la descripción de la evaluación experimental en el entorno de conducción real para, en la Sección 5, analizar y discutir los resultados obtenidos. Por último, la Sección 6 presenta las principales conclusiones y trabajos futuros en esta línea.

2. TRABAJOS RELACIONADOS

Actualmente, los avances tecnológicos han estimulado el desarrollo de nuevas aplicaciones en el entorno vehicular. Los conductores se enfrentan a diferentes contextos dentro del periodo de conducción debido al aumento del número de dispositivos en el vehículo. Hay estudios que determinan que, en ocasiones, estas pantallas proporcionan gran cantidad de información, por lo que puede suponer un problema a la hora de preservar la seguridad vial [3]. Debido a ello, existen trabajos recientes que realizan diferentes análisis para evaluar la forma de representación de la información visual dentro del vehículo [4].

A partir de la masiva incorporación de nuevos dispositivos en el vehículo, se hace necesario el estudio de nuevas tecnologías o interfaces que permitan obtener seguridad en la conducción y hagan usable la visualización de este tipo de información. Por ejemplo, en [5] se realiza el diseño de una interfaz de usuario personalizable para incorporar al entorno vehicular con el fin de mejorar la seguridad, evaluando el prototipo con 20 participantes y obteniendo una alta aceptación por parte de los mismos.

El campo de la incorporación de dispositivos de realidad aumentada o dispositivos de tipo HUD dentro de un entorno vehicular ha sido ampliamente estudiado con el uso de simuladores que incorporan esta tecnología de forma digital. Los autores de [6], analizan la mejora en el comportamiento de los

usuarios a través de diversas pruebas utilizando diferentes niveles de coordinación y haciendo la proyección simulada de una interfaz HUD en el parabrisas del vehículo. Otros estudios como, [7], presentan el desarrollo de una interfaz para HUDs que permitiría mejorar las respuestas humanas dentro del entorno de conducción proporcionando únicamente la información crítica para evitar accidentes de tráfico haciendo uso de entornos simulados. Existen otros estudios como [8], [9] ó [10], en los que, a través de entornos simulados se realizan experimentos con dispositivos de tipo HUD o Realidad Aumentada, confeccionando pruebas de usuario en simuladores de conducción para investigar nuevos sistemas de visualización enfocados a la información y seguridad en carretera.

Mediante el uso de la simulación podemos intuir el impacto que este tipo de sistemas tendría en el mundo real. De esta forma, por un lado, no se entorpece la circulación con la realización de pruebas o ensayos que pudieran causar un riesgo de seguridad, y por otro, no se realiza una inversión económica elevada mediante la compra de nuevos dispositivos que permitan realizar este tipo de estudios. Sin embargo, al probar sobre elementos simulados, nunca podremos tener la certeza de que un sistema de estas características embarcado en un vehículo real puede funcionar correctamente, por lo que se hace necesario el testeo de este tipo de tecnología en un entorno real.

Pese a que existen trabajos como [11], donde se presenta un dispositivo HUD en un entorno real para la asistencia a la conducción mostrando únicamente los límites de velocidad, [12] donde se desarrolla un sistema de advertencia de colisión mediante dispositivos HUD o [13] donde se estudian los efectos de la incorporación de dispositivos HUD, este tipo de sistemas no se han implantado ampliamente en el sector de la automoción. A pesar de que marcas como [14] ó [15], están incorporando este tipo de dispositivos en sus vehículos, no hay una implantación real de la tecnología a causa de la falta de investigación para asegurar una usabilidad y seguridad aceptable en entornos reales.

En este sentido, el presente estudio intenta profundizar en ese campo, proporcionando una investigación llevada a cabo en un entorno real, comprobando diferentes contextos en referencia a la conducción. El objetivo principal del trabajo se basa en la evaluación de la aceptación/rechazo que este tipo de sistemas de visualización de información tiene en usuarios particulares.

3. DESCRIPCIÓN DEL DISPOSITIVO HUD EMPLEADO

Según algunos estudios como [6], los sistemas HUD de proyección de información sobre el parabrisas o sobre una pantalla transparente, ayudan a que los usuarios conduzcan con una mayor sensación de seguridad al volante al mostrar datos relevantes, por ejemplo la velocidad o la marcha de conducción aconsejada, en una interfaz de visualización superpuesta a la calzada. De esta forma, no tenemos que apartar la vista del cuadro de instrumentos en ningún momento al llevarlo en nuestro campo de visión.

En este apartado se presentan las especificaciones y funcionalidad del sistema de representación de información mediante el dispositivo HUD recPOP [1]. El sistema hace uso de un teléfono móvil (*smartphone*) para el envío de información al HUD, encargándose, este último, de la representación de datos.

¹ http://www.it.uniovi.es/dmms/Encuesta_12016.pdf

3.1 RecPOP

RecPOP es un dispositivo de tipo HUD perteneciente a la marca RoadEyes² que nos permite evaluar, de forma experimental, la incorporación de este tipo de sistemas dentro de un entorno vehicular real.

Este dispositivo se ajusta a la forma del salpicadero del vehículo pudiendo instalarlo donde el usuario prefiera, siempre atendiendo a la visibilidad total de la carretera. Hay que tener en cuenta que su cometido es ver la vía a la vez que se está conduciendo por lo que, necesitaremos colocarlo de forma adecuada. La Figura 1, muestra dos posibles ubicaciones del mismo que permite visualizar tanto la calzada como la información que presenta el dispositivo. En la primera de ellas (izquierda) el dispositivo quedará colocado justo enfrente del conductor, de este modo se mantiene la vista al frente pudiendo ver tanto la información que presenta el dispositivo, como el entorno por el que se circula. En la segunda opción (derecha), encontramos el dispositivo recPOP colocado justo en la parte central del vehículo. De esta forma, podemos visualizar el contenido que muestra el HUD y la carretera desviando levemente la vista a la derecha, manteniendo nuestra atención sobre la vía.



Figura 1. Dispositivo recPOP embarcado en el vehículo

El sistema total de trabajo se compone de un *smartphone* (teléfono móvil inteligente) que enviará la visualización de su propia pantalla vía Wi-Fi (sin necesidad del uso de cableado) al dispositivo recPOP para su posterior representación. En la Figura 2, podemos ver el esquema de funcionamiento completo, teniendo entre el teléfono móvil y el dispositivo HUD una comunicación Wi-Fi. La alimentación del HUD (recPOP) se realiza a través de la conexión de 12 V del coche disponiendo de un puerto USB en el conector para enchufar y cargar el teléfono móvil en caso de que fuera necesario.

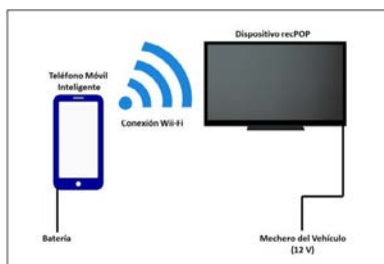


Figura 2. Esquema de comunicación con dispositivo recPOP

² <http://www.road-eyes.com/>

Las principales características del dispositivo se encuentran reflejadas en la Tabla 1.

Tabla 1. Especificaciones técnicas recPOP

| Característica | Valores |
|--|---|
| Potencia de Entrada | DC 9V ~ 16V (3 A) |
| Entrada/Salida | USB, Salida de Audio, Entrada HDMI y CVBS |
| Pantalla | Alta luminosidad con 6.2" PANEL |
| Imagen | 6.2" full color (Virtual image) Resolución: 8010 x 480 Brillo: 4,500 ~ 5,000 cd/m (max) |
| Altavoz | 1W x 1 & 0,8W x 1 |
| Ajuste de Brillo | Ajuste automático de luz ambiente de 4 niveles Ajuste manual de luz de 16 niveles |
| Tamaño Virtual de Imagen | Tamaño de 7" (para película en parabrisas) Tamaño de 6.2" (Pantalla Dispositivo recPOP) Resolución: 800 x 480 |
| Rango de Temperatura de Funcionamiento | Funcionamiento: -10°C a +60° C Almacenamiento: -20°C a +70° C |
| Dimensiones | 18,0 cm x 13,6 cm x 2,0 cm |

4. EVALUACIÓN EXPERIMENTAL

Este apartado presenta la composición total de la evaluación experimental atendiendo, por un lado, al escenario de pruebas y población total que participó en el estudio y por otro a la definición de los bloques que formaban la prueba.

El estudio se llevó a cabo con un total de 20 conductores, que debía seguir un proceso de conducción guiada en un entorno real mediante el uso del dispositivo recPOP. En primer lugar definimos cómo serían las pruebas a las que se iban a someter. Se decidió definir 4 grandes bloques que concernían a la evaluación de varios hitos a la hora del análisis de la incorporación de dispositivos HUD dentro de los entornos vehiculares. Encontramos útil, la posible definición del manejo de datos de conducción eficiente, la comparativa entre pantallas convencionales (HDD) frente a dispositivos de tipo HUD, el estudio de un elemento común dentro del entorno de conducción como es la navegación GPS y por último el contraste de opiniones acerca de una posible interacción con el dispositivo.

Para conocer la opinión de los usuarios se confeccionó un cuestionario tipo escala de Likert, que contenía valoraciones comprendidas entre 1 (total desacuerdo) y 5 (total acuerdo), y que estaba compuesto por los cuatro bloques descritos anteriormente. Los conductores expresaron su grado de conformidad con distintas afirmaciones atendiendo a la seguridad que proporcionaba este tipo de dispositivos en entornos vehiculares reales, a la adecuación de las interfaces de representación de información para cada aplicación mostrada y la comparativa con pantallas convencionales.

4.1 Escenario de Pruebas y Población

Toda la experimentación real se llevó a cabo en un entorno real controlado, realizando la totalidad de las evaluaciones en el Campus Universitario de Viesques de la Universidad de Oviedo en horario laboral, de lunes a viernes. En la Figura 3, se puede observar el área aproximada de conducción en la que se desarrollaban las evaluaciones.



Figura 3. Escenario real de la evaluación experimental

Los experimentos consistían en una conducción guiada de unos 15 minutos aproximadamente, empleando el dispositivo HUD recPOP, en el que el conductor debía ir atendiendo a las indicaciones del investigador que realizaba la prueba, de esta forma, podría valorar sin problema, el cuestionario final para contrastar la información.

Un total de 20 conductores con edades comprendidas entre los 21 y los 63 años realizaron las pruebas. La media de edad de los conductores era de 39.75 años, con una desviación típica de 13.43, comprendiendo un total de 5 mujeres y 15 hombres (25% y 75% respectivamente).

Los participantes en el estudio tenían una media de 19.65 años de experiencia como conductores, con una desviación típica de 13.41. Atendiendo a los usuarios que hacían uso habitual de dispositivos de navegación o pantallas convencionales, encontramos que el 60% sí maneja habitualmente este tipo de aparatos, teniendo el 40% restante que no lo hace.

4.2 Bloque 1: Manejo de Datos en Conducción Eficiente

Para llevar a cabo esta prueba, se empleó la aplicación CATED corriendo sobre el teléfono móvil. Esta aplicación ofrece al conductor parámetros, que se extraen del vehículo a través del puerto OBDII y se comunican con el *smartphone* mediante Bluetooth. Posteriormente la información procesada se envía vía Wi-Fi al dispositivo recPOP para su representación. La aplicación ofrece parámetros sobre la propia conducción obteniendo datos relevantes del vehículo como Revoluciones Por Minuto (RPM), frenadas, aceleraciones o tiempos en ralentí, ofreciendo así un sistema de apoyo a la conducción en busca de la conducción eficiente para el que usuario pueda mejorar y reducir el consumo del vehículo con el objetivo de conseguir un mayor ahorro de combustible y una emisión de gases contaminantes menor.

Para atender a la correcta visualización de información se modificó de forma adecuada la interfaz de la aplicación, destinada inicialmente a pantallas de terminales móviles (HDD), aplicando color oscuro al fondo de la misma y suavizado de colores de alarma (rojo, amarillo y verde) para conseguir, de esta forma, la máxima transparencia en la visualización de datos e intentando siempre hacer más segura la conducción. En la Figura 4, podemos ver la aplicación en funcionamiento en una de las pruebas realizadas. Observamos cómo, en primera instancia, podemos visualizar tanto la aplicación como la carretera por la que se circula.



Figura 4. App CATED en entorno real de conducción

Esta aplicación tiene 4 tipos de alarma que hacen referencia a los siguientes parámetros: Aceleración, Frenada, RPM (Revoluciones por Minuto) y Ralentí que se activan variando el color correspondiente a cada una de ellas en función de la eficiencia de la conducción en un momento dado, siendo los indicadores: Verde – Conducción Correcta, Amarillo – Conducción con Advertencia, Rojo – Conducción Ineficiente.

En este periodo de la evaluación, el usuario debía conducir durante un tiempo aproximado de 5 minutos con la aplicación de asistencia a la conducción eficiente activa. El proceso de conducción se hacía de forma guiada por el investigador que realizaba la prueba y que iba acompañando al usuario, dándole indicaciones sobre las acciones a llevar a cabo para que pudiera evaluar de forma correcta el dispositivo dentro del bloque 1 de la experimentación.

En este caso, el conductor debía atender a la disposición de la aplicación atendiendo a colores y transparencia para evaluar si es adecuado su uso en este tipo de entorno. También se instaba a que atendiera al cambio de colores que se producía (rojo, amarillo y verde) para evaluar la distracción que produce el contenido dinámico/estático dentro de la aplicación.

4.3 Bloque 2: Comparativa entre HDD y HUD

En el presente estudio, existía la necesidad de la comparativa entre dispositivos con pantalla convencional (HDD) y la inclusión de nuevos dispositivos de tipo HUD. Debido a ello, se incorporaron al vehículo los dos tipos de dispositivo para su posterior contraste.

En este periodo de la evaluación, el conductor del vehículo realizaba una prueba de 5 minutos de conducción empleando un dispositivo convencional, y a continuación, otro periodo de 5 minutos de duración con el dispositivo recPOP, para poder llevar a cabo el contraste directo entre ambos.

La aplicación que corría dentro de los dispositivos era la de *Maps* de Google (antigua *Google Map Navigation* integrada en *Maps*) al considerarla una opción muy usada por los conductores.

En la Figura 5, podemos ver la ubicación de los dos sistemas embarcados en el vehículo, haciendo especial referencia a la colocación de cada uno de ellos. Por un lado, vemos el dispositivo convencional (HDD) colocado en la parte lateral derecha para no reducir la visibilidad en carretera al tratarse de una pantalla opaca, por otro, el dispositivo recPOP colocado frente al conductor para

que comprobara si la visibilidad era adecuada y la preferencia de tipo de dispositivo de representación de datos.



Figura 5. Comparativa HDD y HUD

4.4 Bloque 3: Incorporación de Navegación GPS

La navegación GPS es uno de los elementos más utilizados dentro del vehículo. Actualmente, muchas marcas incorporan en el ordenador de abordo un sistema de navegación. También, muchos usuarios optan por la adquisición de este tipo de sistemas para empotrarlos como elemento externo dentro del habitáculo de conducción. Debido a ello, se hace indispensable el realizar un análisis en profundidad mediante el uso de dispositivos HUD.

Al encontrarnos en un entorno de presentación de información muy variable, debíamos estudiar previamente cuál era la mejor opción para mostrar datos por pantalla, por lo que habría que encontrar/adecuar una interfaz propicia. En este sentido se emplearon dos aplicaciones de navegación. Por un lado, *Google Maps* y por otro *HUDWAY*, con esto conseguimos valorar la inclusión de interfaces diferentes, una aplicada al entorno HUD, que solo muestra la vía por la que vamos e información relevante a la navegación, y la otra, una aplicación de navegación de propósito genérico, mostrando una interfaz más cambiante

Para realizar la prueba, el conductor, junto con el investigador que lo guiaba, debía conducir durante 5 minutos aproximadamente para evaluar las distintas formas de navegación, atendiendo a la diferencia entre aplicaciones y la mejora sustancial proporcionada por aplicaciones dedicadas a este tipo de entornos.

En la Figura 6, podemos observar ambas aplicaciones funcionando en el dispositivo recPOP. La primera de ellas (*Google Maps*) ofrece una interfaz más variable y con colores más luminosos. Por el contrario, *HUDWAY* ofrece una interfaz con colores oscuros y una menor dinamicidad de contenidos que permite una mejor visualización por la sencillez de uso y transparencia que proporciona.



Figura 6. Google Maps y HUDWAY corriendo en terminal

Para completar la encuesta, y puesto que estamos evaluando dispositivos de tipo HUD, se pidió a los usuarios que atendieran únicamente a la opción *HUDWAY* considerada previamente como mejor alternativa para su posible inclusión en entornos vehiculares reales.

4.5 Bloque 4: Futura Interacción con Dispositivos HUD

Pensando más allá de una simple presentación de datos en pantalla, debemos planteamos la posibilidad de poder interactuar con este tipo de dispositivos sin que la seguridad en la conducción se vea condicionada.

Por este motivo, se ha encuestado a los usuarios que participaron en las pruebas por este tipo de actividad. Entre las preguntas realizadas se tenía en cuenta si sería de utilidad la interacción entre el usuario y el dispositivo HUD teniendo en cuenta diferentes métodos, entre los que destacamos: movimientos gestuales básicos, reconocimiento de patrones de voz o interacción directa con el dispositivo (por ejemplo pulsando sobre una pantalla táctil).

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez recogidos los datos referentes a las encuestas realizadas a los 20 conductores que participaron en el experimento, procedemos a analizarlos para cada uno de los bloques de los que se componía el cuestionario usando las herramientas R y Excel.

Para extraer las conclusiones del experimento, llevamos a cabo diferentes análisis estadísticos. Estas pruebas dependen del supuesto de normalidad. Para cada uno de los bloques planteados, se comprobó la normalidad de las muestras mediante el test de Shapiro-Wilk. Cuando los datos eran considerados normales, se realizaba el test *t de Student* con un coeficiente de confianza del 95% (α -value = 0.05) para comprobar si existían diferencias significativas en los diferentes grupos. En el caso de fallo en la comprobación de normalidad mediante el test de *Shapiro-Wilk*, se aplicaba el test de *Wilcoxon* para verificar la existencia de diferencias significativas entre las muestras.

La discusión de los resultados encontrados se realiza en base a la existencia de diferencias significativas, en función de la edad de los participantes (menores de 40 años y personas con 40 o más), el género (hombre y mujer), los años de experiencia conduciendo (diferenciando entre conductores con más de 15 años de experiencia y 15 o menos) y el uso (o no) habitual de pantallas convencionales dentro del entorno vehicular para cada uno de los bloques planteados.

5.1 Manejo de Datos de Conducción Eficiente

Para realizar la evaluación del manejo de datos de conducción eficiente, atendemos a la descripción del experimento planteado en la Sección 4.2. En esta ocasión estudiamos los valores medios del bloque completo para analizar la conformidad de los usuarios ante este tipo de aplicaciones para la conducción eficiente presentadas sobre dispositivos HUD.

En líneas generales, los usuarios perciben una alta aceptación de la aplicación de conducción eficiente, teniendo valores de conformidad medios elevados en todas las preguntas del bloque. Atendiendo a la seguridad del uso de este tipo de sistemas de recomendación a la conducción, encontramos que los usuarios otorgan un valor de conformidad de 4.05 (sobre 5), considerando este valor como elevado. Si bien existen leves variaciones en función de los diferentes grupos planteados, no se han detectado diferencias significativas entre los grupos diferenciados por edades, género, ni experiencia en la conducción (p -value > 0.05).

La Figura 7, muestra un diagrama de cajas con el valor medio de las respuestas en el único caso en el que detectamos diferencias significativas en lo referente a usuarios que hacen uso de dispositivos con pantalla convencional habitualmente (p -value <

0.03). Si bien, los valores de conformidad encontrados son elevados (superiores a 3.2) existen diferencias significativas entre las elecciones en función del uso de dispositivos.

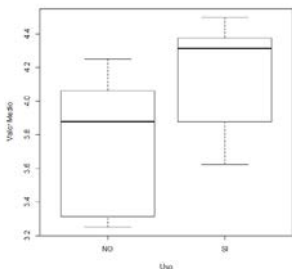


Figura 7. Valoración media de la conformidad con la aplicación de conducción eficiente en dispositivos HUD en función del uso habitual previo de dispositivos con pantalla convencional en el vehículo

Cuando realizamos el análisis a grandes rasgos, obtenemos en todos los casos valores medios elevados (superiores en todos los casos a 3.25), teniendo en consideración la aceptación y alta usabilidad de la aplicación sobre dispositivos de tipo HUD por parte de la gran mayoría de usuarios.

Otra de las características importantes a destacar sobre el bloque planteado, es la propuesta de dinamicidad de contenidos dentro de la aplicación de conducción eficiente. Realizando el análisis del total de la población encuestada, se considera importante que el contenido de la aplicación sea lo más estático posible (4.35 sobre 5 como valor medio), con el fin de reducir la posible distracción del conductor y de esta forma conseguir un aumento de la seguridad.

5.2 Comparativa entre HDD y HUD

En este apartado analizaremos las cuestiones en función de la especificación presentada en la Sección 4.3, revisando la comparativa entre los tipos de pantalla presentados: Head-Down Display (HDD), que hace referencia a las pantallas convencionales de visualización de información y Head-Up Display (HUD), en relación a los dispositivos a evaluar.

Realizando el análisis global del bloque, volvemos a encontrar diferencias significativas entre los grupos que habían usado dispositivos con pantalla convencional dentro del vehículo y usuarios que no lo hacían con un $p\text{-value} < 0.01$, atendiendo a que los que sí hacían uso de este tipo de pantallas estaban más conformes con la utilización de este tipo de dispositivos en el habitáculo del vehículo.

En la Figura 8, observamos la comparativa en cuanto al valor medio de aceptación de los dos tipos de pantallas en función de usuarios que usan habitualmente pantallas dentro del vehículo y usuarios que no las usan. En este caso, encontramos diferencias significativas entre ambos grupos atendiendo, por un lado, al grado de conformidad con pantallas HUD con un $p\text{-value} < 0.02$ y por otro, a pantallas de tipo HDD con un $p\text{-value} < 0.05$, siendo en todo momento mejor valoradas las del primer tipo.

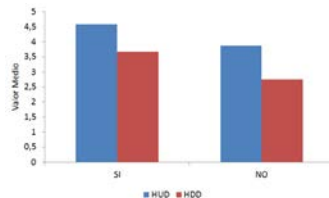


Figura 8. Comparativa pantallas HUD y HDD en función del uso previo de pantallas convencionales

En líneas generales, y pese a no encontrar diferencias significativas en los demás grupos, encontramos una mayor aceptación de dispositivos de tipo HUD en el entorno vehicular mediante la percepción de mejora en la seguridad (4.15 sobre 5) en términos de población global del estudio.

5.3 Incorporación de Navegación GPS

La navegación GPS es uno de los elementos más comunes dentro del proceso de conducción. Existe un gran número de vehículos que incorporan por defecto este tipo de sistema, por lo que, se hacía indispensable el realizar un análisis apropiado para este tipo de nuevos dispositivos de representación de información.

Atendiendo a la diferenciación por grupos propuesta inicialmente, solamente encontramos diferencias significativas para los grupos de usuarios que habían usado previamente pantallas de tipo convencional y los que no lo habían hecho con un $p\text{-value} < 0.04$. Para los demás grupos no las encontramos, aunque existan variaciones leves de opinión en función del grupo al que pertenecían.

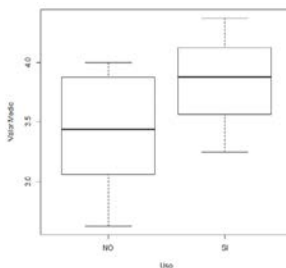


Figura 9. Valoración media de la conformidad con la aplicación de navegación GPS en dispositivos HUD en función del uso habitual previo de dispositivos con pantalla convencional en el vehículo

En la Figura 9, podemos ver un diagrama de cajas que representa el valor medio encontrado en cada uno de los grupos para los que se detectaron diferencias significativas (uso/no uso habitual de dispositivos con pantalla convencional). Vemos como los usuarios que usan habitualmente este tipo de dispositivos, están más a favor de la inclusión de HUDs dentro del vehículo, alcanzando un

valor medio de conformidad mayor que los usuarios que no usan habitualmente pantallas convencionales.

Si realizamos el análisis detallado en cuanto al contenido de la aplicación, encontramos que los usuarios prefieren datos estáticos en la medida de lo posible (4.05 sobre 5), para que no se produzca una distracción en la conducción, considerando la transparencia y colores de la interfaz de navegación, adecuados para este tipo de entornos (3.85 y 3.95 sobre 5 respectivamente).

5.4 Futura Interacción con Dispositivos HUD

Para encontrar la conformidad con una futura interacción con este tipo de dispositivos, se plantearon varias preguntas que hacían referencia a las posibles formas de interacción.

Este bloque se basaba principalmente en dos planteamientos: Uno de ellos destinado a corroborar la idea del usuario acerca del incremento de seguridad que se produciría si pudiéramos interactuar con el dispositivo, y otro, destinado a saber qué tipo de interacción prefiere.

En lo referente a la seguridad que proporcionaría la posible interacción con dispositivos HUD, encontramos un valor medio de conformidad de 3.55 (sobre 5) atendiendo al total de la población participante en el estudio. No obstante, cuando hacemos la separación por grupos de edad, años de experiencia en la conducción, género y uso de dispositivos en entornos vehiculares, vemos como el valor varía levemente, no produciéndose diferencias significativas entre los diferentes grupos ($p\text{-value} > 0.05$).

Cuando hablamos del tipo de interacción, encontramos diferenciadas tres opciones: 1. Interacción mediante movimientos gestuales básicos, 2. Interacción mediante comandos de voz predefinidos en el dispositivo y 3. Interacción mediante pulsaciones en una pantalla táctil. Para la población general, el método que más suscita atención es la posibilidad de interactuar con el dispositivo mediante comandos de voz, obteniendo una valoración media de 4.35 (sobre 5), siendo muy superior a la posibilidad de interacción mediante movimientos gestuales básicos y a la posibilidad de pulsaciones sobre una pantalla táctil cuyos valores medios eran de 3.2 y 2.1 respectivamente.

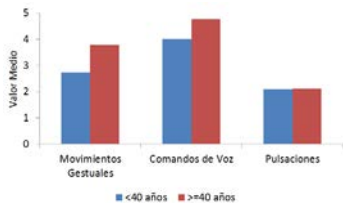


Figura 10. Tipo de interacción con dispositivos HUD en función de la edad

La Figura 10, muestra, en un diagrama de barras, los valores medios encontrados para el tipo de interacción en función de la edad. Pese a no encontrar diferencias significativas en relación a los diferentes grupos propuestos para el análisis ($p\text{-value} > 0.05$), observamos cómo, la elección que mejor consideran los usuarios con respecto a una posible interacción, con el dispositivo sería la posibilidad de poder realizar acciones a través de comandos de voz predefinidos en el mismo para aumentar la seguridad al volante al no tener que soltarlo para realizar movimientos

gestuales básicos (como mover un dedo o la mano) o realizar pulsaciones sobre una pantalla táctil.

6. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Los resultados obtenidos nos permiten otear un horizonte amplio en la investigación, desarrollo e implantación de sistemas empotrados de tipo HUD en los vehículos. En términos generales, se obtiene una alta aceptación, con un 65% de usuarios, que consideran más apropiado su uso frente a los dispositivos de pantalla convencional, y un 35% que lo considera igual (ninguno peor). También observamos una usabilidad adecuada en lo referente a la percepción de seguridad por parte del conductor.

Una de las principales conclusiones obtenidas, ha sido el resultado de la diferenciación de usuarios en función del uso previo, y de forma habitual, de pantallas convencionales dentro del vehículo, concluyendo que, los que hacen uso de dispositivos con pantalla convencional son más proclives a la utilización de HUDs en el vehículo.

Hemos encontrado una alta aprobación al uso de dispositivos HUD para el manejo de aplicaciones de conducción eficiente (un 75% de usuarios están de acuerdo con esta nueva tecnología, otorgando valores de conformidad de 4 y 5). De esta forma, hemos conseguido una aproximación directa dentro de la conducción eficiente con la incorporación de nuevas soluciones tecnológicas que todavía no están implantadas ampliamente a nivel comercial.

Hablando de navegación GPS, sistema muy utilizado en la actualidad, encontramos que la mayoría de usuarios (70%) prefieren utilizar dispositivos de tipo HUD dentro del habitáculo del vehículo, mostrando especial interés en interfaces adecuadas para la presentación de datos en pantalla (colores oscuros y solamente representación de datos relevantes), con el fin de obtener una mayor seguridad en carretera.

En cuanto a la interacción del usuario con el dispositivo, se denota la necesidad de un sistema que no disminuya la seguridad del conductor. Los participantes mostraron especial interés en dispositivos con sistemas de reconocimiento de voz que permitan la ejecución de comandos auditivos sin necesidad de quitar las manos del volante.

En la línea de trabajos futuros, el grupo de investigación continúa trabajando en avances relacionados con la incorporación de dispositivos de realidad aumentada o de tipo HUD en entornos vehiculares. Por ello, se pretenden incluir nuevas soluciones tecnológicas basadas en dispositivos HUD, que nos permitirán, no solo poder visualizar en tiempo real datos del vehículo mediante diferentes interfaces y nuevas aplicaciones, sino también poder interactuar con el sistema durante el periodo de conducción a través de tareas simples como por ejemplo, comandos de voz o reconocimiento gestual básico, sin que ello comprometa la seguridad del conductor. Por otro lado, el equipo de investigación se plantea avances en este campo atendiendo, no solo a variables macroscópicas, sino también variables relacionadas con aspectos de procesamiento de información y aspectos cognitivos humanos como fatiga en la conducción, vigilancia del conductor, privacidad de datos, carga mental del usuario, etc. con el objetivo firme de conseguir una mayor información durante el periodo de conducción de una forma eficiente y segura.

7. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Ayuntamiento de Gijón en colaboración con el Instituto Universitario de Tecnología

Industrial de Asturias (IUTA) de la Universidad de Oviedo en el marco del proyecto con referencia SV-15-GIJÓN-1.19 y por el Plan de Ciencia, Tecnología e Innovación del Principado de Asturias (PCTI) a través del proyecto GRUPIN-14-065.

8. REFERENCIAS

- [1] «recPOP - RoadEyesCams». [En línea]. Disponible en: <http://www.road-eyes.com/la-gamme/recpop/>. [Accedido: 11-abr-2016].
- [2] A. G. Tuero, L. Pozueco, A. G. Pañeda, X. G. Pañeda, R. García, D. Melendi, G. D. Orueta, A. Rionda, y M. Mitre, «Evaluación de Trabajadores Mediante Patrones de Comportamiento en el Campo de la Conducción Eficiente», presentado en 17º Simposio Internacional de Informática Educativa (SIIE), Setúbal (Portugal), 2015.
- [3] Y.-C. Liu y M.-H. Wen, «Comparison of head-up display (HUD) vs. head-down display (HDD): driving performance of commercial vehicle operators in Taiwan», *Int. J. Hum.-Comput. Stud.*, vol. 61, n.º 5, pp. 679-697, nov. 2004.
- [4] S. H. Yoon, J. Lim, y Y. G. Ji, «Perceived Visual Complexity and Visual Search Performance of Automotive Instrument Cluster: A Quantitative Measurement Study», *Int. J. Hum.-Comput. Interact.*, vol. 0, n.º ja, p. null, jul. 2015.
- [5] C. J. Normark, «Design and Evaluation of a Touch-Based Personalizable In-Vehicle User Interface», *Int. J. Hum.-Comput. Interact.*, vol. 31, n.º 11, pp. 731-745, nov. 2015.
- [6] V. Charissis y M. Naef, «Evaluation of Prototype Automotive Head-Up Display Interface: Testing Driver's Focusing Ability through a VR Simulation», en *2007 IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, 2007, pp. 560-565.
- [7] V. Charissis, «Enhancing human responses through augmented reality Head-Up Display in vehicular environment», en *2014 11th International Conference Expo on Emerging Technologies for a Smarter World (CEWIT)*, 2014, pp. 1-6.
- [8] H. Park y K. Kim, «Efficient Information Representation Method for Driver-Centered AR-HUD System», en *Design, User Experience, and Usability. User Experience in Novel Technological Environments*, A. Marcus, Ed. Springer Berlin Heidelberg, 2013, pp. 393-400.
- [9] M. Tonnis, C. Lange, y G. Klunker, «Visual Longitudinal and Lateral Driving Assistance in the Head-Up Display of Cars», en *6th IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, 2007. ISMAR 2007*, 2007, pp. 91-94.
- [10] G. Weinberg, B. Barsham, y Z. Medenica, «Evaluating the Usability of a Head-up Display for Selection from Choice Lists in Cars», en *Proceedings of the 3rd International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*, New York, NY, USA, 2011, pp. 39-46.
- [11] S. Y. Cheng, A. Doshi, y M. M. Trivedi, «Active Heads-up Display based Speed Compliance Aid for Driver Assistance: A Novel Interface and Comparative Experimental Studies», en *2007 IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, 2007, pp. 594-599.
- [12] C. Yoon, K. Kim, H. S. Park, M. W. Park, y S. K. Jung, «Development of augmented forward collision warning system for Head-Up Displays», en *2014 IEEE 17th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, 2014, pp. 2277-2279.
- [13] H. J. Oh y Y. G. Ji, «Effects of superimposition of a head-up display on driving performance and glance behavior in the elderly», *Int. J. Hum.-Comput. Interact.*, vol. 0, n.º ja, p. null, oct. 2015.
- [14] «Toyota Prius features cutting edge technology», *Toyota*. [En línea]. Disponible en: <http://www3.toyota.com.au/prius/features/cutting-edge-technology>. [Accedido: 11-abr-2016].
- [15] «BMW Technology Guide: Head-Up Display». [En línea]. Disponible en: http://www.bmw.com/com/en/insights/technology/technology_guide/articles/head_up_display.html. [Accedido: 11-abr-2016].

Propuesta de un Mecanismo de Monitorización para Sistemas de Rehabilitación con Interacción Basada en Movimiento

Alberto Mora Plata
Departamento de Sistemas
Informáticos
Universidad de Castilla-La Mancha
Albacete, España
albermorap@gmail.com

Juan E. Garrido, José A. F. Valls
Instituto de Investigación en
Informática de Albacete
Universidad de Castilla-La Mancha
Albacete, España
{juanenrique.garrido,
josea.fernandez}@uclm.es

Víctor M. R. Penichet, María D. Lozano
Departamento de Sistemas
Informáticos
Universidad de Castilla-La Mancha
Albacete, España
{victor.penichet,
maria.lozano}@uclm.es

RESUMEN

La interacción basada en movimiento ha aparecido como un factor relevante a la hora de mejorar condiciones existentes en entornos sanitarios. Un adecuado dominio sobre el que aplicar esfuerzos lo compone el campo de la rehabilitación. En este sentido, los autores han desarrollado SIVIRE, un sistema cuyas principales contribuciones son un editor virtual de ejercicios y la capacidad de adaptar el proceso de rehabilitación a las condiciones del paciente y su evolución. Durante el proceso de desarrollo, algunos aspectos han requerido un estudio en profundidad con el fin de mejorar la calidad y precisión del sistema. Un ejemplo de esto es la monitorización de posturas del paciente dado que es un proceso crítico a la hora de corregir y guiar. Este artículo presenta un análisis de las técnicas de monitorización estudiadas por los autores. Cada una de ellas afrontan la problemática desde diferentes perspectivas: haciendo uso de coordenadas de articulaciones, utilizando coordenadas de huesos y a través de los ángulos generados por los huesos. Una vez conocidas las bondades y defectos de cada técnica, ha sido posible identificar como técnica adecuada para la monitorización de pacientes haciendo uso de interacción basada en movimiento, la basada en coordenadas de articulaciones.

CCS Concepts

• Human-centered computing → Interaction design.

Keywords

Rehabilitación, healthcare, interacción basada en movimiento, monitorización.

1. INTRODUCCIÓN

La interacción basada en movimiento ofrece posibilidades no existentes previamente para los usuarios. La posibilidad de interaccionar de un modo natural, por medio del cuerpo, permite al usuario utilizar interacciones más potentes que las tradicionales (teclado, ratón, táctil, etc.). Este hecho genera un interesante y emergente campo de investigación implicando un amplio rango de áreas de interés que van desde la industria de los videojuegos hasta la medicina.

Los autores han centrado sus esfuerzos en aplicar interacción basada en movimiento sobre entornos sanitarios. El principal objetivo ha sido mejorar las condiciones existentes [1] del personal médico así como de los pacientes. Como resultado han desarrollado en primer lugar KFF System [2], un sistema para la

detección automática de caídas y desmayos en lugares desatendidos. Este sistema permitió a los autores profundizar en interacción basada en movimiento a través de Kinect generando la necesidad de investigar y trabajar las capacidades existentes. Como resultados adicionales aparecieron nuevos objetivos llevando al desarrollo de un segundo sistema denominado SIVIRE [3]. Su finalidad es la mejora del proceso remoto de rehabilitación basado en repetición de posturas. Por un lado el sistema facilita la tarea del rehabilitador al ofrecer un editor 3D para la definición de ejercicios de modo manual o con el cuerpo a través de Kinect. Asimismo, el paciente encuentra un sistema que le guía, corrige y asiste durante el proceso de rehabilitación en su hogar, gracias al uso de interacción basada en movimiento.

En el caso de KFF System, se hace uso de patrones los cuales representan posturas conocidas. El sistema compara, como parte de un complejo estudio paramétrico, la actual postura detectada con aquellas definidas previamente. Sólo requiere de la detección de un patrón conocido para activar el protocolo de alerta. Sin embargo, el uso de patrones no es suficiente en SIVIRE. La monitorización automática y constante llevada a cabo durante un ejercicio de rehabilitación es un requisito que afecta al modo en el que se verifica el proceso. Esto conlleva la necesidad de analizar diferentes posibilidades a la hora de realizar la monitorización: (1) hacer uso de la coordenada de articulaciones; (2) verificar coordenadas de huesos; o (3) utilizar los ángulos generados por los huesos. A continuación, cada técnica es descrita para posteriormente, razonar cuál es la más adecuada para ser utilizada en SIVIRE.

2. MONITORIZACIÓN DE POSTURAS CON INTERACCIÓN BASADA EN MOVIMIENTO

La utilidad de los ejercicios de rehabilitación es altamente dependiente del proceso de monitorización. El modo en el que son analizados los pacientes para ser guiados, ayudados y animados, es esencial. En él aparece la necesidad de comparar el estado de cada paciente a través de su esqueleto con respecto al esperado. En base a esto, los autores han trabajado con terapias de rehabilitación definidas como repetición de posturas. El principal paso ha sido definir el modo correcto de monitorizar el proceso con interacción basada en movimiento.

Kinect detecta el esqueleto del usuario y ofrece una representación compuesta por huesos y articulaciones. Estos

elementos proporcionan diferentes alternativas para la monitorización. Tres han sido tenidas en cuenta. La primera de ellas es la basada en coordenadas de articulaciones. Este tipo de monitorización verifica si cada articulación está en una posición adecuada. El proceso toma como referencia el origen de coordenadas utilizado por Kinect y verifica si las coordenadas absolutas de las articulaciones del paciente coinciden con las esperadas, es decir, con las definidas por el fisioterapeuta en el diseñador 3D de SIVIRE. Es esencial considerar umbrales de error a la hora de monitorizar cuando el paciente realiza el ejercicio. Por ello, la monitorización requiere una verificación que se adapte a la búsqueda de puntos cuyas coordenadas se encuentren dentro de un rango (en forma de esfera) de valores definidos por la coordenada exacta esperada y el umbral existente.

La dependencia entre las posturas a ser verificadas, la altura del paciente y su localización en el espacio suponen un problema a la hora de monitorizar coordenadas absolutas. Por ello, el mecanismo basado en coordenadas de articulaciones requiere de dos transformaciones geométricas: *escalado* y *traslación*. El resultado será un ajuste del esqueleto del fisioterapeuta con respecto al del paciente. De este modo, la monitorización se independiza del tamaño y localización del paciente.

La segunda técnica analizada es la basada en coordenadas de huesos. En este caso, saber si una postura es correcta se centra en analizar las coordenadas, por cada hueso, de las articulaciones que son unidas por dicho hueso. De nuevo es necesario considerar umbrales de error añadidos como factores de la comparación. En este caso, existe la necesidad de definir por código las comprobaciones para cada postura. La razón es el no ser posible un criterio genérico para todos los huesos y extremidades de las posturas. Por ejemplo, si la postura implica que el paciente levante el brazo paralelo al suelo, sólo es necesario verificar las coordenadas x e y del hombro porque la componente z no tiene influencia. Sin embargo, si el paciente debe levantar el brazo siguiendo el sentido de las agujas del reloj, las componentes a analizar son z e y. Por lo tanto, cada postura implica sus propias verificaciones sin reglas generales.

La última técnica considerada hace uso de los ángulos generados por los huesos que componen las articulaciones. Este ángulo es comparado de nuevo considerando un determinado umbral de error.

3. CONCLUSIONES

Una vez analizadas las posibilidades de monitorización, su comparación es un proceso necesario para la elección de la técnica adecuada para SIVIRE.

La opción basada en coordenadas de huesos no toma como referencia el origen de coordenadas ofrecido por Kinect. Esto significa que el proceso de verificación es independiente de la localización del paciente. Por lo tanto, existe un alto grado de flexibilidad en la monitorización de movimientos. Sólo es necesario comprobar la postura independientemente de dónde se encuentre el usuario. Sin embargo, la generalización del proceso para una postura específica es complejo. Esto es debido a que no siempre se requiere la comprobación de las mismas componentes de las coordenadas de la articulación o incluso de las mismas articulaciones. Además, no es posible establecer un umbral global de error para una postura ya que este cambia de un hueso a otro y entre los componentes de una misma articulación. Como resultado, el uso de coordenadas de huesos para monitorizar

cualquier postura en rehabilitación es muy complejo. En definitiva, esta técnica no es adecuada para comprobar posturas no predefinidas ya que requiere de una definición manual, por código, para cada postura a verificar.

En cuanto a la opción basada en el uso de ángulos entre articulaciones, representa una opción que proporciona una solución más genérica. Esto es debido a permitir generar el mismo umbral para todas las articulaciones o incluso uno por articulación, elemento esencial para tener en cuenta limitaciones de movimiento presentadas por el paciente. A pesar de esto, la técnica presenta dos problemas principales. El primero de ellos proviene del hecho de que la comparación de dos ángulos no asegura que los huesos comparados estén en la misma posición. El segundo problema es la dificultad para comprobar algunas articulaciones, como hombros y cuello cuya rotación es altamente mayor que otras partes del cuerpo como rodillas o codos. Cuando la articulación presenta sólo un movimiento, la comparación es posible. Si ofrece múltiples movimientos, la comparación aparece como un proceso imposible haciendo uso de dispositivos como Kinect que imposibilitan obtener la orientación de los ángulos.

Finalmente, la técnica basada en coordenadas de articulaciones propone soluciones a los problemas presentados tanto en la monitorización con ángulos como con coordenadas de huesos. Al igual que en el caso del uso de ángulos, ofrece la posibilidad de generalizar umbrales de error o hacerlos individuales. Por otro lado, es capaz de comprobar posturas independientemente de la articulación o hueso ya que todas las verificaciones presentan el mismo comportamiento. Además, resuelve el problema presentado por el uso de ángulos que no permite en determinadas ocasiones asegurar la correcta realización de posturas

Teniendo en cuenta los beneficios de la técnica basada en coordenadas de articulaciones, aparece como adecuada para ser aplicada en SIVIRE. Con ella, el sistema adquiere la capacidad de guiar y corregir pacientes durante el proceso de rehabilitación teniendo o no en cuenta su posición.

4. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el proyecto de expediente 0215ITA017 de Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Consejería de Empleo y Economía. Así mismo nos gustaría agradecer la colaboración de la empresa Tecno Soluciones Informáticas SL

5. REFERENCIAS

- [1] Lymberis, A. and Smart, A. 2003. Wearables for remote health monitoring, from prevention to rehabilitation: current R&D, future challenges. In *Proceedings of the 4th International IEEE EMBS Conference on Information Technology Applications in Biomedicine*, 272-275
- [2] Garrido, J. E., Marsel I., Penichet, V. M., Lozano, M. D. and Fernández, J. A. 2013. Automatic Detection of Falls and Fainting. *Journal of Universal Computer Science* 19, 8, 1105-1112. DOI= 10.3217/jucs-019-07.
- [3] Fernández-Valls, J. A., Penichet, V. M., Lozano, M. D. and Garrido, J. E. 2015. Getting-up rehabilitation therapy supported by movement based interaction techniques. *DYNA* 82, 193, 241-249. DOI= 10.15446/dyna.v82n193.53500 ISSN 0012-7353

Interaccion Natural (II)

Diferencias de edad en el rendimiento utilizando diversos dispositivos de input: evaluación de tarea de inserción

Diana Carvalho
INESC TEC y UTAD
4200-465 Porto, Portugal and
5000-801 Vila Real, Portugal
+351 {222094000, 259350000}
dianac@utad.pt

Luís Magalhães
Centro ALGORITMI, UMinho
4800-058 Guimarães, Portugal
+351 253510180
lmagalhaes@dsi.uminho.pt

Maximino Bessa
INESC TEC y UTAD
4200-465 Porto, Portugal and
5000-801 Vila Real, Portugal
+351 {222094000, 259350000}
maxbessa@utad.pt

Eurico Carrapatoso
INESC TEC y FEUP
4200-465 Porto, Portugal
+351 222094000
emc@fe.up.pt

RESUMEN

Modalidades de entrada novedosas como la táctil, la tangible o la gestual tratan de explotar las habilidades innatas del ser humano en lugar de imponer nuevos procesos de aprendizaje. Sin embargo, ningún trabajo con una evaluación sistemática indica cómo estas interfaces influyen en el rendimiento de los usuarios, o sea, evaluar si una interfaz puede ser más o menos apropiada para la interacción con respecto a: (1) diferentes grupos de edad; y (2) diferentes tareas básicas, como la inserción o la modificación de contenido. Este trabajo presenta una evaluación exploratoria acerca de si la eficiencia de los usuarios está influenciada por el tipo de modalidad de entrada y edad. Se realizó una evaluación de la usabilidad con 60 sujetos para entender cómo diferentes interfaces pueden influir en la velocidad y precisión de tres grupos específicos de edad (niños, adultos jóvenes y mayores-adultos) cuando se trata de una tarea básica de inserción de contenido. Se consideraron cuatro modalidades de interacción de entrada para realizar la tarea (teclado, táctil, tangible y gestual) y la metodología se basó en la realización de pruebas de usabilidad para medir aspectos como velocidad, precisión y preferencias del usuario. En general, los resultados muestran que hay una diferencia significativa estadísticamente de la velocidad de la finalización de la tarea entre los grupos de edad. Además, puede haber indicios de que el tipo de la interfaz que se utiliza puede influir en la eficacia de las tareas de inserción, y no tanto en otros factores como la edad. Por otro lado, el estudio plantea nuevas cuestiones relativas a la modalidad de entrada con el dispositivo de ratón "tradicional" frente a las "nuevas" modalidades de entrada.

Palabras Clave

Interacción Persona-Ordenador, Interfaces de Usuario Naturales, Paradigmas de Interacción, Modalidades de Entrada, Ratón, Teclado, Toque, Tangibles, Gestos, Tareas de Inserción.

1. INTRODUCCIÓN

Los paradigmas de interacción han pasando de la era de las interfaces WIMP a las post-WIMP [3], tratando de mejorar la usabilidad de la interfaz [4] y permitiendo a los usuarios aprovechar las tecnologías basadas en el reconocimiento.

Sin embargo, a pesar de que ha habido una adición continua de nuevas modalidades de interacción en nuestra vida cotidiana, aún no existe un conocimiento pleno en cuanto a lo que podría ser la modalidad más adecuada para los diferentes grupos de edad en sus tareas diarias, como puede ser la selección, inserción o manipulación de contenidos. Por lo tanto, un estudio sistemático que revele la relación entre las modalidades de entrada y tareas de interacción para los diferentes grupos de edad es de suma importancia, es decir, comprender cuáles son las interfaces que podrían considerarse mejor o peor para tareas específicas.

En este trabajo, se tiene la intención de reconocer cuál es el paradigma de interacción más eficiente para audiencias específicas al realizar una de las tareas más básicas - la inserción de datos.

2. ESTADO DEL ARTE

Los sistemas interactivos se han convertido en herramientas para la comunicación, la colaboración y la interacción social entre los diversos grupos de usuarios con diferentes capacidades, impedimentos o preferencias en una variedad de contextos de uso [2]. Como tal, los ordenadores deben ser accesibles y utilizables por cualquier persona, en cualquier momento y en cualquier lugar, deben garantizar la seguridad, utilidad, eficacia y eficiencia de los sistemas interactivos por todos [5].

Las interfaces naturales se basan en las habilidades innatas de los usuarios, tales como gestos o toque, para la especificación y ejecución de comandos y tareas. Esta nueva era se centra en las necesidades y capacidades de los usuarios, lo que facilita la usabilidad de la interfaz [1].

Sin embargo, los estudios publicados aún no han proporcionado una comprensión de cómo los diferentes grupos de usuarios perciben las tareas elementales distintas y si su rendimiento está directamente influenciado por la modalidad de interacción. El trabajo se ha desarrollado para comprender cómo las diferentes interfaces naturales afectan al rendimiento, pero no a través de un enfoque sistemático. Los estudios no han madurado aún cuando se trata de afirmar las diferencias en términos de eficiencia, eficacia y rendimiento entre los usuarios con distintos atributos, a saber, la edad.

3. ESTUDIO DE CASO

El objetivo de este trabajo es entender si diversas modalidades de interacción pueden causar diferencias significativas en la interacción de las tareas de inserción elementales, utilizando una de las cuatro modalidades de entrada disponibles para insertar el contenido solicitado: el teclado, el tacto, los gestos y los tangibles como las modalidades de entrada.

Nos hemos centrado en una evaluación de la usabilidad teniendo en cuenta la eficacia de los participantes (tasa de error), la eficiencia y la preferencia de los usuarios. Se ha tenido la intención de reconocer: (1) la relación que los usuarios pueden tener con las diferentes interfaces en una actividad de inserción de contenido; y (2) si la edad puede afectar a la interacción con el sistema. 60 participantes, que eran inexpertos en el propósito del experimento, participaron en el experimento y se dividieron en tres grupos de edad: niños (9 a 12 años de edad); adultos jóvenes (20 a 30 años de edad); adultos mayores (45 a 60 años de edad). En total se obtuvieron 720 ensayos experimentales durante el estudio.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El grupo de los más adultos registró el mayor número total de errores, pero sobre todo cuando la interacción fue a través del uso de gestos, lo que puede implicar que con el incremento de edad, su destreza disminuye.

También se analizó el tiempo en terminar la tarea dentro de cada grupo de participantes, así como entre ellos, teniendo en cuenta las diferentes modalidades de entrada. El dispositivo de entrada que ha registrado los resultados medios más rápidos a lo largo de los tres grupos fue el teclado físico. Por otra parte, la interfaz gestual registró los tiempos de media más altos. El tiempo más bajo registrado utilizando el teclado fue por los adultos jóvenes y el mayor fue registrado por adultos mayores utilizando gestos. La Figura 1 presenta los tiempos medios de finalización de tareas durante las pruebas experimentales con las diferentes interfaces según cada grupo de edad.

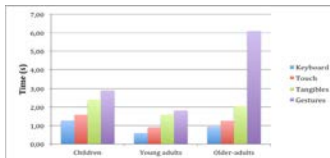


Figura 1: Tiempo necesario para completar la tarea (en segundos)

En general, el grupo de niños presentó los mayores tiempos medios en la mayoría de las interfaces, en comparación con los otros grupos, excepto en la modalidad gestual. Por el contrario, el grupo de adultos jóvenes realizó mejores tiempos con todas las interfaces y por lo tanto se obtuvieron los tiempos medios de finalización de tareas más bajos. Puede ser también importante destacar que el tiempo medio de finalización registrado por los usuarios de mayor edad con la interfaz gestual, fue aproximadamente el doble de la del grupo de los niños. Para el

grupo de los niños, el teclado físico y virtual muestra resultados significativamente más rápidos para las tareas de inserción, pero no muestran mucho más contraste entre sí. Por otro lado, los jóvenes y adultos mayores mostraron ser más rápidos con la interfaz gráfica, seguida por la interfaz táctil. Para los adultos mayores, cuando se trata de tareas de inserción, la interfaz basada en el gesto presentó mucho mayores tiempos medios. El tiempo medio de inserción para las distintas modalidades de entrada siguió un patrón a lo largo de los tres grupos de usuarios: (1) la interfaz basada en gestos no era tan eficiente como el resto, sobre todo teniendo en cuenta el grupo de adultos mayores; y (2) el teclado físico era el más rápido.

Al final del experimento, se recogieron las preferencias de los participantes con un cuestionario. Todos los grupos comparten la misma opinión: táctil fue la modalidad que preferían y la interfaz basada en gestos fue la que menos gustó.

5. CONCLUSIONES

Nuestros resultados han demostrado que: (1) se han detectado más errores utilizando la interfaz gestual, para toda la audiencia; (2) el teclado físico ha resultado ser más eficaz, seguido por el teclado virtual; (3) a pesar de que las modalidades tangibles no resultaron ser tan eficientes como otras modalidades de interacción, los niños tuvieron una buena respuesta en términos de preferencia, lo que podría sugerir que este tipo de entrada puede ser interesante para utilizar con este grupo de edad, no a causa de los resultados de eficiencia, sino porque este grupo tenía una empatía con esa modalidad, lo que casualmente podría influir y mejorar su interés en la tarea en cuestión.

El trabajo presentado es un trabajo en progreso, pero creemos que se han obtenido indicios de que el tipo de interfaz que se utiliza en las tareas de inserción puede influir en la eficiencia, y no tanto a otros factores como la edad.

6. AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría agradecer el apoyo de la "Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro" y las escuelas que participaron en nuestro estudio: "Monseñor Jerónimo do Amaral", "Escola Secundária Morgado de Mateus", y "Super-Heróis", en Vila Real, Portugal. Diana Carvalho tiene una beca de doctorado otorgado por FCT – Fundação para la Ciencia e Tecnologia (SFRH/BD/81541/2011).

7. REFERENCIAS

- [1] Blake, J. 2012. The natural user interface revolution. *Natural User Interfaces in .NET*. Manning Publications Co. 1–43.
- [2] Constantine Stephanidis and Pier Luigi Emiliani 1999. 'Connecting' to the information society: a European perspective. *Technology and Disability*. IOS Press.
- [3] Dam, A. van 1997. Post-WIMP user interfaces. *Commun. ACM*. 40, 2 (1997), 63–67.
- [4] Nielsen, J. 1993. Noncommand user interfaces. *Communications of the ACM*. 36, 4 (Apr. 1993), 83–99.
- [5] Stephanidis, C. 2001. User Interfaces for All: New Perspectives into Human-Computer Interaction. *User Interfaces for All - Concepts, Methods, and Tools*. C. Stephanidis, ed. Lawrence Erlbaum Associates. 760.

Interacción Gestual en Dispositivos Móviles: Análisis basado en la posición del usuario

W. Gonzalo Pomboza-Junez
Universidad Nacional de Chimborazo
Av. Antonio José de Sucre, Km. 1.5 Vía a Guano.
Fac. CC. de la Educación, HH. y Tecnologías
Riobamba, Ecuador
wpomboza@unach.edu.ec

Juan A. Holgado-Terriza
Universidad de Granada
Calle Periodista Daniel Saucedo Aranda s/n. 18071
Dpto. Lenguajes y Sistemas
Granada, España
jholgado@ugr.es

RESUMEN

Las necesidades de interacción del usuario con un sistema de computación varían de acuerdo a su estado físico, emocional y psicológico. Por ello, deberían existir distintas alternativas para realizar determinadas tareas, adaptadas a las necesidades específicas del usuario en ese momento. Este artículo propone el uso del gesto de la mano, como una interfaz natural (hombre-máquina) alternativa a la tradicional interfaz gráfica de usuario. Dicha interfaz facilita el manejo de aplicaciones en dispositivos móviles, sin necesidad de tocar la superficie de la pantalla. La nueva interfaz, se basa en señales electromiográficas y está recomendada especialmente para personas con necesidades especiales con movilidad limitada. En este trabajo se demuestra como la utilización de la interfaz, basada en gestos, es mucho más sencilla y efectiva para este tipo de usuarios. Para ello, se ha desarrollado como ejemplo, una aplicación móvil específica, que permite la gestión de llamadas en un Smartphone con sistema operativo Android.

ACM classification Keywords

D.2.2. [Software Engineering]: Design Tools and Techniques - *user interfaces*. D.2.8 [Software Engineering]: Metrics - Performance measures. D.2.12 [Software Engineering]: Interoperability - Interface definition languages. D.4.9 [Software Engineering]: Systems Programs and Utilities - Command and control languages. H.5.2. [Information interfaces and presentation]: User Interfaces - *Graphical user interfaces (GUI); input device and strategies; interaction styles; natural language; user-centered design*.

Keywords

Control gestual; interfaces naturales de usuario de tipo gestual; gesto de control; desarrollo móvil; Android; señales electromiográficas; sensores sEMG.

1. INTRODUCCIÓN

Los avances tecnológicos que ha experimentado la humanidad en los últimos años, nos hace pensar que las posibilidades de interacción entre el hombre y la máquina serán más naturales, más precisas y confiables.

Leyes como Fitts [1] y sus variantes [2] han sido fundamentales para mejorar el diseño y la construcción de interfaces guiando

además los esfuerzos por conseguir interfaces sencillas y amigables. Consecuencia de dichos estudios son los avances que han experimentado las Interfaces Naturales de Usuario (INU), las cuales tratan de integrar hardware y software, para lograr una interacción mucho más directa y eficiente entre el usuario y el ordenador [3]. Por otra parte, la Interacción Multimodal Humano Ordenador plantea nuevos paradigmas, estableciendo un modelo de comunicación, donde el contexto de la interacción tiene un impacto significativo en aspectos tales como la información que se transfiere, cuándo tiene lugar dicha transferencia y cómo se realiza [4]. Las nuevas teorías aplicadas al gesto pretenden lograr ese objetivo, permitiendo tanto su reconocimiento [5] y su adaptación, en tareas interactivas y de control, incluso en tiempo real [6].

El aprovechamiento del gesto en la comunicación con la máquina no es nueva, y muchos trabajos se han centrado en lograr dicha comunicación usando gestos corporales [7],[8], faciales [9] y manuales [10],[11]. Varios métodos han sido usados para capturar e interpretar el gesto, algunos de ellos combinando al hardware y al software, valiéndose de guantes [12], imágenes [13] y sensores [14] de múltiples y muy variados tipos. Estos métodos han sido impulsados en gran medida, por el avance experimentado en las tecnologías de procesamiento de señal y modelos matemáticos, admitiéndose en su refinamiento el uso de técnicas de Inteligencia Artificial (IA)[15]. Todo esto ha permitido identificar y clasificar al gesto de forma rápida y efectiva. Sin embargo, muchas de estas aproximaciones no se han liberado totalmente del vínculo físico, al tener que mantener enlaces por cables, tanto para envío como para la recepción de datos.

Muchos estudios plantean la captura y reconocimiento del gesto de la mano, usando las señales electromiográficas (EMG) presentes en brazo y antebrazo, al producirse la actividad muscular necesaria para generarlo. Los resultados hasta el momento, en el tratamiento de este tipo de señal, han demostrado ser muy efectivos [16]. Dichas señales son detectadas por medio de electrodos (sensores) EMG, ya sean de tipo superficiales (sEMG) o invasivos (iEMG), alcanzando medir rangos potenciales de EMG desde μV hasta mV . Estos rangos dependen directamente de la intensidad de la señal, de la ubicación y del tipo de sensor. Así, por ejemplo, Li Guanglin et al. [17], logran determinar la tasa significativa de muestreo, para el uso efectivo de los sEMG en prótesis de replazo a miembros amputados, especialmente el brazo. En cambio, Li Jizhou et al. [18] han utilizado los sEMG multicanal para mejorar la calidad de estimaciones de la activación muscular. Por último, en el trabajo de Wheeler et al. [19], se describe cómo pueden mejorarse la detección de habilidades motoras finas, cuando se colocan varios sensores rodeando el antebrazo.

La motricidad en el ser humano, puede verse afectada, ya sea por causas accidentales o como resultado de un problema degenerativo (enfermedad) del sistema nervioso central [20]. De igual manera, se produce una pérdida de exactitud y coordinación en el movimiento, debido a la edad avanzada del individuo e inclusive influyen aspectos relacionados a la posición anatómica del usuario. Todos estos aspectos comprometen en forma temporal o definitiva, la motricidad fina de las manos de una persona [21], provocando errores en el manejo de dispositivos que requieren algún grado de precisión en su manejo. Para ayudar a sobrellevar estos problemas, se han planteado múltiples soluciones de accesibilidad (por ejemplo reconocimiento de voz), algunas de ellas plasmadas en dispositivos y sistemas operativos (SO), que el usuario utiliza o que se encuentran a su alcance. Uno de estos SO es Android, que en un gran porcentaje, acompaña a los dispositivos móviles del mercado, entre ellos los llamados teléfonos inteligentes (Smartphone en inglés).

La necesidad de comunicación del usuario es imperante y en la actualidad es el Smartphone, aquel dispositivo que cubre esta necesidad. La industria trata de dotar de nuevas y mejores características a estos dispositivos, tanto a nivel de hardware como de software, convirtiéndolos en muchos casos en un potente sistema de cómputo, a pesar de su pequeño tamaño. Pero este acelerado desarrollo, en muchos casos, ha ignorado necesidades especiales y quizá momentáneas del usuario al tener que adoptar posiciones corporales anatómicas especiales por enfermedad o descanso. De aquellas posiciones, la de cúbito (posición corporal acostado boca arriba, generalmente en un plano paralelo al suelo) es la más frecuente, y también posiblemente, la que provoque mayor incomodidad e imprecisión en el uso de interfaces, que en otras circunstancias serían fáciles y exactas. El panorama para el usuario se complica, cuando a su necesidad de comunicación (llamadas de voz), le añadimos limitaciones de movimiento (brazos, piernas, cuello) o inclusive de visión (cirugía ocular por ejemplo) que lo limitan temporalmente, en el uso y aprovechamiento de estos dispositivos.

En este trabajo planteamos una forma alternativa de interacción entre el Smartphone y el usuario, mediante el uso del gesto de la mano como interfaz, en una llamada telefónica. Se pretende además, dar una alternativa al usuario para casos de enfermedad o confort, al lograr un manejo sencillo y efectivo en la gestión de las llamadas, usando un teléfono inteligente. Para lograrlo, hemos desarrollado un sistema, compatible con el SO Android 4.4 y superiores, llamado SICCLE (Sistema Interactivo de Control de Llamadas de Emergencia), que usa la pulsera gestual MYO ® para la captura del gesto a través de sensores sEMG. Los datos del gesto son enviados usando Bluetooth hacia el Smartphone, el cual los procesa e identifica, convirtiéndolos en comandos para la gestión de llamadas y de la agenda de contactos de la aplicación la cual interactúa con la agenda personal. El sistema posee además, una biblioteca de mensajes de voz que guían al usuario y reemplazan a la supervisión visual de la tarea. Es posible personalizar los gestos definidos en el sistema para cambiar las acciones establecidas, haciéndolo aún más amigable con el usuario.

Para analizar las ventajas potenciales que pueden suponer la interfaz gestual frente a la interfaz gráfica de usuario tradicional, se ha realizado un estudio de la precisión que involucra a la posición anatómica adoptada por el usuario. Por lo expuesto, este estudio ha sido dividido en dos fases: La primera, es un análisis de la exactitud del usuario, en relación a la dificultad que experimenta en el uso del Smartphone, simulando el proceso de

llamada, en posiciones probables de uso. Y la segunda, un análisis de la exactitud del gesto al ser usado como una interfaz, para teléfonos inteligentes, usando el concepto de Árbol de Control Gestual (GCT, Gesture Control Tree en inglés), propuesto por Pomboza y Holgado [14] y que además nos permite contrastar los resultados con la fase 1.

2. ESTUDIO DE EXACTITUD DE LA INTERFAZ HOMBRE-MAQUINA

2.1 Participantes

En el presente estudio participaron seis voluntarios, cuyas edades estaban comprendidas entre los 35 y 50 años (4 hombres y 2 mujeres). Todos ellos manifestaron tener teléfono móvil y saber usar dispositivos “manos libres”. Todos registraron al menos una intervención quirúrgica (lo cual es importante para evaluar las dificultades del uso del Smartphone en caso de enfermedad). Dos voluntarios tenían diagnóstico de artritis y uno era zurdo.

2.2 Parámetros de evaluación

Se analizaron algunas aplicaciones basadas en Android para gestionar llamadas y que han sido incluidas por distintos fabricantes en sus Smartphone con pequeñas modificaciones. Se determinaron cuatro zonas de importancia en la interfaz gráfica. Dichas zonas se muestran en la Figura 1.

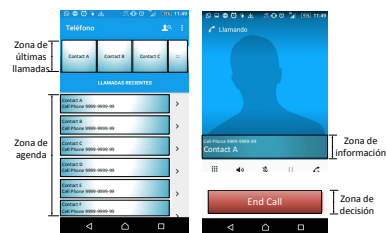


Figura 1. Zonas de importancia en una aplicación Android para llamada.

Zona de últimas llamadas: Esta zona permite a un usuario escoger y navegar entre las últimas llamadas realizadas. Se requiere precisión y agilidad.

Zona de agenda: Esta zona permite al usuario, desplazarse entre sus contactos y escoger aquel al cual desea llamar. Requiere las mismas habilidades que la zona anterior.

Zona de información: Permite al usuario conocer si una llamada, realizada o en curso, corresponde al contacto seleccionado. También se muestra cuando se acepta una llamada entrante. Requiere un control visual.

Zona de decisión: Es una zona que permite aceptar o terminar una llamada. Para la aceptación de llamada, es necesario realizar un movimiento de toque y deslizamiento de izquierda a derecha. En caso de cierre de llamada, es necesario un gesto de toque en dicha zona.

Las zonas indicadas, han sido reproducidas a nivel experimental, diferenciando tres fases, tanto en su ubicación como en la secuencia de ejecución. La zona de información, por su naturaleza, no ha sido reproducida en esta fase de nuestro experimento.

2.3 El ID y la exactitud

Hemos usado la Ley de Fitts [1] en la cual se expresa el índice de dificultad (*ID*) de una tarea motora [2] como aquella relación entre dos veces la amplitud o distancia *A* y el ancho *W* del objetivo final, en términos de logaritmo en base dos. El índice de dificultad (*ID*) se expresa de la siguiente manera:

$$ID = \log_2 \left(\frac{2A}{W} \right) \quad (1)$$

La ecuación (1) nos permitirá evaluar el *ID* al intentar alcanzar las opciones necesarias para realizar una llamada, en una posición cualquiera, desde y hacia cada una de las zonas de importancia descritas en la Sección 2.2.

Para medir el nivel de exactitud (*ACC*), hemos usado la definición hecha en [14] que expresa el nivel de *ACC* como la relación entre los aciertos (positivos) y todos los intentos realizados (los positivos más negativos) al intentar alcanzar una opción. Esta relación se describe en la ecuación (2).

$$ACC = \frac{\text{positivos}}{\text{positivos} + \text{negativos}} \quad (2)$$

El *ACC* puede variar, entre otras razones, por la posición que adopte el usuario durante el manejo del dispositivo Smartphone. Las posiciones contempladas en este estudio fueron: posición de pie o *normal* y posición acostado o *especial*. En posición *normal*, el voluntario adoptaba una postura cómoda, apoyado en sus dos pies. En posición *especial*, el voluntario debía recostarse en un sofá de pruebas y mantener su cabeza sin apoyo (almohada). Estas posiciones permitieron evaluar en el usuario, el *ID* y su *ACC*, al realizar una misma acción, en las dos posiciones.

2.4 Herramientas Hardware

Hemos seleccionado a la pulsera gestual MYO® (Figura 3) como dispositivo de captura gestual (DCG). Éste dispositivo envía los datos de captura usando el protocolo Bluetooth. Incorpora un total de ocho sensores tipo EMG (patentados por Thalmic Labs.) cuyas características corresponden a sensores EMG de superficie (sEMG) de tres contactos, de doble diferencial que reducen al mínimo la presencia de ruido inducido por la piel. No requiere gel para su uso y es ideal para realizar lecturas de señales EMG en los músculos del antebrazo. Además, su configuración en barras paralelas, que rodean al antebrazo, asegura la consistencia de las mediciones [19]. Incluye además un SDK de desarrollo. Mayores detalles pueden encontrarse en la página WEB del fabricante.

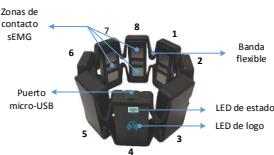


Figura 2. Dispositivo DCG

El dispositivo Smartphone, usado en esta investigación, correspondió a uno de gama media de las siguientes características: dimensiones de 139.9 x 71.1 x 8.6 mm; pantalla de 4.8 pulgadas, con una resolución de 960 x 540 píxeles; peso de 148 gr y SO Android 5.1.

2.5 Herramientas Software

Se diseñaron dos aplicaciones, una por cada tipo de interfaz. Las dos aplicaciones fueron desarrolladas en Android Studio Versión 1.1. En ambas se alcanza a un objetivo usando el toque (touch en inglés) pero definido de dos maneras diferentes:

- En la primera el *toque* era aquel gesto que realiza el usuario sobre el dispositivo y requería *contacto directo con la superficie* para indicar que una opción ha sido escogida. En este caso, *toque* se forma al estirar el dedo índice y juntar los demás alrededor de la palma de la mano y cubiertos por el dedo pulgar.
- En la segunda el gesto *toque* se lograba usando el reconocimiento gestual alcanzado al procesar la señal EMG, recogida por los sensores sEMG de MYO. *No requiere contacto directo con superficie alguna* del Smartphone para el reconocimiento gestual. Cada gesto tiene asociada una acción o comando específico y es parte de una biblioteca gestual.

No se usó el acelerómetro, giroscopio o magnetómetro en las pruebas. Se han ubicado elementos iconos en cada fase a los cuales hemos llamado objetivos. Un objetivo define un área de toque u opción. Como característica especial todos los objetivos tenían fondo blanco, número de secuencia de *toque* y un círculo de color para que el voluntario lo pueda distinguir fácilmente, como se indica en la Figura 3.

2.6 Análisis de la interface gráfica

En esta interfaz, el *toque* debe darse sobre el objetivo. En caso de error se penalizaba la acción. Los detalles del diseño se muestran en la Figura 3.

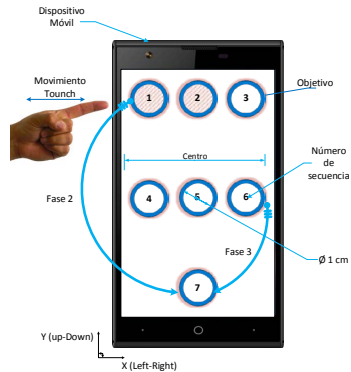


Figura 3. Diseño del test para interfaz gráfica de gesto por contacto.

2.6.1 Protocolo experimental

Se determinó un tiempo de duración de la prueba ($t=10$ s). El número de intentos dependió en algunos casos de la rapidez y agilidad del voluntario. Era el voluntario quien daba el inicio del test. Se realizó un total de cinco pruebas por participante. En las posiciones de prueba, una mano servía para sostener el dispositivo

móvil (mano de apoyo o sujeción) y la otra para realizar los toques en pantalla (mano dominante o de gesto). No fue permitido cambiar de mano una vez iniciado el test. Un objetivo ya seleccionado, adquiría una trama de fondo, que indicaba que se debía continuar al siguiente (Figura 3 y sus secuencias en la Figura 4). Al corresponder el *toque*, con el objetivo de turno, se sumaba (+1) a los intentos positivos, caso contrario, se sumaba (+1) a los intentos negativos. No se continuaba al siguiente, a menos que, se haya presionado adecuadamente sobre el objetivo anterior. En cada prueba, la cuenta de aciertos y errores se reiniciaba. Los totales, eran almacenados en un historial de pruebas, para su posterior tratamiento y análisis.

El recorrido en la interfaz, gráfica contemplaba tres fases, que se correspondían con las zonas de importancia identificadas en la Sección 2.2. Las fases y sus secuencias se muestran en la Figura 4. Fase 1, el voluntario inicia la secuencia en 1 hasta 7 (todos los objetivos deben ser tocados) como se indica en la Figura 4.1; Fase 2, el voluntario realiza un *toque* en los objetivos: 1, 7; 2, 7; y, 3, 7 (los objetivos 4, 5 y 6 no son tocados) como se muestra en la Figura 4.2; Fase 3, el voluntario realiza un *toque* en: 4, 7; 5, 7; y 6, 7 (los objetivos 1, 2 y 3 no son tocados) como se indica en la Figura 4.3. En esta interfaz, el gesto *toque* es quien determina el desplazamiento y localización del *objetivo*. Para medir la *ACC* y el *ID* se usaron todas las fases.

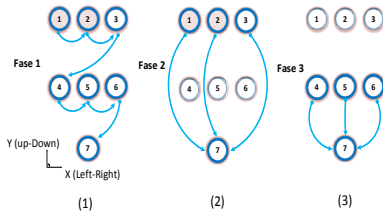


Figura. 4. Secuencia de toque de objetivos dividido en fases de correspondencia con las zonas.

2.7 Análisis de la interface gestual.

Para un análisis adecuado de esta interfaz, hemos implementado el GCT expuesto en la Figura 5. El GCT permite implementar un protocolo gestual y define la acción del gesto asociado en niveles con correspondencia con el anterior. Tres niveles nos ofrecen relación con las zonas de importancia definidas en la Sección 2.2 y representar sus acciones específicas (Ver Figura 5). Los gestos pueden ser reutilizados asociándolos a opciones diferentes de niveles superiores. El toque en esta interfaz se logra al realizar el gesto adecuado en el nivel indicado y en la secuencia establecida. Los gestos usados se describen en la Tabla 1. Gestos fuera de nivel o de secuencia fueron penalizados.

2.7.1.1 Gestos propuestos

Hemos usado gestos cuyo reconocimiento está garantizado por el DCG y cuyas características se describen en la Sección 2.5. Otras características adicionales de comportamiento de la señal EMG y de los sensores sEMG que identifican al gesto quedan fuera del ámbito de este estudio, por lo cual recomendamos leer [14] para mayores detalles. Los gestos usados en nuestro experimento se describen en la Tabla 1.

TABLA 1. GESTOS USADOS EN EL ANÁLISIS DE INTERFAZ GESTUAL.

| Gesto | Descripción |
|-------|---|
| | Mano abierta: Todos los dedos extendidos fuera de la palma. |
| | Palma fuera: Los dedos juntos a excepción del pulgar. Un leve giro a la derecha, manteniendo firme la muñeca. |
| | Mano cerrada: Todos los dedos recogidos en la palma. |
| | Palma dentro: Los dedos juntos a excepción del pulgar. Un leve giro a la derecha, manteniendo firme la muñeca. |
| | Inicio: Gesto complejo que inicia la interacción. Dedos juntos, pulgar extendido. Palma girada a la derecha y manteniendo esta posición desplazamos el antebrazo manteniendo como eje el brazo del usuario. |

2.7.1.2 Protocolo experimental

Se definieron tres niveles: nivel de inicio, nivel de tarea y nivel de acción. Las secuencias usadas en cada prueba fueron: 1, 2, 3; 1, 4, 3; 5, 6, 3; y 5, 7, 3. Estas secuencias indicaban el orden de ejecución de cada gesto por parte del usuario hasta lograr el cierre de nivel o secuencia, en el objetivo 3, con una acción de llamada o manejo de la agenda. La secuencia, estaba controlada por la aplicación y no requería superficie de contacto alguna. Se usó al DCG en el antebrazo del usuario para la lectura del gesto y envío de datos usando Bluetooth. La aplicación reconocía en gesto y almacenaba los datos de acierto y penalización en cada prueba para su posterior procesamiento.

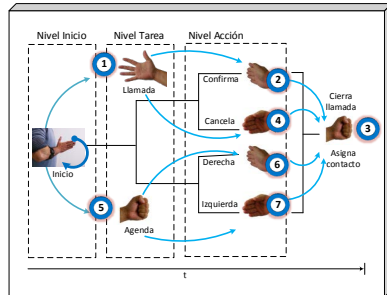


Figura. 5. El GCT usado asociando la secuencia de aceptación del gesto (toque) de objetivos y sus niveles.

La interfaz gestual sumaba (+1) a los positivos por cada gesto reconocido y realizado en la secuencia respectiva, y penalizaba (+1) a los negativos, por cada gesto no válido, fuera de secuencia o "no reconocido". Todos los usuarios realizaron las pruebas usando el GCT en las posiciones *normal* y *especial*. No fue permitido cambiar de antebrazo el brazalete una vez iniciada la prueba. Se dispuso un tiempo máximo de espera entre cada gesto de 10 s. En caso de no detectarse gesto alguno en el tiempo máximo de espera, sin alcanzar el objetivo 3, se cancelaba la

lectura y no se guardaban los datos respectivos. Se realizaron cinco pruebas por participante.

Para evitar falsos positivos, la interacción gestual permanecía bloqueada (lock) hasta que el usuario realizara el gesto raíz o de apertura. Dicho gesto se describe en la Figura 6 y permitía iniciar la interacción a partir del cual se iniciaba también el tiempo de escucha era igual al tiempo fijado para cada prueba.

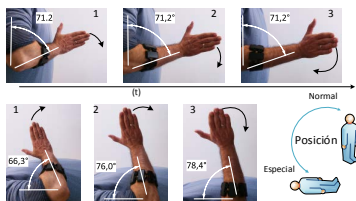


Figura 6. Gesto de apertura de interacción, en posición normal y especial.

El gesto de apertura podía ser activado o desactivado, es propio del dispositivo y al parecer combina señales EMG del gesto y las lecturas entregadas por el giroscopio. Nosotros, lo hemos realizado en tres etapas que son: inicio, mantenimiento y cierre. Las tres deben ser ejecutadas en forma continua, tratando de mantener un desplazamiento constante (velocidad) y en lo posible un ángulo fijo, realizando un leve retardo al final, para finalizar dicho gesto. El gesto fue realizado por los voluntarios, tanto en posición normal como especial, y usando la mano izquierda o derecha de acuerdo a su preferencia.

3. PRUEBAS PRELIMINARES.

3.1 Interfaz gráfica.

Aplicando la ecuación (1) se pudo determinar el ID para cada una de las secuencias establecidas en el experimento, las cuales se muestran en la Tabla 2. Se observó además, que el ID variaba más evidentemente en las Fases 2 y 3 del experimento, debido a la distancia recorrida pues el tamaño del objetivo se mantuvo constante. El mayor valor de ID (ID=4.14) fue alcanzado al recorrer las secuencias de objetivo 1 a 7 y 3 a 7. La Tabla 2, también muestra los parámetros A y W usados.

Tabla 2. Índice de dificultad (ID) alcanzado por secuencia.

| Index | Secuencia | A (mm) | W (mm) | ID |
|-------|----------------------------|--------|--------|------|
| 1 | 1 a 2, 2 a 3, 4 a 5, 5 a 6 | 20 | 10 | 2 |
| 2 | 5 a 7 | 45 | 10 | 3.17 |
| 3 | 6 a 7, 4 a 7, 6 a 7 | 50 | 10 | 3.32 |
| 4 | 3 a 4 | 55 | 10 | 3.46 |
| 5 | 2 a 7 | 85 | 10 | 4.09 |
| 6 | 1 a 7, 3 a 7 | 88 | 10 | 4.14 |

La Figura 7, permite observar el total de aciertos alcanzado en cada prueba por los participantes. Los aciertos dan una idea clara de su precisión, tanto en condiciones normales como especiales. También se pudo notar, una leve disminución del número total de intentos en la posición especial, con relación a la posición normal. Algunos voluntarios, manifestaron cansancio en la mano que

sostenía el dispositivo móvil, y consecuentemente incomodidad al tratar de hacer *toque* en el dispositivo en posición especial.

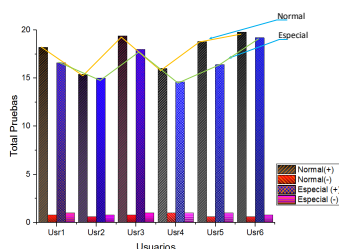


Figura 7. Positivos vs negativos usando interfaz gráfica.

La media de los aciertos positivos en la posición normal, fue de 17.93 (SD=1.99) en contraste con la media de los aciertos en la posición especial que alcanzó 16.51 (SD=1.84). Esto, a pesar de que el voluntario podía lograr una mejor ubicación y comodidad al contar con la seguridad de sus dos manos, inclusive en la posición especial (la más común en caso de enfermedad o de disminución de sus facultades físicas).

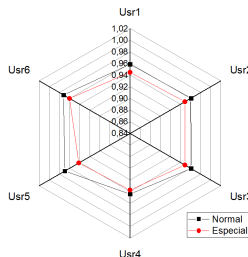


Figura 8. Nivel de ACC de acuerdo a la posición del usuario usando interfaz gráfica (por contacto).

La ecuación (2) permitió calcular el nivel de ACC por usuario al usar la interfaz gráfica (por contacto) en las posiciones estudiadas. La Figura 8 muestra una pérdida, aunque mínima, de ACC en la posición especial (Media= 0.94) en comparación con la posición normal (Media=0.96).

3.2 Interfaz gestual.

La Figura 9 muestra la variación del reconocimiento usando la interfaz gestual, en cada una de las posiciones estudiadas. Se alcanzó una media en posición normal igual a 8.77 (SD=1.01) en contraste con una media de 8.9 (SD=1.06) en la posición especial. Como puede observarse, la variación es mínima en el uso de la interfaz entre una posición y otra. Al no depender de la distancia o del tamaño del objetivo, y al ser independiente del contacto, podemos suponer que ajusta su comportamiento a cada usuario. Esto indica además, que el gesto se ajusta mucho mejor a los deseos o intentos del usuario en la interacción sin provocar cansancio excesivo.

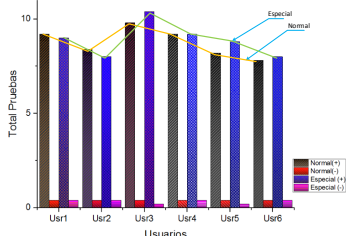


Figura. 9. Positivos vs negativos usando interfaz gestual.

Los niveles de ACC de la interfaz gestual, que se muestran en la Figura 10, fueron muy similares tanto en la posición *normal* (Media=0.96) como en la *especial* (Media=0.97). Esto nos indica que la interfaz gestual y los gestos usados, son hasta cierto grado independientes de la posición (*normal* o *especial*) que adopte el usuario al realizar el gesto. Fue evidente en algunos usuarios (Usr3, Usr5 y Usr6) un leve incremento del ACC en la posición *especial*. Podríamos decir también, conforme este resultado, que el usuario logra un mejor desempeño al usar el gesto como interfaz de control.

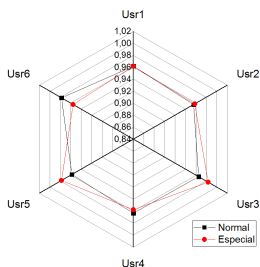


Figura. 10. Nivel de ACC de acuerdo a la posición del usuario usando interfaz gestual (sin contacto).

4. CASO DE ESTUDIO

Tomando como antecedente las Secciones 2 y 3 de esta investigación, planteamos como caso de estudio, el desarrollo de un Sistema Interactivo de Control de Llamadas de Emergencia (SICLLE), para personas que presentan algún tipo de limitación física leve o simplemente por confort. Para lograr este objetivo hemos usado al gesto, realizado con la mano, como una interfaz de control en un dispositivo Smartphone, durante el proceso de llamada. También planteamos la independencia física entre dispositivos, al usar el protocolo Bluetooth para el envío y recepción de datos.

4.1 Arquitectura

La arquitectura del sistema, ha sido diseñada por capas, las cuales se describen en la Figura 11.

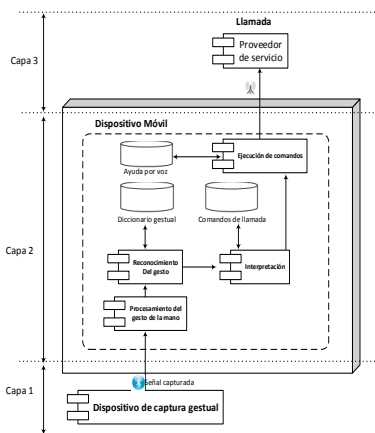


Figura. 11. Arquitectura del sistema.

4.1.1 Capa 1

Está conformada por la pulsera gestual MYO a quien hemos llamado Dispositivo de Captura Gestual (DCG). El DCG es el encargado de capturar el gesto a través de los sensores sEMG. El SDK corresponde a la versión 1.5 revisión 1970. La tasa de muestreo de este dispositivo, en nuestras pruebas, alcanzó los 199 Hz. Para el envío de datos a la capa 2, usa el protocolo de comunicación Bluetooth propietario y con características de bajo consumo (BLE) y mayor rapidez en el intercambio de información.

4.1.2 Capa 2

Esta capa la compone el Smartphone (DM) el cual recibe los datos enviados por el DCG. Hemos escogido como DM a un Smartphone de gama media con procesador Qualcomm MSM8926 de cuatro núcleos de 1.2 Mhz con RAM de 1Gb y flash de 8 Gb, compatible con Bluetooth 4.0. SO Android 5.1. Éste dispositivo se ajusta a las características de dimensión, peso y resolución realizada en la Sección 2.2. El DM procesa los datos recibidos de la capa 1, acudiendo a su algoritmo de reconocimiento y clasificación del gesto. Para lograrlo, cuenta con un Diccionario Gestual (DG), el cual permite relacionar el gesto con una acción específica o comando. Todos los comandos se encuentran disponibles en el Diccionario de Comandos (DC), los que a su vez serán ejecutados en el DM durante el proceso de llamada. Además, cuenta con una biblioteca de mensajes de voz (DV) que relaciona a cada comando con un mensaje de voz, dedicado al usuario, por cada acción seleccionada.

4.1.3 Capa 3

Está compuesta por el Proveedor de Servicio (PS) de telefonía móvil. El PS es el que se encarga de establecer la llamada usando la red de telefonía, ya sea fija o móvil, y también toma en consideración variables tales como: saldo, costo, protocolo, etc., para brindar el servicio requerido.

4.2 Lenguaje Gestual implementado

Gestos similares han sido usados en [14][22][23][24] y se describen en la Tabla 1. Los comandos fueron: Mano Abierta, solicita una llamada urgente. Palma fuera, acepta una solicitud de llamada o en agenda, permite desplazar un contacto a la derecha. Mano cerrada, cancela la en curso o en agenda, asigna un contacto para llamada urgente. Palma dentro, cancela una petición de llamada o en agenda, permite desplazar un contacto a la izquierda. El gesto inicio, permite el inicio de la interacción con la aplicación a través de la interface gestual.

4.3 Software

Hemos desarrollado una aplicación usando la plataforma Android Studio Ver. 1.1. El software, es compatible con dispositivos de SO Android 4.4 y superiores. Permite la interacción con el usuario usando los gestos detectados por el DCG y que se hallen definidos en el DG. El envío de información, entre el DCG y el DG, se logra usando el protocolo Bluetooth 4. SICLLE ha sido diseñado para incorporar una agenda propia de contactos, que combina y gestiona aquellos definidos en el dispositivo Smartphone. La Figura 12, hace una descripción del menú y las opciones principales de SICLLE.



Figura 12. Descripción de algunos menús de SICLLE Ver. 1.0

4.3.1 Descripción de las opciones del menú

4.3.1.1 Opción: Encuentra MYO

Esta opción permite vincular el dispositivo DCG con el DM. En caso de existir varios DCG, se asocia solo uno a la vez. La aplicación habilita la comunicación Bluetooth del DM en caso de requerirlo.

4.3.1.2 Opción: Configuración

Permite la asignación de un gesto a una acción o comando, tomando en consideración aquellos implementados e incluidos en el diccionario gestual.

4.3.1.3 Opción: Gestiona teléfonos (contactos)

Permite el acceso a la agenda incorporada en SICLLE, la cual es independiente de la personal (principal) del Smartphone, aunque aprovecha sus recursos. Se puede interactuar con ella ya sea añadiendo, modificando y eliminando un contacto. La configuración adecuada permite la asignación de un número de contacto como pre-establecido para una llamada. La foto del contacto en mostrada en caso de estar disponible.

4.3.1.4 Ayuda usuario

Permite desplegar en la pantalla del dispositivo el conjunto de comandos gestuales (gestos) disponibles en la aplicación. Se hace además una breve descripción de la función asignada a cada comando. Los mensajes de voz están relacionados al comando y predefinidos con cada uno de ellos.

4.3.2 Comandos y acciones

Los órdenes de control implementadas se describen en la Sección 4.2. Cada gesto constituye un comando gestual, que tiene asociada una acción específica. Estas acciones o tareas permiten la gestión, aunque básica, de una llamada telefónica saliente.

Esta configuración es muy elemental, pero lo suficientemente clara y sencilla, para un usuario que la requiera. SICLLE, una vez ejecutado, se mantiene como un residente (daemon en inglés) en memoria y a la espera del gesto de apertura o inicio. Iniciada la interacción, la aplicación se encuentra a la espera de un comando gestual para gestión de llamadas o de agenda, como se describe en el árbol gestual implementado (Figura 5).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Durante las pruebas SICLLE tuvo un comportamiento muy aceptable como interfaz de control gestual para gestión de llamadas y control de agenda. Todos los usuarios realizaron llamadas a números pre-establecidos o acudiendo a la agenda de SICLLE para búsqueda y asignación de un contacto. Se mantuvo en todo momento el nivel de exactitud tanto en posición *normal* como en *especial*, usando el brazalete gestual en un solo brazo para la interacción. Todos los voluntarios mostraron satisfacción y seguridad al ejecutar un comando gestual y escuchar la etiqueta de voz relacionada al mismo, en especial al tener el Smartphone lejos de su campo visual. El lenguaje gestual implementado fue fácilmente aprendido y recordado, luego de una breve explicación y uso.

Sin embargo, algunos voluntarios experimentaron problemas de reconocimiento del gesto al inicio de la interacción, esto debido a la textura física y anatómica del antebrazo en cada persona y a la pérdida de calibración del dispositivo. Para solucionar este problema, se usó la recomendación dada por Pomboza y Holgado [14]. Todos los usuarios expresaron su mayor nivel de confort al no tener que sujetar el dispositivo móvil, y al poder gestionar una llamada en forma gestual. El estrés provocado en el usuario, al usar la interface gestual, fue mínimo debido a la respuesta inmediata de la interfaz gestual. Se combinó el uso de SICLLE con el sistema manos libres y uso de audífonos, obteniéndose muy buenos resultados como alternativas de audio. El gesto de apertura, necesario para el inicio de la interacción entre el DM y el DCG, fue realizado sin que el usuario mostrara molestia alguna, tanto en posición *normal* como *especial*.

Finalmente, fue evidente la exactitud del reconocimiento gestual usando señales EMG y su aplicación en una interfaz gestual de control. Confirmó además, la efectividad del uso de una interfaz gestual frente a una interfaz gráfica, como alternativa de control. Si a ello le sumamos el uso del gesto por niveles usando un GCT, la versatilidad se incrementa considerablemente. Todo esto permite plantear nuevas alternativas basadas en gestos.

6. CONCLUSIONES

Este artículo pone en evidencia la gran exactitud que puede llegar a tener la interfaz gestual, alcanzando niveles similares a una interfaz gráfica de usuario. La aplicación que se expone en este informe, ha demostrado ser eficiente para gestión de llamadas emergentes en un Smartphone. Los gestos usados fueron fácilmente recordados y aplicados, confirmando la naturalidad de una interfaz de tipo gestual. El uso del GCT, permitió una forma de navegación basada en gestos, por las opciones de SICLLE. El uso del gesto por niveles mediante el GCT, abre nuevas alternativas y opciones de control al permitir reutilizar el gesto, como se demuestra en este estudio. Además, las pruebas realizadas demuestran que su uso puede ser extensible a otros campos del conocimiento (industrial, salud, etc.). Nuestras pruebas determinan, que un diseño basado en el usuario, que sea sencillo en su interfaz, puede alcanzar óptimos resultados en personas con necesidades de interacción especiales, ya sea por comodidad o salud. El diseño y arquitectura presentados en este estudio, pueden ser extensibles y mejorados, para lograr aplicaciones orientadas a casos con mayores necesidades, problemas de motricidad e inclusive problemas visuales, entre otros. El uso del gesto, en la IHC apenas está empezando y el desarrollo de interfaces multimodales abre nuevas expectativas, conjuntamente con el avance tecnológico experimentado en los últimos años. Como trabajos futuros nos hemos propuesto ampliar la biblioteca gestual y determinar otras posibles aplicaciones de interfaces gestuales tanto para el hogar como para la industria.

7. REFERENCIAS

- [1] P. M. Fitts. 1954. The Amplitude of Movement. *J. Exp. Psychol.*, 47, 381–391.
- [2] I. S. MacKenzie. 1992. Fitts' law as a research and design tool in human-computer interaction. *Human-Computer Interact.* 7, 1, 91–139.
- [3] A. Flores-Abad, O. Ma, K. Pham, and S. Ulrich. 2014. A review of space robotics technologies for on-orbit servicing. *Progress in Aerospace Sciences*, 68 (Jul. 2014), 1–26.
- [4] M. Turk. 2005. Multimodal human-computer interaction. In *Real-Time Vision for Human-Computer Interaction*, (Aug. 2005), 269–283.
- [5] S. Yang, P. Premaratne, and P. Vial. 2013. Hand Gesture Recognition: An Overview. In *Proceedings of IEEE*, 63–69.
- [6] E. Ohn-bar and M. M. Trivedi. 2014. Hand Gesture Recognition for Automotive Interfaces: A Multimodal Vision-based Approach and Evaluations. *Trans. Intel. Transp. Syst.*, 15, 6, 2368–2377.
- [7] A. Sanna, F. Lamberti, G. Paravati, and F. Manuri. 2013. A Kinect-based natural interface for quadrotor control. *Entertain. Comput.*, 4, 3, 179–186.
- [8] S. S. Rautaray and A. Agrawal. 2012. Vision based hand gesture recognition for human computer interaction: a survey. *Artif. Intell. Rev.*, 43, 1, 1–54.
- [9] S.-W. Yang, C.-S. Lin, S.-K. Lin, and C.-H. Lee. 2013. Design of virtual keyboard using blink control method for the severely disabled. *Comput. Methods Programs Biomed.*, 111, 2, 410–8.
- [10] R. Elakkiya, K. Selvamani, S. Kanimozhi, R. Velumadhava, and A. Kannan. 2012. Intelligent System for Human Computer Interface Using Hand Gesture Recognition. In *International Conference on Modeling Optimization and Computing Procedia Eng.*, 38, 3180–3191.
- [11] A. Klerfelt. 2007. Gestures in conversation – the significance of gestures and utterances when children and preschool teachers create stories using the computer. *Comput. Educ.*, 48, 3(Apr. 2007), 335–361.
- [12] T. G. Zimmerman, J. Lanier, C. Blanchard, S. Bryson, and Y. Harvill. 1986. A hand gesture interface device. *ACM SIGCHI Bull.*, 17, SI, 189–192.
- [13] M. R. Abid, F. Shi, and E. M. Petriu. 2012. Dynamic hand gesture recognition from bag-of-features and local part model. In *Proceedings - 2012 IEEE Symposium on Haptic Audio-Visual Environments and Games, HAVE 2012*, 78–82.
- [14] G. Pomboza-Junez and A. Holgado-Terriza Juan. 2015. Control of home devices based on hand gestures. In *IEEE 5th International Conference on Consumer Electronics*, (Berlin ICCE-Berlin), 510–514.
- [15] X. Chen and Z. J. Wang. 2013. Pattern recognition of number gestures based on a wireless surface EMG system. *Biomed. Signal Process. Control.* 8, 2, 184–192.
- [16] A. Phinyomark, P. Phukpattaranont, and C. Limsakul. 2012. Feature reduction and selection for EMG signal classification. *Expert Syst. Appl.*, 39, 8, 7420–7431.
- [17] A. H. Al-Timemy, G. Bugmann, J. Escudero, and N. Outram. 2013. Classification of finger movements for the dexterous hand prosthesis control with surface electromyography. *IEEE J. Biomed. Heal. Informatics*, 17, 3, 608–618.
- [18] D. Staudenmann, D. F. Stegeman, and J. H. van Dieen. 2013. Redundancy or heterogeneity in the electric activity of the biceps brachii muscle? Added value of PCA-processed multi-channel EMG muscle activation estimates in a parallel-fibered muscle. *J. Electromyogr. Kinesiol.* 23, 4, 892–898.
- [19] K. R. Wheeler, S. Member, M. H. Chang, and K. H. Knuth. 2005. Gesture Based Control and EMG Decomposition. *IEEE Trans. Syst. Man, Cybern. - Part C Appl. Rev.*, 1, 11, 1–12.
- [20] F. O. Walker. 2007. Huntington's disease. *Lancet* (Winston, Salem, Canada January 20 - 2007), 369, 9557, 218–28.
- [21] K. a Flowers and C. Robertson. 1985. The effect of Parkinson's disease maintain a mental set. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*, 48, 517–529.
- [22] E. Stergiopoulou and N. Papamarkos. 2009. Hand gesture recognition using a neural network shape fitting technique. *Eng. Appl. Artif. Intell.*, 22, 8, 1141–1158.
- [23] E. Sanchez-Nielsen, M. Hernandez-Tejera, and L. Anton-Canalis. 2003. Hand Gesture Recognition for Human-Machine Interaction. *J. WSCG*, 12, 1, 1–3.
- [24] P. Premaratne and Q. Nguyen. 2007. Consumer electronics control system based on hand gesture moment invariants. *IET Comput. Vis.*, 1, 1, 35.

Evaluación preliminar del sensor Kinect V2 para su uso en platós virtuales de televisión con interacción natural

Roi Méndez
CITIUS
Universidade de Santiago de
Compostela
roi.mendez@usc.es

Julián Flores
CITIUS
Universidade de Santiago de
Compostela
julian.flores@usc.es

Enrique Castelló
Facultade de Ciencias da
Comunicación
Universidade de Santiago de
Compostela
enrique.castello@usc.es

Rubén Arenas
CITIUS
Universidade de Santiago de
Compostela
ruben.arenas@usc.es

ABSTRACT

Un plató virtual de televisión combina el mundo real con el virtual para obtener una imagen en la que los elementos reales den sensación de presencia en un entorno generado por ordenador. Uno de los factores más relevantes a la hora de que esta mezcla sea eficaz es la interacción de los actores con el mundo virtual. Para que esta sea posible es preciso dotar al plató de sensores que detecten los gestos del presentador de forma que este pueda modificar el entorno sintético. En este artículo se presenta un estudio preliminar que analiza la viabilidad de uso del sensor Kinect V2 en platós virtuales de televisión para la detección de gestos naturales del presentador. Se plantea el aprendizaje por parte del sistema, mediante técnicas de inteligencia artificial, de los gestos naturales del presentador. Esto permitirá que sea el actor quien cree su propia forma de interacción con el entorno virtual, reduciendo, de esta forma, los tiempos de aprendizaje y entrenamiento previos al rodaje. Se realiza un estudio sobre 8 usuarios con diferente experiencia en el mundo de los entornos virtuales en televisión, evaluando la idoneidad del sensor para el escenario propuesto y obteniendo resultados prometedores.

CCS Concepts

• Human-centered computing → Human computer interaction (HCI) → HCI design and evaluation methods → Laboratory experiments

• Human-centered computing → Human computer interaction (HCI) → Interaction devices

Keywords

Plató Virtual de Televisión, Broadcast, Interacción Natural, Kinect V2.

1. INTRODUCCIÓN

Un plató virtual de televisión es un estudio de televisión que permite combinar, en tiempo real, elementos reales grabados por cámaras de vídeo y elementos virtuales generados por ordenador.



Figura 1. Plató virtual de televisión con sensorización por cámaras de infrarrojos

Mediante la técnica del Chroma-Key se elimina el fondo de la imagen capturada por las cámaras y el resultado se combina con una imagen sintética generada por ordenador. La principal diferencia entre un plató virtual y un chroma al uso es la utilización de modelos 3D (en lugar de imágenes planas en dos dimensiones) como entorno. Esto ofrece la posibilidad de realizar movimientos de cámara variando la perspectiva de las cámaras reales y virtuales coherentemente, así como la modificación de la posición relativa del presentador y los diferentes elementos CGI (Computer Generated Imagery o gráficos generados por computador), pudiendo un objeto virtual estar delante o detrás de uno real [2]. Esto eleva las posibilidades creativas de las producciones televisivas para emisiones en directo, al no estar estas sujetas a leyes físicas (un objeto no real puede volar, atravesar otro objeto, desaparecer, etc.) ni ser necesaria la construcción física y almacenamiento de grandes decorados. La virtualización de los platós de televisión produce también, por tanto, un importante ahorro económico a la hora de encargar una nueva producción o actualizar el aspecto visual de una ya existente.

La sensación de inmersión del mundo real en el mundo virtual, conseguida en la imagen final de emisión, depende principalmente de dos elementos: la calidad y coherencia de la imagen sintética generada y la interacción entre ambos mundos. Para obtener una imagen generada por ordenador coherente es preciso simular las cámaras reales en el mundo virtual. Por tanto, es necesario realizar tanto un calibrado del sistema con el fin de imitar el

funcionamiento de las lentes de las cámaras reales, como la sensorización de las mismas para conocer su posición, orientación y zoom en todo momento (Figura 1). Así, la cámara virtual se situará dentro del modelo 3D exactamente de la misma forma que la cámara real en el plató, produciendo una imagen sintética coherente y modificando la perspectiva del entorno virtual al mismo tiempo que cambia en el mundo real.

Además de esta coherencia de posición, orientación, zoom, etc. para que los elementos reales proporcionen una sensación de presencia en el mundo virtual debe de existir una interacción activa entre ambos mundos. Esta interacción va desde la presencia de sombras proyectadas por elementos reales en elementos sintéticos, al cambio coherente de posiciones relativas entre elementos generados por ordenador y reales o la interacción directa entre actores y elementos virtuales (Figura 2). Por tanto, para una óptima combinación de ambos mundos se debe sensorizar la posición de tres elementos principales: cámaras, objetos y actores.

Tradicionalmente estas sensorizaciones se realizan mediante sistemas comerciales muy precisos y de alto coste económico. Sin embargo, en los últimos años, la aparición de numerosos sensores de bajo coste con distintas capacidades puede invertir esta tendencia. Este cambio puede venir apoyado por el boom de los canales de televisión de bajo presupuesto que emiten a través internet y que no pueden permitirse la adquisición de un sistema de sensorización al uso. Por otro lado, se está generalizando el uso de estudios virtuales para docencia a distancia [13], ya que permiten generar materiales de gran calidad didáctica sin el coste de tener que construir todos los elementos físicamente. Se hace necesario, por tanto, la implementación de plató virtuales de bajo coste que puedan llevar su tecnología a este creciente mercado [10].



Figura 2. Imagen real (imagen superior) e integración de la imagen real y el mundo virtual (imagen inferior)

De los tres elementos a sensorizar en un plató virtual de televisión, el caso concreto del tracking de actores es el que representa un mayor reto para la industria al tener estos una gran variedad de puntos en su anatomía cuya posición y orientación es necesario conocer (las articulaciones del cuerpo humano), estar en continuo movimiento y no poder utilizar ningún tipo de marcador visible al ser continuamente enfocados por las cámaras [3]. Sin embargo, es también este caso el que ofrece, en la actualidad, una mayor variedad de posibles sensorizaciones de bajo coste debido a que estas están generalmente orientadas a la interacción de usuarios con diferentes sistemas (ordenadores, consolas, etc.) estando específicamente pensadas para la detección de los usuarios y sus movimientos. Ejemplos de este tipo de sensores son los Microsoft Kinect [14], Asus Xtion Pro [9], Leap Motion [7] (para las manos del actor), Microsoft Kinect V2 [5], etc.

En un plató con la capacidad para realizar un tracking del presentador una de las mayores dificultades con las que este se encuentra es la de aprender a moverse e interactuar en el mundo virtual con naturalidad. El actor se mueve, generalmente, en un entorno monocromo en el que no tiene apenas referencias de la imagen que está siendo emitida. Así, su interacción con los diferentes elementos virtuales se complica debido por un lado a su invisibilidad en el mundo real y por otro al entrenamiento específico de gestos que el presentador debe aprender y ensayar antes de una emisión en directo. Para orientar al actor existen soluciones que, conociendo su posición en el mundo virtual y mediante el uso de actuadores que vibran, lanzan avisos cuando este se acerca a un objeto sintético, permitiéndole de este modo tener información sobre el entorno [1].

En este artículo se presenta un enfoque diferente para lograr que la interacción del presentador con el medio virtual sea más natural. Para ello se propone que sea el sistema el que aprenda los gestos naturales que el presentador utilizará en la realización de diferentes tareas durante la emisión de un programa en directo. Estos serán los gestos que finalmente conformen la interacción del actor con el plató virtual, evitando que sea el presentador quien tenga que aprender una serie de gestos predefinidos por el sistema y, por tanto, reduciendo el tiempo de entrenamiento previo necesario para el uso de esta tecnología. Al mismo tiempo se puede aventurar que se reducirá el estrés del actor a la hora de recordar y realizar los gestos correctamente. Para que esta nueva metodología de trabajo sea viable en un entorno real de producción ha de probarse la capacidad de los actuales sensores para el aprendizaje de la gestualidad natural de diferentes individuos. En este artículo se presenta un estudio preliminar realizado sobre 8 usuarios que evalúa la viabilidad de esta propuesta utilizando el sensor de bajo coste Kinect V2. A continuación se presentan, primero, los tipos de interacción que puede realizar un presentador en un plató virtual y como sensorizarlos de una forma transparente para el espectador y, seguidamente, un estudio que demuestra la validez del sensor Kinect V2 para el aprendizaje y posterior detección de gestos naturales de un presentador de televisión, así como las conclusiones obtenidas y el trabajo futuro a realizar.

2. INTERACCIÓN EN PLATÓS VIRTUALES DE TELEVISIÓN

En un plató virtual de televisión la interacción del presentador con el medio se basa en tres elementos distintos: la posición del actor respecto a los objetos virtuales, la interacción directa del presentador con estos objetos (manipulación, colisiones, etc.) y la detección de gestos que lanzan acciones en el entorno.

Para detectar la posición del presentador respecto al mundo virtual se debe obtener una posición de referencia del mismo respecto a un origen común en ambos mundos. Conociendo este dato y la posición de los diferentes objetos virtuales se puede calcular si el actor se sitúa delante o detrás de un elemento e incluso si varía su posición relativa en tiempo real.

Por otro lado, el presentador puede manipular o incluso chocar con modelos 3D. El realismo y la sensación de presencia de la imagen dependerán en gran medida de la reacción del mundo virtual a estas interacciones con el real. Si un presentador choca con un objeto generado por ordenador este debe desplazarse coherentemente. Para que este tipo de interacción sea posible es necesario tener información sobre la anatomía completa del actor, ya que cualquier parte de su cuerpo puede "entrar en contacto" con el mundo virtual. Del mismo modo, si se desea que el presentador tenga la capacidad de manipular objetos, ha de conocerse la posición de sus manos y los movimientos que estas realizan o la posición de un objeto real manipulable que será substituido por uno virtual (como un libro [8], una pantalla (Figura 3), etc.) en la imagen final a emitir.

Por último, en el proceso de detección de gestos, la sensorización necesaria dependerá del tipo de gestos que se deseen capturar. Un gesto de interacción puede ir desde un movimiento muy sutil de los dedos de una mano hasta grandes desplazamientos que impliquen el movimiento del cuerpo del actor al completo. Así mismo, se pueden detectar dos tipos de gestos (principalmente): estáticos, basados en posiciones fijas, o dinámicos, que implican movimientos. Dependiendo de qué tipo de gesto se vaya a utilizar deberán aplicarse tecnologías diferentes para su detección, ya que en los dinámicos entra en juego el factor tiempo.

Estos tres tipos de interacción pueden conseguirse utilizando diferentes tipos de sensores de bajo coste disponibles en la actualidad, incluso pueden combinarse distintas tecnologías para conseguir una solución óptima para cada casuística. Por ejemplo: se puede realizar la captura de la posición del presentador mediante cámaras de infrarrojos y marcadores ocultos a las cámaras reales (bien por su posición en el cuerpo del presentador o bien por estar tapados en la imagen final por un objeto virtual) y realizar un seguimiento de las manos del mismo utilizando sensores como el Leap Motion [4] para permitirle manipular objetos, realizar gestos, etc. Existen, también, sensores que permiten los tres tipos de interacción, ya que capturan la fisionomía completa del presentador. Ejemplo de este tipo de sensores son el Microsoft Kinect, el Asus Xtion Pro y el Microsoft Kinect V2.



Figura 3. Presentadora manipulando un objeto virtual

3. PLANTEAMIENTO

En el día a día se pueden ver presentadores en la televisión que comparten espacio en la pantalla con elementos generados por ordenador. Este tipo de espacios van desde programas de política o informativos a programas deportivos o especiales en las diferentes noches electorales. En general, estos programas se caracterizan por el bajo nivel de interacción del presentador con los elementos virtuales del plató. Esta interacción se centra principalmente en un mando (visible para los espectadores) que le permite al actor lanzar contenidos, pero que limita la naturalidad de la interacción y por tanto su integración en el mundo sintético. Generalmente, cuando el presentador no maneja un mando, la interacción está basada en coreografías ensayadas previamente para dar sensación de naturalidad, pero esta solo se logra tras largos procesos de entrenamiento y preparación por parte tanto del presentador como del equipo encargado de lanzar los efectos. Esto provoca una dilatación en los tiempos de preparación de una emisión y una gran dependencia del talento del presentador para realizar los gestos coreografiados de una forma natural.

En un plató virtual en el que el presentador esté sensorizado este proceso puede plantearse a la inversa: que el sistema aprenda los gestos naturales del presentador en lugar de que el presentador tenga que aprender una serie de gestos predefinidos por el sistema.

Los avances de la inteligencia artificial en los últimos años han hecho que esta se extienda a diferentes campos de aplicación, siendo uno de ellos el de la detección de gestos. Utilizando esta tecnología, los sistemas informáticos pueden aprender gestos a partir de una serie de ejemplos y detectar a posteriori, en tiempo real, cuando un movimiento tiene las mismas características que uno de los ejemplos aprendidos. Esto permite que sea el presentador quien cree los gestos que lanzarán efectos en directo dentro del plató virtual. Se plantea que, al utilizar la gestualidad natural del actor, la curva de aprendizaje para el manejo del entorno CGI será mucho más pronunciada y por tanto se acortarán los tiempos. Además, al realizarse la detección gestual automáticamente, se elimina el factor humano de coordinación entre el operador lanzando efectos y el presentador realizando gestos.

Para poder modificar el flujo de trabajo en un plató virtual de televisión y adaptarlo a esta nueva estructura se debe probar primero su viabilidad. Para esto es necesario un estudio de la capacidad de los actuales sensores de bajo coste para la detección de gestualidad natural a través de un proceso de aprendizaje utilizando técnicas de inteligencia artificial. El sensor empleado en este estudio, Kinect V2, se presenta en el siguiente apartado.

4. EL SENSOR KINECT V2

Para realizar el experimento se utilizó el sensor Kinect V2 por ser el que mejor se adapta a las características de la interacción planteada en los plátos virtuales de televisión. Esta evolución del periférico diseñado por Microsoft para su consola Xbox basa sus capacidades de tracking en una cámara que utiliza la tecnología de tiempo de vuelo [11] para reconstruir una imagen de profundidad del escenario que está capturando. Esta información, combinada con las características físicas que caracterizan al ser humano le permiten realizar un seguimiento de 26 partes del cuerpo de hasta seis personas en tiempo real. A partir de esta información se puede construir un esqueleto que representa al usuario (Figura 4) y analizar sus movimientos. El sensor funciona a una velocidad de refresco de 30 frames por segundo, lo que lo capacita para su uso en aplicaciones interactivas en tiempo real. Asimismo, el sensor dispone de una cámara de color con una resolución de 1920 x



Figura 4. Sensor Kinect (imagen superior) y esqueleto obtenido por el sensor (imagen inferior)

1080 pixels mientras que su sensor de profundidad captura 512 x 424 pixels permitiéndole una gran precisión a la hora de obtener una reconstrucción del mundo real en 3D. El dispositivo mejora, además, a su versión original en campo de visión, teniendo 70 grados en horizontal y 60 en vertical lo cual, unido a sus distancias de trabajo (entre 50cm y aproximadamente 4,5m de distancia al sensor), le permite obtener datos de un gran volumen de captura. Presenta un error variable en función de la distancia al sensor que va desde 2mm a 4mm [6] dentro del espacio de captura funcional (al acercarse al límite de los 4,5 m el error se multiplica y en un rango más cercano a los 50 cm no se realiza la captura). El SDK que incluye el sensor no solo permite acceder a toda la información del mismo (imágenes capturadas por la cámara de profundidad y color, posición 3D de los diferentes puntos del esqueleto capturado, etc.), si no que ofrece funciones avanzadas como el reconocimiento de voz a través de un conjunto de micrófonos incorporados en el dispositivo, o la detección de gestos del usuario en tiempo real. Esta última característica será la utilizada para realizar el estudio presentado en el presente artículo.

El conjunto de herramientas que se ponen a disposición de los desarrolladores incluye el software Kinect Studio V2.0, que permite grabar la información capturada por el sensor, y la aplicación Visual Gesture Builder que, a partir de una captura grabada con Kinect Studio, permite crear nuevos gestos de una forma ágil y sencilla. Para ello hace uso de la inteligencia artificial para, a partir de una serie de muestras de un determinado gesto, aprender las características del mismo y ser, a posteriori, capaz de detectarlo en tiempo real. El proceso a seguir para crear un gesto es, por tanto, el siguiente:

1. Se captura y graba al usuario interactuando con el sensor y realizando repetidas veces el gesto que se desea crear. Se realizan, como mínimo, dos capturas distintas que servirán una para entrenar al sistema y la otra como prueba para ver la eficacia de la detección.
2. Se realiza una caracterización de la interacción grabada, indicándole al sistema en qué momentos se realiza el gesto (cuando empieza y cuando termina)(Figura 5).
3. Se entrena al sistema utilizando el algoritmo adaboost [12] que hace uso de una serie de características obtenidas por el sensor para caracterizar el gesto que se está creando.

4. Se comprueba la eficacia de la detección del gesto utilizando los datos obtenidos en el paso 3 sobre una grabación de prueba.
5. Se genera un archivo que permitirá importar la detección del gesto programáticamente utilizando las herramientas específicas incluidas en el SDK de forma directa para el programador.

Siguiendo estos pasos se pueden crear infinitos gestos que, a posteriori, pueden ser utilizados en aplicaciones interactivas para conseguir una interacción más natural por parte del usuario, reduciendo el tiempo de aprendizaje necesario y aumentando la comodidad de uso.

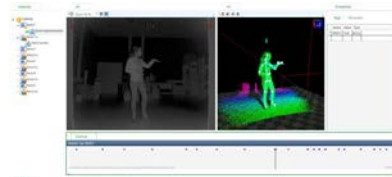


Figura 5. Interfaz de la aplicación Visual Gesture Builder durante el proceso de marcado de los gestos.

5. ESTUDIO PRELIMINAR REALIZADO

El estudio preliminar realizado trata de sentar las bases para un posterior estudio en profundidad que confirme o desmienta la capacidad del sensor Kinect V2 para capturar gestos naturales de interacción utilizando las herramientas de inteligencia artificial que se ofrecen con el mismo y posteriormente aplicarlos al entorno de los platós virtuales de televisión. Para ello se ha dispuesto de tres muestras de usuarios diferenciadas: cuatro sujetos sin ninguna experiencia en platós virtuales de televisión, tres usuarios con poca experiencia en este tipo de entornos pero que conocen el medio (estudiantes de Comunicación Audiovisual) y un presentador de televisión profesional experimentado en el uso de estudios virtuales. El tamaño reducido de los grupos viene determinado por la dificultad de conseguir voluntarios con las características requeridas (especialmente el grupo de expertos) y por tratarse de un estudio preliminar que pretende vislumbrar posibles potencialidades del sensor de cara a un estudio de mayor profundidad. Se han definido estos tres grupos diferentes de usuarios para observar posibles diferencias en el tipo de gestualidad y su reacción frente a la tecnología utilizada. A todos los sujetos se les ha pedido que definan cinco gestos que ellos propondrían para lanzar cinco efectos distintos en tiempo real sin poner ningún tipo de condición previa como limitaciones del sensor, partes del cuerpo a utilizar en el gesto, etc. Para ello se les ha dado un tiempo límite de un minuto por gesto (de forma que estos sean lo más intuitivos posible). Se han grabado dos series del sujeto hablando a cámara y utilizando un determinado gesto y posteriormente se han utilizado una para entrenar al sistema y la otra para evaluar la calidad de detección.

Los efectos a lanzar definidos en el experimento son los siguientes:

1. Lanzar la aparición de una gráfica desde el suelo. Hacer que aparezca de modo creciente un gráfico que aparente estar saliendo del suelo.
2. Lanzar el paso a un nuevo vídeo dentro de una de las pantallas virtuales presentes en el plató. Ejemplo de esto

es el cambio de mapa durante la presentación de la predicción meteorológica.

3. Dar paso a un vídeo a pantalla completa. El plató desaparece de la pantalla que es ocupada por un vídeo. Ejemplo de esto es la entrada de una noticia en un telediario.
4. Hacer aparecer un objeto virtual en la mano del presentador. El presentador hace un gesto que provoca la aparición de un objeto virtual (una pantalla, una tablet, etc.) manipulable en su mano.
5. Lanzar una animación de borrasca en el mapa del tiempo durante la presentación de la predicción meteorológica.

Los efectos planteados combinan acciones cotidianas que se pueden ver a menudo en televisión (acciones 2, 3 y 5) con efectos menos comunes (1 y 4) que permitan comprobar si hay alguna diferencia por parte del usuario a la hora de crear gestos específicos. Por otro lado se combina una acción muy específica (hacer aparecer una borrasca en un mapa) con acciones más generales (como dar paso a un vídeo que puede tener cualquier tipo de contenido).

En paralelo a la captura de información por parte del sensor se realizó una observación del comportamiento y reacciones de los usuarios durante el proceso de creación y grabación de los gestos. Finalmente se realizaron entrevistas personales para conocer las impresiones de los usuarios respecto a la idea principal del estudio (el aprendizaje por parte del sistema de los gestos realizados por el usuario) y sus sensaciones durante el proceso de grabación de los mismos.

6. RESULTADOS

Para el análisis de los resultados se han contabilizado los falsos positivos y falsos negativos aparecidos durante la evaluación de los diferentes gestos al utilizar el resultado del entrenamiento sobre la grabación realizada para el control. Estos resultados se han agrupado de dos formas distintas: por grupo de pertenencia (no expertos, usuarios con conocimientos y experto) y por gesto.

Por grupo de pertenencia los usuarios no expertos han sido los que han presentado un menor número de falsos positivos y falsos negativos global (Figura 6). Esto puede venir dado por la simpleza y claridad de los gestos escogidos por este grupo. Intuitivamente han realizado movimientos bien diferenciados unos de otros y alejados de lo que es la expresión habitual de una persona mientras habla, alejándolos de la zona frontal entre el pecho y el abdomen, donde la mayor parte de la gesticulación natural tiene lugar. Esto le permite al sistema diferenciar cuando el usuario está simplemente exponiendo un tema y cuando está realizando un gesto. Los usuarios con conocimientos del medio han realizado gestos más complejos e indefinidos, por lo que el sistema ha tenido más problemas a la hora de identificarlos ya que en ciertas ocasiones se confundían con gestualidades naturales de expresión al hablar a la cámara. Esto se debe a que, pensando en el televidente, han buscado movimientos que no resultaran llamativos o confusos para el espectador, llevando en ocasiones al sistema a fallar detectando falsos positivos y falsos negativos. Por otro lado, el experto es el sujeto que logra un 100% de acierto en la detección de más gestos (tres de los cinco), sin embargo, su mayor grado de error en el caso 1 hace que, globalmente, acumule más errores que los usuarios no expertos. No obstante, observando al experto durante el estudio y sus gestos se puede afirmar que se encuentra en el punto medio entre la claridad de los usuarios no expertos y el pensar continuamente en el televidente y la capacidad comunicativa del movimiento, logrando altas tasas de

acierto por parte del sistema con gestos bien diferenciados, claros y naturales.

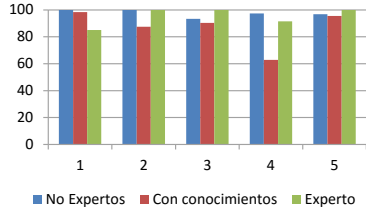


Figura 6. Porcentaje de acierto del sistema, por grupo de usuarios, en la detección de los cinco gestos propuestos.

En cuanto a la caracterización global de los diferentes gestos, todos son reconocidos con más de un 94% de acierto excepto en el caso 4: "hacer aparecer un objeto virtual en la mano del presentador" (Figura 7). Esto se explica por la naturaleza de los gestos realizados y las limitaciones del sensor (visibilidad del gesto desde el sensor, claridad del gesto realizado, etc.). Los usuarios tienden a situar ambas manos delante del cuerpo, entre la cintura y el pecho, una zona en la que, al expresarnos naturalmente, acostumbramos a moverlas. De esta forma se dificulta al sistema la diferenciación entre cuando se está realizando un gesto y cuando no, disparando los falsos positivos hasta el 16% en global, pero llegando al 47% en algún caso individual. En cuanto a los tipos de gestos realizados varían desde los que son muy similares en todos los usuarios (caso 1, caso 2 y caso 5) y los que presentan una mayor variabilidad (caso 3 y caso 4). Esto se debe a que los primeros son casos reales que se ven habitualmente en televisión y que tienen una clara similitud con una interfaz táctil con la que hoy en día estamos muy familiarizados (manipular pantallas, arrastrar objetos, etc.), lo que hace que todos los sujetos acaben optando por propuestas similares. En los casos 3 y 4, sin embargo, no sólo se presentan gestualidades diferentes en cada usuario, si no que durante la realización del estudio fueron los casos en los que más dudas aparecieron en los sujetos y más tiempo necesitaron para proponer un gesto que les resultase intuitivo. Estos dos casos son casuísticas que ningún usuario había visto (que el presentador de paso a un vídeo en pantalla completa con un gesto y hacer aparecer un objeto virtual en su mano) y por ello presentan una mayor variabilidad, no afectando esto, sin embargo, a la capacidad del sensor para detectar los gestos finalmente propuestos.

Por otro lado cabe destacar, también, que, en general, el sistema produce más falsos positivos que falsos negativos, tendiendo a confundir movimientos naturales de las manos durante la expresión oral con gestos predefinidos. Sin embargo, puede afirmarse que el porcentaje de acierto del sistema es muy alto (mayor del 94% en casi todos los casos) utilizando solamente 20 repeticiones como muestra de entrenamiento (por motivos de tiempo disponible por parte de los sujetos), lo que permite aventurar que con un entrenamiento más intenso (con más muestras de entrenamiento y grabaciones de mayor duración) en un entorno de producción los resultados aquí presentados podrían ser mejorados.

Durante la realización del estudio se mantuvo una entrevista informal con los diferentes sujetos con el fin de conocer su

opinión sobre el paradigma de control en plató propuesto. De entre las opiniones recabadas cabe destacar la del experto, que afirmó que de funcionar el sistema supondría un gran avance para el estado actual de la tecnología. Durante la entrevista informó de que, para la preparación de un programa de presentación de los resultados electorales, el tiempo de ensayos previos en el plató virtual había sido de cuatro semanas a tiempo completo y que el tener una opción de bajar los tiempos necesarios facilitando la interacción del presentador era algo realmente necesario en la industria. Asimismo, destacó que la interacción gestual propuesta (que el presentador sea capaz de modificar el entorno en lugar de usar mandos o coreografías previamente entrenadas) supondría un gran avance comunicativo en diferentes tipos de programas, especialmente los informativos.

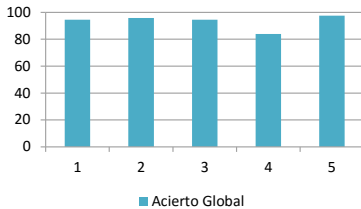


Figura 7. Porcentaje de acuerdo global del sistema en la detección de cada uno de los cinco gestos propuestos.

7. CONCLUSIONES

Se ha realizado un estudio para demostrar la viabilidad del uso del sensor de bajo coste Kinect V2 para la detección de gestos naturales por parte de un presentador en un plató virtual de televisión. Se ha obtenido un porcentaje de acierto en el reconocimiento superior al 94% en 4 de los 5 casos planteados. Estos resultados han sido obtenidos utilizando como muestra de entrenamiento una grabación con tan sólo 20 repeticiones del gesto, lo que permite intuir que podrían ser mejorados incrementando y mejorando el conjunto de aprendizaje. Por tanto, de este estudio preliminar, se deduce que el sensor empleado puede ser apto para su uso en platós virtuales de televisión.

El proceso seguido permite, además, validar el uso de la Inteligencia Artificial para el aprendizaje, por parte del sistema, de gestos naturales propuestos por los presentadores. Esto permite cambiar el proceso de preparación de un programa de televisión que haga uso de platós virtuales reduciendo el tiempo de entrenamiento necesario por parte del presentador al ser él mismo el que diseña e implementa los gestos que a posteriori lanzarán efectos en tiempo real. Por otro lado esta tecnología permite eliminar la coordinación necesaria entre un operario lanzando efectos y el presentador realizando gestos, al ser estos detectados automáticamente. Todo esto en conjunto tiene como resultado una reducción de tiempos, costes y posibles errores humanos en la emisión final, dando respuesta a una de los grandes problemáticas de la tecnología de platós virtuales de televisión para emisiones en directo.

Como trabajo futuro se plantea la realización de un estudio más en profundidad, aumentando tanto el número de sujetos (especialmente de expertos) como aumentando la muestra de

entrenamiento, buscando las condiciones óptimas del sistema para definir la viabilidad de su uso en producciones profesionales. Asimismo, en caso de confirmarse las expectativas planteadas por este estudio preliminar, se plantea el uso de esta tecnología para la grabación de un programa en el que los efectos visuales sean lanzados por el presentador mediante la detección de gestos naturales del mismo previamente aprendidos por el sistema.

8. AGRADECIMIENTOS

Alfonso Hermida, Carla Capeáns, Diego Coughil, Elena Fernández, Eva Sarmiento, Manuel Antonio Regueiro, María Novoa y Vanessa Fornis por su colaboración e ideas.

9. REFERENCIAS

- [1] B. Weber, S. Schätzle, T. Hulin, C. Preusche, B. Deml. 2011. "Evaluation of a vibrotactile feedback device for spatial guidance". *World Haptics Conference (WHC), 2011 IEEE*. pp. 349-354.
- [2] G. Thomas. 2006. "Mixed reality techniques for TV and their application for on-set and pre-visualization in film production". *International Workshop on Mixed Reality Technology for Filmmaking*. pp. 31-36.
- [3] J. Daemen, P. Haufs-Brusberg, J. Herder. 2013. "Markerless actor tracking for virtual (TV) studio applications". *Awareness Science and Technology and Ubi-Media Computing (iCAST-UMEDIA), 2013 International Joint Conference on. Aizawakamatsu*. pp. 790-796.
- [4] J. Guna, G. Jakus, M. Pogacnik, S. Tomazic, J. Sodnik. 2014. "An Analysis of the Precision and Reliability of the Leap Motion Sensor and Its Suitability for Static and Dynamic Tracking". *Sensors*. 14, pp.3702-3720.
- [5] Kinect - Windows app development. 2016. Consultado el 20 de abril de 2016 en <https://developer.microsoft.com/en-us/windows/kinect/navV3Index=1>
- [6] L. Yang, L. Zhang, H. Dong, A. Alelaiwi, A. El Saddik. 2015. "Evaluating and Improving the Depth Accuracy of Kinect for Windows v2". *IEEE Sensors Journal*, 15, 8. pp.4275-4285.
- [7] Leap Motion | Mac & PC Motion Controller for Games, Design, Virtual Reality & More. 2016. Consultado el 19 de abril de 2016 en <https://www.leapmotion.com/>
- [8] M. Billinghurst, H. Kato, I. Poupyrev. 2001. "The MagicBook: A Transitional AR Interface". *Computers and Graphics*. 25, 5, pp 745-753.
- [9] Multimedia | XtionPRO LIVE | ASUS. 2016. Consultado el 19 de abril de 2016 en https://www.asus.com/3D-Sensor/Xtion_PRO_LIVE/
- [10] Q. Xiao, G. Zhao, R. Li. 2008. "Three-Dimensional Low Cost Virtual Studio System." *Knowledge Acquisition and Modeling, 2008. KAM '08. International Symposium on, Wuhan*. pp. 741-744.
- [11] R. Lange and P. Seitz. 2001. "Solid-state time-of-flight range camera". *IEEE Journal of Quantum Electronics*. 37, 3. pp. 390-397.
- [12] Y. Freund, R. E. Schapire. 1999. "A Short Introduction to Boosting". *Journal of Japanese Society for Artificial Intelligence*. 14, 5. pp. 771-780.
- [13] Z. Gang, M. Tingfu, D. Chen, Q. Lily, M. Gao. 2008. "Research on low-cost virtual studio system for education

resource authoring". *IT in Medicine and Education, 2008. ITME 2008. IEEE International Symposium on, Xiamen*. pp. 198-201.

- [14] Z. Zhang. 2012. "Microsoft kinect sensor and its effect". *IEEE MultiMedia*. 19, 2. pp. 4-10.

Interacción Natural (III)

Accesibilidad Móvil: *Head-tracker* para Personas con Discapacidad Motora

Cristina Manresa-Yee
Department of Mathematics
and Computer Science
Universitat de les Illes Balears
Crta. Valldemossa km 7.5
07122, Palma, SPAIN
cristina.manresa@uib.es

Maria Francesca Roig-Maimó
Department of Mathematics
and Computer Science
Universitat de les Illes Balears
Crta. Valldemossa km 7.5
07122, Palma, SPAIN
xisca.roig@uib.es

Javier Varona
Department of Mathematics
and Computer Science
Universitat de les Illes Balears
Crta. Valldemossa km 7.5
07122, Palma, SPAIN
xavi.varona@uib.es

ABSTRACT

Los dispositivos móviles han crecido exponencialmente durante los últimos años, y su uso entre la población con discapacidad también se ha popularizado. Aunque se han realizado esfuerzos para mejorar la accesibilidad al contenido móvil y a los propios dispositivos, algunos usuarios con discapacidad motora encuentran dificultades a la hora de utilizarlos de forma completa. En este trabajo se describe una interfaz basada en visión por computador, específicamente un *head-tracker*, que permite interactuar con el dispositivo móvil sin necesidad de contacto y se presentan los resultados obtenidos en su evaluación con usuarios sin discapacidad y usuarios con limitaciones motoras.

CCS Concepts

- Human-centered computing → Human computer interaction (HCI) → Interaction techniques → Gestural input
- Human-centered computing → Human computer interaction (HCI) → HCI design and evaluation methods
- Human-centered computing → Accessibility

Keywords

Interfaz basada en visión; Head-tracker; Accesibilidad; Discapacidad motora; Interacción persona-ordenador; Dispositivo móvil; Evaluación

1. INTRODUCCIÓN

El uso de dispositivos móviles -teléfonos inteligentes y *tablets*- ha crecido exponencialmente en los últimos años y son utilizados para múltiples funciones, no únicamente para satisfacer necesidades comunicativas [8]. Los dispositivos móviles también se han popularizado entre la población con discapacidad y suelen adquirir productos de consumo masivo en vez de productos diseñados para ellos [24], especialmente *tablets* debido a su mayor tamaño [33]. Consecuentemente, es básico que el contenido móvil sea accesible de forma perceptual, cognitiva y física para todos los usuarios [40], por lo que hay que tener en consideración las guías y buenas prácticas existentes [4, 40] al igual que las funcionalidades que incluyen las APIs de las principales

plataformas para desarrolladores [29, 36, 37].

Aunque el método de interacción más común en estos dispositivos es la interacción táctil, los usuarios con limitaciones físicas, especialmente en las extremidades superiores, pueden encontrarse con barreras a la hora de acceder a ellos [1, 33]. Estos usuarios pueden acceder a través de pulsadores externos conectados al dispositivo, pero la integración de diferentes sensores en el dispositivo móvil -acelerómetros, giroscopios o cámaras- permite hoy en día diseñar nuevas formas de interacción basadas en la información proveniente de estos sensores sin necesidad de dispositivos adicionales.

Desde la aparición de cámaras frontales en los dispositivos móviles, se puede capturar la imagen de la persona mientras visualiza la pantalla sin necesidad de dispositivos externos. Por lo tanto, el usuario puede interactuar sin contacto físico a través de gestos o movimientos de su cuerpo. Estos tipos de sistemas han sido probados en contextos de ordenadores de sobremesa o portátiles con éxito [6, 28] y su uso en dispositivos móviles empieza a emerger tanto para ocio [39] como para accesibilidad [15].

El objetivo del trabajo es presentar una interfaz basada en visión -una interfaz que utiliza técnicas de visión por computador para percibir al usuario y sus acciones para ser utilizadas en un contexto de interacción persona-ordenador - para dispositivos móviles que permite interactuar con él a través de movimientos de cabeza (*head-tracker*). Para comprobar su usabilidad, se ha realizado una evaluación en laboratorio con usuarios sin discapacidad física y una evaluación piloto con cuatro personas con esclerosis múltiple (EM). La EM es una enfermedad del sistema nervioso central, que causa síntomas muy dispares que varían entre las diferentes personas: parálisis, entumecimiento, espasticidad, alteraciones de sensibilidad o trastornos visuales, entre otros síntomas.

El trabajo se estructura de la siguiente forma: en la Sección 2 se revisan trabajos relacionados. En la Sección 3 se describe la interfaz basada en visión. Las Secciones 4 y 5 presentan la evaluación llevada a cabo y los resultados obtenidos en el laboratorio con usuarios sin discapacidad y en una asociación de personas con EM. Finalmente, se discuten los resultados y se plantean las líneas futuras de trabajo.

2. TRABAJOS RELACIONADOS

En esta sección se listan trabajos y tecnologías relacionados con métodos de interacción para dispositivos móviles para personas con discapacidad e interfaces basadas en visión para dispositivos móviles, especialmente aquellas cuyo objetivo sea el de simular la interacción táctil. Existen ayudas técnicas para acceder al

dispositivo móvil tanto integradas en el sistema operativo como a través de desarrollos de terceros [25].

Para usuarios con limitaciones visuales, las soluciones propuestas se dirigen hacia el canal táctil, vocal y auditivo [16]. La entrada puede realizarse a través de control por voz (p.e. *SIRI* en iOS o *Google Now* en Android) y la salida a través de retroalimentación auditiva (p.e. *VoiceOver* en iOS, *Talkback* en Android) o táctil (p.e. *Google BrailleBack* que permite conectar dispositivos braille actualizables a través de Bluetooth o representando con vibraciones el alfabeto Braille directamente sobre la pantalla del dispositivo móvil [22]). También hay ampliadores de pantallas y ajustes de fuentes, contrastes y colores, para aquellos usuarios con baja visión.

Los usuarios con problemas auditivos, se benefician de las configuraciones para ajustar configuraciones de llamada (p.e. volumen o tono), alertas vibratorias o luminicas, o ayudas auditivas externas (p.e. audífonos *Made for iPhone* en iOS que se conecta a través de Bluetooth [9]).

En el caso de usuarios con discapacidad física, éstos también pueden utilizar sistemas de control por voz, pulsadores externos conectados al dispositivo móvil y ajustes para definir (p.e. *Assistive Touch* de iOS) o facilitar [5] los gestos necesarios para la interacción. Los ampliadores de pantallas también pueden favorecer a este perfil de usuario para facilitarles la selección. Además de las ayudas mencionadas, los usuarios con discapacidad física que no pueden hacer uso de las extremidades superiores pueden utilizar interfaces basadas en visión por computador, que no requieren contacto con el dispositivo. Un ejemplo de aplicación basada en visión es la *Smart Screen* de Samsung Galaxy S4, que utiliza la mirada para realizar desplazamientos en documentos o mantener la pantalla encendida mientras el usuario mire [32].

En cuanto a las interfaces basadas en visión para dispositivos móviles, existen sistemas interactivos que realizan el seguimiento de la cara/cabeza del usuario para interactuar con una aplicación en particular con diferentes objetivos: determinar el punto focal del usuario [12], visualizar imágenes [17, 23], navegar en escenas 3D [7] o jugar a videojuegos [13, 17–19, 21, 34]. Si el objetivo final es la accesibilidad, existen la aplicación *EVA Facial Mouse* [14] o el proyecto en progreso *Go Ahead* [15] para sistemas Android. Ahora bien, hay una falta de trabajos que analicen la usabilidad de estos sistemas con usuarios con discapacidad.

La investigación sobre la evaluación de la usabilidad y/o experiencia de usuario de estos sistemas en dispositivos móviles es escasa. Cuaresma y Mackenzie [13] compararon la precisión y la velocidad de un juego controlado por el giroscopio o por una interfaz basada en visión que realizaba el seguimiento de la posición de la cabeza con usuarios sin discapacidad. Los resultados de rendimiento fueron mejores con la interfaz basada en giroscopio, pero se destacó la diversión generada por el sistema basado en visión y algunos usuarios comentaron cierta fatiga generada por éste. Además, en el trabajo presentado en [17] se listan características y retos a los que se tienen que enfrentar los diseñadores de interfaces basadas en el seguimiento de los movimientos de la cabeza, pero no presentan ninguna evaluación.

3. EL SISTEMA

El diseño del sistema ha sido realizado teniendo en cuenta las recomendaciones listadas en [27] para el diseño de interfaces basadas en visión que reemplazan dispositivos de entrada y se basa en un diseño previo para ordenadores de sobremesa [35]. La

interfaz se ha implementado para iOS y se ha utilizado OpenCV para el procesamiento de los fotogramas de la cámara, y la API nativa de iOS para la detección de caras. La interfaz realiza el seguimiento de características sobre la nariz y las transforma en un punto sobre la pantalla del dispositivo móvil. En la Figura 1 se observa el funcionamiento global del sistema. El proceso está dividido en dos fases principales dependiendo de si se ha encontrado o no al usuario: Detección y Seguimiento.

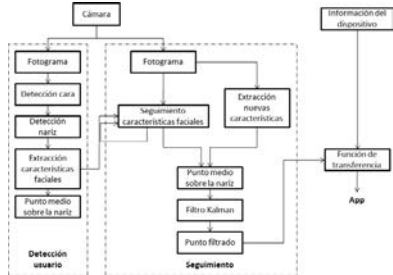


Figura 1. Funcionamiento del sistema [30].

La Detección es la fase responsable de detectar al usuario a través de (1) detectar la cara, (2) detectar la región de la nariz, (3) extraer las características óptimas sobre la región de la nariz teniendo en cuenta parejas de características simétricas que se encuentren a ambos lados de la nariz y (4) calcular el punto medio de todas esas características.

La fase de Seguimiento se encarga de realizar el seguimiento de todas las características óptimas utilizando el algoritmo clásico de Lucas-Kanade [10], descartar aquellas que se desplacen más de un valor predefinido, incorporar características nuevas sin que el usuario lo perciba cuando éste mira hacia el frente (para ajustar de forma continua el punto sobre la nariz) y filtrar la posición final.

Finalmente, la posición final calculada (colocada sobre la nariz) se envía a una función de transformación, Φ , que decidirá que uso se le da al seguimiento de la nariz del usuario. En este caso, la función transforma la posición final, $\mathbf{v} = (v_x, v_y)$, a una posición en la pantalla, $\mathbf{p} = (p_x, p_y)$, en cada instante de tiempo, t , considerando una ganancia¹ (s_x, s_y) (que fue analizada en un trabajo previo [31]).

Una vez el usuario mantiene la cabeza estable durante unos segundos, el puntero aparece en el centro de la pantalla del dispositivo. Su tamaño se ha agrandado a 40 px² de diámetro para facilitar su visibilidad a aquellos usuarios que presenten una discapacidad visual. Para simular una pulsación sobre pantalla, se mantiene el centro del puntero sobre una región durante 1000 ms. En la Figura 2 se ve un ejemplo del movimiento de la cabeza y la retroalimentación sobre la pantalla del dispositivo móvil. Se

¹ Relación entre el movimiento o la modificación de un indicador sobre la pantalla y el movimiento de un mando [38].

² Puntos Apple. Ver nota al pie 3

redirigir al lector a [30] para conocer los detalles técnicos y de implementación de la interfaz.

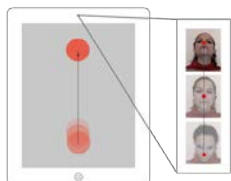


Figura 2. Ejemplo de funcionamiento de la imagen procesada y la retroalimentación en la tablet.

4. EVALUACIÓN

Se realizaron dos evaluaciones con la interfaz: la primera en condiciones de laboratorio con usuarios sin discapacidad para comprobar la robustez y posibilidad de utilización del sistema de forma cómoda, eficaz y eficiente y para contar con una línea base de comparación de resultados. Después se contactó con una asociación que asiste a personas con EM para valorar el sistema como sistema de acceso con personas con limitaciones físicas.

4.1 Tareas

En la evaluación se plantearon dos tareas para comprobar que se podía acceder a todas las zonas de la pantalla y que se podía mantener el puntero en una zona específica para generar una pulsación.

La primera tarea (T1) era de movimiento multidireccional donde se presentaba la pantalla del dispositivo completamente cubierta por bloques que desaparecían al pasar por encima de ellos con el puntero (ver Figura 3). La segunda tarea (T2) era de adquisición de objetivos en la pantalla que estaban organizados simulando la pantalla inicial del iOS sobre el iPad (ver Figura 4). No se exigía ningún orden establecido para ir descubriendo los bloques o adquiriendo los objetivos y no había un límite de intentos.

Se trabajó con tres tamaños para los bloques de T1 y para los objetivos en T2: 44 px, 76 px y 132 px. Estos tamaños se seleccionaron siguiendo las guías de diseño de interfaces para iOS [2], donde se menciona que el tamaño óptimo es de 44x44 px para los elementos de interfaz de usuario y 76x76 px para los iconos de las aplicaciones. El tamaño de 132x132 px se seleccionó para simular una ampliación realizada con un amplificador de pantalla.

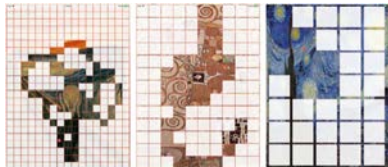


Figura 3. Tarea T1 de movimiento multidireccional con bloques de 44, 76 y 132 px.

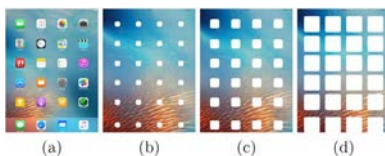


Figura 4. a) Pantalla inicial del iPad y b) c) d) Tarea T2 de adquisición de objetivos cuyo tamaño es de 44, 76 y 132 px.

4.2 Participantes

En la evaluación en el laboratorio se contó con la participación de 12 voluntarios [20], cuatro mujeres y ocho hombres, sin discapacidad física cuyas edades estaban comprendidas entre los 20 y los 71 años ($m=34.8$, $SD=18.3$). Ninguno de los usuarios tenía experiencia previa con este tipo de interfaces.

Para realizar una evaluación inicial con usuarios con discapacidad, en la asociación de EM, el fisioterapeuta y la terapeuta ocupacional seleccionaron cuatro usuarios, dos mujeres y dos hombres, cuyas edades estaban comprendidas entre los 46 y 67 años. Todos los participantes tenían cierto control cefálico y estaban interesados en las nuevas tecnologías. Además, todos presentaban una dependencia total para realizar las actividades básicas e instrumentales de la vida diaria y ninguno tenía experiencia previa con sistemas similares. Debido a las características tan particulares de cada usuario, se presenta el perfil para los cuatro usuarios:

El Us1 tiene EM y presenta una tetraparesia. Movilidad discreta de la extremidad superior izquierda a nivel distal. Presenta déficit de control de tronco y en el control cefálico tiene ciertas limitaciones debido a la rigidez muscular. Además tiene trastornos visuales.

El Us2 tiene EM y presenta una tetraparesia con déficit de control del tronco. Cuenta con control cefálico pero con cierta limitación del movimiento debido a la rigidez muscular. Además presenta pérdida de agudeza visual.

El Us3 tiene leucodistrofia y presenta una falta de control motor de las extremidades inferiores y superiores izquierdas. Tiene cierta destreza manual a nivel de la extremidad superior derecha. Falta de control del tronco y cuenta con una discreta limitación a nivel de control cefálico. Presenta movimientos espasmódicos involuntarios generalizados y puntuales. Además tiene cierta pérdida de agudeza visual.

El Us4 tiene EM y presenta una tetraparesia de predominio izquierdo y cierto grado de actividad motora voluntaria a nivel de la extremidad superior derecha que le permite realizar alguna manipulación o pinza pero con escasa repercusión a nivel funcional. Déficit de control del tronco.

4.3 Procedimiento

Las evaluaciones con los usuarios sin discapacidad física se llevaron a cabo en un laboratorio de la universidad y en el caso de los usuarios con EM, en una sala tranquila de la asociación. En todos los casos, los usuarios estaban sentados cuando realizaron las tareas y se utilizó el mismo dispositivo móvil, un iPad Air (resolución 2048x1536, 264 dpi)³.

³ Esto implica una resolución de 1024x768 puntos Apple. En el trabajo, se hará referencia a los puntos Apple como px.

Inicialmente se realizó una introducción al sistema a los usuarios, se colocó el iPad sobre un soporte para que la imagen capturada por la cámara contuviera la cara del usuario en el centro de la imagen (ver Figura 5) y se permitió probar el sistema sin ninguna tarea específica. Después, se realizó primero la tarea T1, para que el usuario se acostumbrara a este nuevo tipo de interacción, y posteriormente la tarea T2.



Figura 5. Colocación de la tablet respecto al usuario.

El tamaño de los bloques u objetivos se presentaba de forma aleatoria para no favorecer a ninguna de las condiciones. En la evaluación en laboratorio, las condiciones se repitieron dos veces cada una en dos sesiones seguidas. En el caso de los usuarios con EM, se pretendía seguir el mismo procedimiento, pero para evitar la fatiga de los usuarios, finalmente sólo se realizó una sesión con las tres condiciones de tamaño presentadas de forma aleatoria.

Por lo tanto, en la tarea T1 se presentaron en cada sesión: 391 bloques de 44 px, 130 bloques de 76 px y 35 bloques de 132 px. Para la tarea T2, había 24 objetivos para cada condición de tamaño.

El tiempo necesario para realizar las tareas no se limitó, pero un usuario podía decidir no finalizar alguna de las pruebas si lo deseaba debido al cansancio o dificultad de la prueba.

Los datos que se registraron para ambas tareas eran: la secuencia de bloques descubiertos o los objetivos seleccionados y el instante de tiempo en que se destaparon o se seleccionaron los objetivos.

Finalmente, los participantes rellenaron el cuestionario SUS (System Usability Scale) [11] y un cuestionario de confort basado en el anexo de ISO 9241-411 [38] con las siguientes preguntas cuya respuesta era una escala de Likert de siete puntos:

- Q1. Suavidad de empleo [1 Muy rugoso - 7 Muy liso]
- Q2. Esfuerzos requeridos para la actuación [1. Muy alto - 7 Muy bajo]
- Q3. Exactitud [1 Muy inexacto - 7 Muy exacto]
- Q4. Velocidad de empleo [1 No aceptable - 7 Aceptable]
- Q5. Comodidad general [1 Muy incómodo - 7 Muy cómodo]
- Q6. Funcionamiento global [1 Muy difícil (uso) - 7 Muy fácil (uso)]
- Q7. Fatiga del cuello [1 Muy alta-7 Ninguna]

Por cuestiones de tiempo, los dos últimos usuarios con discapacidad física no pudieron completar los cuestionarios.

5. RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados de forma agrupada para la evaluación en el laboratorio y para que sirvan de base para comparar con los resultados de los usuarios con discapacidad física. Después, se presentan los resultados de forma individual para los usuarios con discapacidad motora debido a la gran variabilidad en sus características.

5.1 Usuarios Sin Discapacidad Motora

5.1.1 Tarea 1: Movimiento multidireccional

Los 12 usuarios completaron con éxito la tarea T1 con un tiempo medio de 579.5 s para el tamaño de bloque más pequeño de 44 px, 58 s para el tamaño de 76 px y 20.4 s para el tamaño de 132 px. Además, se observó que los usuarios seguían un orden a la hora de descubrir los bloques, fila a fila o columna a columna (ver Figura 6a), lo que puede significar que los usuarios dirigían el puntero a zonas deseadas.

5.1.2 Tarea 2: Adquisición de objetivos

Una vez más, los 12 usuarios sin discapacidad física realizaron con éxito la Tarea 2 (T2) para todas las condiciones con un tiempo de 73s para el objetivo más pequeño de 44px, 20.1s para el de 76px y 34.5s para el de 132px. Las diferencias eran estadísticamente significativas ($F_{2,22} = 178.5, p < .001$). Una comparación por pares ajustados con la corrección de Bonferroni, demostró diferencias significantes entre todos los pares ($p < .05$).

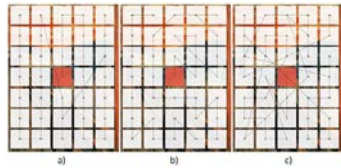


Figura 6. Ejemplo de orden para a) usuario sin discapacidad, b) usuario con EM que sigue un orden y c) usuario con limitaciones motoras que debido a sus dificultades de movimiento, no sigue un orden.

Aunque sería necesario realizar un análisis exhaustivo de las trayectorias, en la Figura 7 se puede observar un ejemplo de las trayectorias seguidas para seleccionar los objetivos: empezando por el centro y sin generar un número excesivo de re-entradas⁴, cambios de trayectoria del movimiento⁵ ni cambios de trayectoria ortogonales⁶ entre objetivos [26].

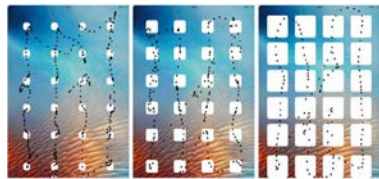


Figura 7. Ejemplo de trayectorias de los usuarios sin discapacidad.

⁴ El puntero entra en el objetivo, sale y vuelve a entrar

⁵ El puntero se mueve en una dirección y modifica su movimiento de forma paralela a la trayectoria perfecta

⁶ El puntero se mueve en una dirección y modifica su movimiento de forma perpendicular a la trayectoria perfecta

5.1.3 Cuestionario SUS y cuestionario de confort

Las respuestas al cuestionario SUS obtuvieron un valor medio de 87.1. Según Bangor et al. [3], este valor se encuentra por encima de Excelente en la escala de valoraciones adjetivas (Peor imaginable – Pobre – Ok – Bueno – Excelente – Mejor imaginable), y está en el rango Aceptable (escala de rango de aceptabilidad que va desde No aceptable (menos de 50), Marginal entre 50 y 70) y Aceptable sobre 70).

En la Figura 8 se representan las respuestas al cuestionario de confort, donde se observa una valoración positiva general. Los conceptos que recibieron peor valoración fueron las relacionadas con la fatiga causada por el sistema o la comodidad general de uso del mismo.

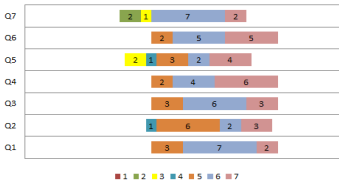


Figura 8. Respuestas al cuestionario de confort (7 es el valor más positivo).

5.2 Usuarios con Discapacidad Motora

5.2.1 Tarea 1: Movimiento multidireccional

Dos de los cuatro usuarios finalizaron satisfactoriamente todas las pantallas de la tarea T1, mientras que los otros dos tuvieron dificultades especialmente en las pantallas con el tamaño más pequeño. Es importante remarcar que aunque alguno de los usuarios necesitase más tiempo (ver Tabla 1) que el tiempo medio de los usuarios sin discapacidad (ver Figura 9), en la mayoría de los casos persistían en intentar realizar y acabar la tarea.

Los dos usuarios que finalizaron las tareas, intentaban seguir un orden a la hora de descubrir los bloques, ya fuera yendo verticalmente (columna a columna) u horizontalmente, estrategia que habían seguido también los usuarios sin discapacidad (ver Figura 6).

En la Figura 12 se dibuja la evolución de la tarea T1 para cada uno de los usuarios en el 25, 50, 75 y 100% del tiempo. Como se observa (y era esperado), los usuarios tienen más dificultades para alcanzar los bloques situados en los bordes de la pantalla debido a que necesitan un rango de movimiento más amplio del cuello.

Tabla 1. Tiempos (en segundos) por usuario (y tiempo medio de los usuarios sin discapacidad) para las tareas T1 y T2 para los tres tamaños. En rojo las tareas que no se finalizaron.

| | | US1 | US2 | US3 | US4 | Sin disc. |
|-----|--------|-----|-----|------|-----|-----------|
| T 1 | 44 px | 888 | 536 | - | - | 579.5 |
| | 76 px | 260 | 94 | 1566 | 307 | 58 |
| | 132 px | 177 | 71 | 481 | 73 | 20.4 |
| T 2 | 44 px | 184 | 162 | - | - | 73 |
| | 76 px | 97 | 84 | - | 183 | 50.1 |
| | 132 px | 77 | 47 | 1135 | 113 | 34.5 |

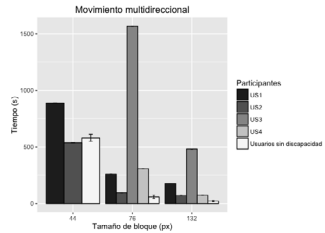


Figura 9. Tiempos (Tarea T1) para los usuarios con EM y tiempo medio para los usuarios sin discapacidad.

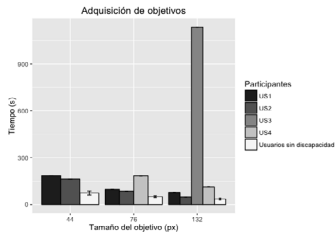


Figura 10. Tiempos (Tarea T2) para los usuarios con EM y tiempo medio para los usuarios sin discapacidad.

5.2.2 Tarea 2: Adquisición de objetivos

Los mismos dos usuarios que finalizaron la T1 de forma completa, también completaron la tarea T2, mientras que US3 y US4 tuvieron nuevamente dificultades con los tamaños más pequeños (ver Tabla 1 y Figura 10).

En la Figura 11 se puede observar los objetivos que no se terminaron de seleccionar. En este caso, los objetivos que quedan sin seleccionar son los situados en los bordes de la pantalla (los que requieren un rango de movimiento de cuello más amplio), coincidiendo con la progresión de selección observada en la T1.

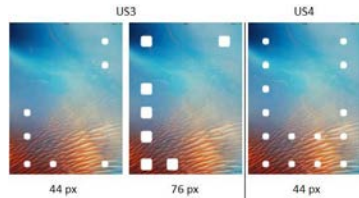


Figura 11. Pantallas no finalizadas para la tarea T2.

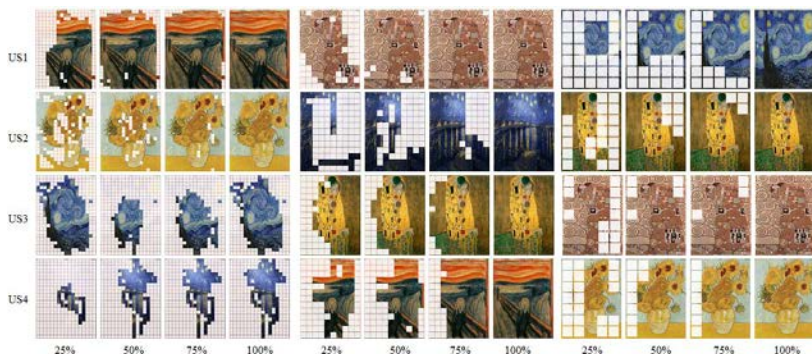


Figura 12. Evolución de la tarea T1. Bloques destapados al 25, 50, 75 y 100 (%) del tiempo.

5.2.3 Cuestionario SUS y cuestionario de confort

Los resultados que se obtuvieron de los cuestionarios realizados en la asociación dieron una media de 63.75 puntos, que se encontraría en la zona marginal alta de lo aceptable, entre los adjetivos Ok y Bueno [3].

En el cuestionario de confort, todas las respuestas de los participantes fueron iguales o superiores a 4, excepto en una de las respuestas sobre fatiga que fue valorada con un 3.

6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En este trabajo se ha presentado una interfaz basada en visión para ofrecer acceso a personas con discapacidad motora a los dispositivos móviles a través de movimientos de la cabeza. Se ha llevado a cabo una evaluación en condiciones de laboratorio con 12 personas sin discapacidad motora para analizar el uso del sistema con usuarios sin limitaciones físicas y después una evaluación con cuatro usuarios que presentaban diferentes limitaciones de movilidad. Los resultados muestran valores muy positivos para usuarios sin discapacidad, por lo que este tipo de interfaces podría ser utilizada como dispositivo de entrada para aplicaciones de ocio o complementando la entrada táctil.

Los resultados de los participantes con discapacidad motora son mixtos. Uno de ellos obtuvo valores cercanos a los obtenidos por las personas sin discapacidad respecto a la efectividad, eficiencia y satisfacción, y otros pudieron finalizar parte de las tareas, pero con un tiempo excesivo en comparación. Es cierto, que algunos de los participantes también necesitaban bastante tiempo para llevar a cabo cualquier tarea con otros dispositivos móviles controlados por las manos (antes de perder capacidades motoras) y además puntuaron positivamente muchos aspectos sobre la interfaz como la suavidad, la exactitud o la velocidad.

Los resultados obtenidos en los cuestionarios SUS y de confort para los usuarios con discapacidad motora, eran los valorados por los usuarios que terminaron todas las tareas de forma completa, por lo que sería interesante conocer la opinión de los otros dos usuarios que no pudieron terminar las tareas con los tamaños de bloque más pequeños, para conocer las causas (p.e. fatiga, la falta de usabilidad de la interfaz, la motivación, etc.).

A consecuencia de los resultados, se puede recomendar que los elementos gráficos con los que se puedan interaccionar sean mayores de 76 px e idealmente no estarían posicionados sobre las regiones más cercanas al borde de la *tablet*.

Se observó que algunos participantes sin discapacidad motora realizaban movimientos del tronco para llegar más fácilmente a los bloques que se encontraban en la zona menos accesibles, por lo que usuarios que carezcan de control de tronco pueden necesitar un esfuerzo mayor para poder acceder a todas las regiones.

Es por ello, que se necesita ofrecer una configuración personalizada para los usuarios que dependerá de factores como el grado de movimiento para las rotaciones e inclinaciones de la cabeza o de la zona afectada por la parálisis. Otra estrategia para compensar la falta de movimiento de la zona derecha o izquierda del cuerpo, es la colocación de la *tablet* respecto al usuario.

Como trabajo futuro, se debería proseguir con las evaluaciones con los usuarios con discapacidad y extraer un conjunto de factores configurables como la ganancia según el perfil del usuario.

7. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el tiempo y el esfuerzo invertido por todos los participantes voluntarios, especialmente a los participantes y profesionales de ABDEM. Este proyecto ha sido parcialmente financiado por el proyecto TIN2012-35427 (MINECO, Gobierno de España), FEDER y la beca FPI BES-2013-064652 (FPI).

REFERENCIAS

- [1] Anthony, L. et al. 2013. Analyzing user-generated YouTube videos to understand touchscreen use by people with motor impairments. *Proc. CHI* (2013), 1223–1232.
- [2] Apple Inc. iOS Human Interface Guidelines: Designing for iOS. Available online: <https://developer.apple.com/library/ios/documentation/UsereXperience/Conceptual/MobileHIG/> (accessed on 10 October 2015):

- [3] Bangor, A. et al. 2008. An Empirical Evaluation of the System Usability Scale. *International Journal of Human-Computer Interaction*. 24, 6 (Jul. 2008), 574–594.
- [4] BBC Standards and Guidelines for Mobile Accessibility. Available online: <http://www.bbc.co.uk/guidelines/futuremedia/accessibility/mobile>.
- [5] Belatar, M. and Poirier, F. 2008. Text Entry for Mobile Devices and Users with Severe Motor Impairments: Handiglyph, a Primitive Shapes Based Onscreen Keyboard. *Proceedings of the 10th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility* (New York, NY, USA, 2008), 209–216.
- [6] Betke, M. et al. 2002. The Camera Mouse: visual tracking of body features to provide computer access for people with severe disabilities. *Neural Systems and Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on*. 10, 1 (2002), 1–10.
- [7] Bordallo Lopez, M. et al. 2012. Head-tracking virtual 3-D display for mobile devices. *Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW)*, 2012 *IEEE Computer Society Conference on* (2012), 27–34.
- [8] Bosomworth, D. 2015. Mobile Marketing Statistics compilation. Available online: <http://www.smartinsights.com/mobile-marketing/mobile-marketing-analytics/mobile-marketing-statistics/>. (2015).
- [9] Bouck, E.C. 2016. *Assistive Technology*. SAGE.
- [10] Bouguet, J.-Y. 2000. *Pyramidal Implementation of the Lucas Kanade Feature Tracker. Description of the algorithm*. Intel Corporation, Microprocessor Research Labs.
- [11] Brooke, J. 1996. SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry*. 189, 194 (1996), 4–7.
- [12] Bulbul, A. et al. 2009. A Face Tracking Algorithm for User Interaction in Mobile Devices. *CyberWorlds, 2009. CW '09. International Conference on* (Sep. 2009), 385–390.
- [13] Cuaresma, J. and MacKenzie, I.S. 2014. A Comparison Between Tilt-input and Facial Tracking as Input Methods for Mobile Games. *Proceedings of the 6th IEEE Consumer Electronics Society Games, Entertainment, Media Conference - IEEE-GEM 2014* (New York, 2014), 70–76.
- [14] EVA Facial Mouse. Fundación Vodafone. Available online: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.crea_sievicam.service (accessed on 01 December 2015):
- [15] Go ahead project. Google and Beit Issie Shapiro. Available online: <http://www.hakolbarosh.org.il> (accessed on 01 December 2015):
- [16] Hakobyan, L. et al. 2013. Mobile assistive technologies for the visually impaired. *Survey of Ophthalmology*. 58, 6 (Apr. 2013), 513–528.
- [17] Hansen, T.R. et al. 2006. Use Your Head: Exploring Face Tracking for Mobile Interaction. *CHI '06 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (New York, NY, USA, 2006), 845–850.
- [18] Head Moves Game: 2015. <https://play.google.com/store/apps/details?id=ua.ers.headMoveGames&hl=es>. Accessed: 2015-12-01.
- [19] HeadStart. Shtick Studios. Available online: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.yair.cards&hl=es> (accessed on 01 December 2015): 2015.
- [20] Hwang, W. and Salvendy, G. 2010. Number of People Required for Usability Evaluation: the 10±2 rule. *Communications of the ACM*. 35, 5 (2010), 130–133.
- [21] Insite Interactive Technologies Face Scape.
- [22] Jayant, C. et al. 2010. V-braille: Haptic Braille Perception Using a Touch-screen and Vibration on Mobile Phones. *Proceedings of the 12th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility* (New York, NY, USA, 2010), 295–296.
- [23] Joshi, N. et al. 2012. Looking at You: Fused Gyro and Face Tracking for Viewing Large Imagery on Mobile Devices. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (New York, NY, USA, NY, USA, 2012), 2211–2220.
- [24] Kane, S.K. et al. 2009. Freedom to roam: a study of mobile device adoption and accessibility for people with visual and motor disabilities. *Proc. SIGACCESS* (2009), 115–122.
- [25] Kouroupetoglou, G. et al. 2015. The mATHENA Inventory for Free Mobile Assistive Technology Applications. *Proc. On the Move to Meaningful Internet Systems: OTM 2015 Workshops* (Cham, 2015), 519–527.
- [26] MacKenzie, I.S. et al. 2001. Accuracy Measures for Evaluating Computer Pointing Devices. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (New York, NY, USA, 2001), 9–16.
- [27] Manresa-Yee, C. et al. 2014. Design recommendations for camera-based head-controlled interfaces that replace the mouse for motion-impaired users. *Universal Access in the Information Society*. 13, 4 (2014), 471–482.
- [28] Manresa-Yee, C. et al. 2010. User experience to improve the usability of a vision-based interface. *Interacting with Computers*. 22, 6 (2010), 594–605.
- [29] Microsoft Guidelines for designing accessible apps. Available online: <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/apps/hh700407.aspx>.
- [30] Roig-Maimó, M.F. et al. 2016. A Robust Camera-Based Interface for Mobile Entertainment. *Sensors*. 16, 2 (2016), 254.
- [31] Roig-Maimó, M.F. et al. 2015. Face Me! Head-Tracker Interface Evaluation on Mobile Devices. *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (New York, NY, USA, 2015), 1573–1578.
- [32] Samsung What is Smart Screen, and how do I use it on my Samsung Galaxy S4?. Available en: <http://www.samsung.com/us/support/answer/ANS00044008/997407171>. Last visited June 2016.
- [33] Trewin, S. et al. 2013. Physical accessibility of touchscreen smartphones. *Proc. SIGACCESS* (2013), 19:1–19:8.
- [34] Umooove Experience: The 3D Face & Eye Tracking Flying Game. Umooove Ltd. Available online:

- <https://itunes.apple.com/es/app/umoove-experience-3d-face/id731389410?mt=8> (accessed on 12 December 2015):
- [35] Varona, J. et al. 2008. Hands-free vision-based interface for computer accessibility. *Journal of Network and Computer Applications*. 31, 4 (2008), 357–374.
- [36] Accessibility in iOS. Available online: <https://developer.apple.com/accessibility/ios/>.
- [37] Accessibility, Android Developers. Available online: <http://developer.android.com/intl/es/guide/topics/ui/accessibility/index.html>.
- [38] 2012. ISO/TS 9241-411:2012, Ergonomics of human-system interaction — Part 411: Evaluation methods for the design of physical input devices. (2012).
- [39] Masquerade. Availabe in: <http://msqrd.me/>. Last accessed 05 April 2016.
- [40] W3C Mobile Accessibility. Available online: <https://www.w3.org/WAI/mobile/>(accessed 03 April 2016).

¿Mejora los vídeos a 360 grados en 3D la experiencia de RV de los usuarios? Un estudio de evaluación.

Maximino Bessa
UTAD and INESC TEC
Campus da FEUP, Rua Dr.
Roberto Frias
Porto, Portugal
maxbessa@utad.pt

Miguel Melo
INESC TEC
Campus da FEUP, Rua Dr.
Roberto Frias
Porto, Portugal
mcmelo@inesctec.pt

David Narciso
UTAD and INESC TEC
Campus da FEUP, Rua Dr.
Roberto Frias
Porto, Portugal
david.g.narciso@inesctec.pt

Luis Barbosa
UTAD and INESC TEC
Campus da FEUP, Rua Dr.
Roberto Frias
Porto, Portugal
lfb@utad.pt

José Vasconcelos-
Raposo
UTAD and INESC TEC
Campus da FEUP, Rua Dr.
Roberto Frias Porto,
Portugal
jvraposo@utad.pt

RESUMEN

Tecnología de Realidad Virtual (RV) ha evolucionado a un ritmo muy rápido y así su asequibilidad. El equipamiento como los *head-mounted displays* están disponibles para el consumidor medio a precios razonables y esto ha potenciado el uso de contenidos como vídeo de 360 de una manera más natural.

La finalidad de este estudio fue evaluar la sensación de la presencia y *cybersickness* comparando sujetos según su género mientras experimentaban con una aplicación de realidad virtual compuesta por tipo un tipo vídeo (360 grados y de 3D) utilizando un *head-mounted display*.

Una versión portuguesa del *Igroup Presence Questionnaire (IPQ)* fue utilizada junto con el *Simulator Sickness Questionnaire (SSQ)*. Los resultados han revelado que no hay diferencias significativas entre vídeos de 2D y 3D vídeos en la sensación de la presencia o *cybersickness*.

Palabras claves

Experiencia de usuario, Realidad Virtual, Presencia, Cybersickness, 360 3D Video, 360 Video.

AGRADECIMIENTOS

This work is supported by the project "TEC4Growth - Pervasive Intelligence, Enhancers and Proofs of Concept with Industrial Impact/NORTE-01-0145-FEDER-000020" is financed by the North Portugal Regional Operational Programme (NORTE 2020), under the PORTUGAL 2020 Partnership Agreement, and through the European Regional Development Fund (ERDF). This work is also supported by the project REC II/EEI-SII/0360/2012 entitled "MAS- SIVE - Multimodal Acknowledgeable multiSenSorial Immersive Virtual Environments" financed by the European Union (COMPETE, QREN and FEDER).

Creando Experiencias de Realidad Aumentada Interactivas y Realistas

Álvaro Montero, Telmo Zarraonandia, Paloma Díaz, Ignacio Aedo
Universidad Carlos III de Madrid
Avenida de la Universidad, 30
28911, Leganés, Madrid, España

ammontes@inf.uc3m.es, tzarraon@inf.uc3m.es, pdp@inf.uc3m.es, aedo@ia.uc3m.es

RESUMEN

A pesar de los últimos avances en las tecnologías de Realidad Aumentada (RA) la mayoría de las aplicaciones siguen fallando en lograr una perfecta integración de los elementos virtuales en los entornos de RA. Para conseguir resolver esta situación proponemos un enfoque que dará soporte a la implementación de experiencias interactivas y realistas de RA, en las cuales los elementos virtuales pueden colisionar y estar ocultos por otros reales. El objetivo es lograr la sensación de que los elementos virtuales se encuentran en el mundo real. Este enfoque combina el uso de las técnicas de RA basadas en modelos con las ventajas que ofrecen los actuales motores de videojuegos. También incluimos una experiencia llevada a cabo para evaluar la viabilidad y el nivel de realismo que se puede alcanzar con este enfoque, en el que más de 100 personas jugaron simultáneamente a dos juegos de RA realizados siguiendo la técnica propuesta.

PALABRAS CLAVE

Realidad Aumentada; Desarrollo usuario finales; Modelado; Oclusión; Colisión

1. INTRODUCCIÓN

Las posibilidades que la tecnologías de RA ofrecen para la superposición de información digital en la visión del usuario ya ha sido explorada en varias áreas como la educación[4] y la medicina[3]. Además, en los últimos años, han aparecido dispositivos que permiten una mayor inmersión. Pese a ello, la mayoría de aplicaciones tan solo superponen imágenes generadas por ordenador en la visión. Aunque es un enfoque válido para muchos casos, en otros como videojuegos de RA o reconstrucciones de lugares históricos es necesario que los elementos virtuales parezcan coexistir con los reales como sugiere Azuma [1]. Nosotros creemos que todo el potencial de esta tecnología será revelado cuando los usuarios finales la adopten y empecen a crear sus propios artefactos. Actualmente existen herramientas como Wikitude [8] que dan soporte pero no llegan a alcanzar el nivel de realismo sugerido por Azuma [1].

El objetivo final de este trabajo es lograr que usuarios finales, que podrían carecer de conocimientos técnicos, puedan crear sus propias experiencias realistas de RA. Como un primer paso se presenta una técnica para la implementación de experiencias interactivas y realistas de RA. El enfoque propuesto combina el uso de técnicas basadas en modelos de RA con los beneficios que ofrecen los actuales motores de videojuego. Con el objetivo de evaluar la viabilidad y el nivel de realismo que se puede lograr con este enfoque, se diseñaron dos juegos de RA, que fueron probados simultáneamente por más de 100 personas en el contexto de un evento del auditorio de la Universidad Carlos III de Madrid.

2. TRABAJOS RELACIONADOS

Existe una variedad de técnicas que han permitido mejorar el realismo de las experiencias de RA mediante la implementación de efectos como oclusión [2], la colisión [2], la gravedad [5], las sombras [6] y las luces [6]. Los efectos de oclusión y colisión se pueden lograr haciendo uso de cámaras de profundidad [2] o modelando el entorno a aumentar [2]. Respecto a la gravedad algunos autores proponen el uso de sensores [5]. Por último, para los efectos de luces y sombras los autores se centran en estimar las condiciones de iluminación para posteriormente recrearlas [6].

3. ENFOQUE

El objetivo de este trabajo es permitir la creación de experiencias realistas e interactivas de RA. Que deberán de incluir efectos de oclusión, colisión, gravedad, luces y sombras. Al mismo tiempo, los usuarios deberán de poder interactuar con los elementos virtuales y estos deberán de interactuar también entre sí.

Siguiendo este objetivo, proponemos la combinación de técnicas de RA basadas en modelos con las posibilidades que ofrecen los actuales motores de juegos para la implementación de espacios 3D interactivos. Como primer paso este enfoque requiere una réplica del entorno a aumentar que permite delimitar la forma de la realidad. Este modelo se usará en un entorno virtual que imitará las condiciones de la realidad y que incluirá la visión que obtiene una cámara que captura la realidad. El uso de un motor de videojuegos dará soporte a las reglas que se usarán para gobernar el espacio y gestionará la detección de colisiones, el efecto de gravedad, las luces y las sombras.

La aplicación de este enfoque plantea dos retos principales. Por un lado, lograr que un usuario pueda diseñar un modelo que sea una réplica del entorno a aumentar. Por otro, es necesario componer una escena virtual que permita generar la visión de RA.

3.1 Modelado del Entorno

Idealmente, el modelado debe de poder ser llevado por usuarios sin conocimientos técnicos y poder realizarse sobre un amplio rango de lugares sin requerir dispositivos muy específicos y caros.

El uso de una cámaras de profundidad permite modelar el entorno de manera semiautomática, pero no es válida para espacios amplios al no poder medir grandes distancias. Otra opción, es crear el modelo haciendo uso de planos y mapas. Esta opción fue probada con éxito pero es compleja y tediosa para usuarios finales. Además no siempre es posible tener acceso a planos.

Tomando estas consideraciones, proponemos construir el modelo directamente en el espacio virtual, organizando diferentes tipos de bloques para representar el camino de los personajes virtuales, los objetos con los que podría colisionar los personajes, y los elementos que pueden producir oclusión. Para lograr una correcta alineación con la configuración real, una imagen real del entorno

se proyecta detrás del modelo en construcción. La imagen capturada valdrá para las experiencias de RA que se hagan desde esa posición de la realidad.

3.2 Composición de la Escena de RA

Una vez construida la réplica del entorno a aumentar con los elementos que producirán inclusión se incluirá en un espacio virtual con el objetivo la inclusión para lograr un alto nivel de realismo. Este espacio está compuesto por los siguientes elementos: *video de fondo*, *cámara virtual*, *modelo virtual*, *objetos virtuales*, *bloques de oclusión* y *antorchas virtuales*. El *video de fondo* es un plano de fondo del mundo virtual que muestra la realidad capturada por una cámara fija. La *cámara virtual* se encarga de capturar la composición de la escena, se encuentra siempre alineada con el plano del video de fondo. El *modelo virtual* es la réplica y se localiza entre la *cámara virtual* y el plano de *video de fondo*. Los *objetos virtuales* son los elementos virtuales que se añaden a la visión real. *Bloques de oclusión*, son planos que tiene como textura un fragmento del *video de fondo* logrando un efecto de oclusión con los elementos que se encuentre detrás. Por último, las *Antorchas virtuales*, se dispondrán sobre la escena para replicar las mismas condiciones de luz.

4. EVALUACIÓN

Para evaluar la viabilidad del enfoque propuesto, extendimos una plataforma de videojuegos llamada GREP [7] (Game Rules scénario Platform) con un módulo para el soporte de experiencias de RA siguiendo el enfoque descrito en la sección anterior. Para evaluar el enfoque se desarrollaron dos juegos AR que tuvieron lugar en las gradas del auditorio de la Universidad Carlos III, en el contexto de un evento organizado como parte de la Noche de los Investigadores Europeos. Una cámara situada en el centro del escenario era la encargada de capturar al público, posteriormente estas imágenes fueron procesadas por AR GREP, el cual añadió los elementos virtuales a la realidad. El resultado final fue proyectado en pantalla del escenario.

Estos dos juegos requirió el modelado de las gradas del auditorio. Para ello se empezó a describir los pasillos y escaleras usando bloques que fueron conectados. Posteriormente, se ajustó la inclinación de la escalera hasta que fueron perfectamente superpuestas con el video de fondo. Para evitar que los personajes se cayeran los pasillos y escaleras fueron delimitados con muros. Finalmente, se colocaron planos de oclusión sobre algunas filas de asientos y muros para crear dicho efecto. Por último, se añadieron antorchas virtuales para simular las mismas condiciones de luz.

Los juegos fueron jugados por más de cien personas simultáneamente. Más específicamente el público fue organizado en dos equipos, cada equipo tenía que controlar un personaje en tiempo real. Los participantes usaban sus teléfonos móviles para votar el siguiente movimiento cada segundo, el movimiento más votado era ejecutando el siguiente segundo. En el primer juego, los personajes tenían que recolectar monedas esparcidas por los pasillos de las gradas. El personaje que más recolectase antes del tiempo límite ganaba el juego. El segundo, cada personaje tenía un rol diferente "cazador" y "presa", por tanto un personaje tenía que capturar a otro antes del tiempo límite. Ambos juegos requirió al público coordinarse para elegir sobre el siguiente movimiento. En la figura 1 muestran una capturas del segundo juego.

El grado de realismo obtenido fue bastante alto. Como se muestra en las imágenes, los personajes se movieron a lo largo de los pasillos del auditorio, y estos aparecían parcialmente ocluidos por

las gradas del público y los muros cuando pasaban detrás de estos. También los personajes se verían más pequeños cuanto más lejos se iban y ellos generaban si debían de generar. En general, la integración entre los elementos del mundo virtual y real se llevó a cabo sin problemas.



Figure 1. Screenshot of AR Prey-Predator Game

5. CONCLUSIONES

Se ha presentado un enfoque que combina el uso de las técnicas de RA basadas en modelo con los beneficios que ofrecen los motores de juegos 3D para el diseño y gestión del entorno para introducir efectos de oclusión, colisión, gravedad, iluminación y sombras. Nuestro enfoque fue probado en un auditorio con un público que pareció disfrutar realmente de la experiencia en los que los elementos virtuales parecían coexistir los reales. Sin embargo, sería necesario efectuar nuevas evaluaciones para reunir más información y opiniones de los usuarios

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está financiado por el proyector CREAx fundado por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España (TIN2014-56534-R).

7. REFERENCIAS

1. Ronald T. Azuma. 1997. A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 6, 4: 355–385.
2. David E. Breen, Eric Rose, and Ross T. Whitaker. 1995. Interactive occlusion and collision of real and virtual objects in augmented reality. *Munich, Germany, European Computer Industry Research Center.*
3. Henry Fuchs, Mark A. Livingston, Ramesh Raskar, et al. 1998. *Augmented reality visualization for laparoscopic surgery.* Springer.
4. Hannes Kaufmann and Dieter Schmalstieg. 2003. Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality. *Computers & Graphics* 27, 3: 339–345.
5. D. Kurz and S. Benhimane. 2011. Gravity-aware handheld Augmented Reality. *2011 10th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*, 111–120.
6. Yang Wang and Dimitris Samaras. 2003. Estimation of multiple directional light sources for synthesis of augmented reality images. *Graphical Models* 65, 4: 185–205.
7. Telmo Zarraonandia, Paloma Diaz, and Ignacio Aedo. 2016. Using combinatorial creativity to support end-user design of digital games. *Multimedia Tools and Applications*: 1–26.
8. Wikitude - The World's leading Augmented Reality SDK. Retrieved April 25, 2016 from <http://www.wikitude.com/>

Diseño y evaluación de la usabilidad de Entornos Virtuales creados sobre la plataforma 3DGEN

Jesús David Cardona
Universidad Autónoma de Occidente
CII 25# 115-85, vía Cali-Jamundi.
(57)+2+3188000, ext. 11328
jdcardona@uao.edu.co

Jenny Medeiros
Universidad Autónoma de Occidente
CII 25# 115-85, vía Cali-Jamundi.
(+57) 3197578965
jlmed32@gmail.com

Andrés Solano
Universidad Autónoma de Occidente
CII 25# 115-85, vía Cali-Jamundi.
(57)+2+3188000, ext. 11378
afsolano@uao.edu.co

RESUMEN

Este artículo presenta el proceso de diseño y evaluación de la usabilidad de uno de los módulos de la tecnología 3DGEN: el 3DGEN Viewer, módulo encargado de la carga y despliegue de entornos virtuales. 3DGEN es una plataforma que ha sido desarrollada por el grupo de investigación GITI de la Universidad Autónoma de Occidente para la generación, publicación y gestión de entornos virtuales multiusuario. Además, este trabajo presenta algunas recomendaciones y lecciones aprendidas al momento de emprender procesos de evaluación de usabilidad en entornos virtuales multiusuario, que son explorados por medio de un avatar y brindan diferentes posibilidades de interacción a través de los objetos 3D que los conforman.

Categorías y Descriptores Temáticos

H.1.2 [Modelos y Principios]: Sistemas Usuario/Máquina – factores humanos.

Términos generales

Factores Humanos.

Palabras claves

Entornos virtuales, diseño de interfaces, evaluación, usabilidad.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de Entornos Virtuales (EV) ha crecido notablemente en los últimos años, convirtiéndose en una poderosa herramienta de apoyo para distintas áreas del conocimiento, así como excusa para la exploración de nuevos estilos de interacción, evaluación, y de reflexión sobre aspectos de diseño de interfaces 3D. Ahora bien, el concepto de EV consiste en la recreación de un espacio real o imaginario en 3D en una pantalla de computador, a través del cual interactúa un usuario en tiempo real [1].

Los EV proveen un medio interesante para experimentar una gran variedad de situaciones que pueden ir desde la simulación científica, pasando por entornos de aprendizaje y entrenamiento, hasta los más imaginables mundos virtuales dirigidos al entretenimiento [2].

Algunos EV aprovechan las posibilidades de cooperación que brindan las redes de comunicación, otros permiten el desarrollo de aplicaciones industriales, comercio electrónico, entrenamiento, capacitación, entre otros [3]. Pues bien, aunque las aplicaciones de los EV difieren, se mantiene la necesidad de la efectividad de las interfaces utilizadas en el entorno, debido a que son el puente entre el usuario y las funciones del espacio virtual. En ese sentido, se hace necesario asegurar que este tipo de sistemas cuenten con un alto nivel de usabilidad, tal que el usuario desee volver a utilizarlo en el futuro. Consecuentemente, el EV debe pasar por un proceso iterativo de evaluación con el fin de determinar si el diseño e interacción cumplen con estándares de usabilidad.

El Grupo de Investigación en Telemática e Informática Aplicada – GITI, de la Universidad Autónoma de Occidente (Colombia) ha desarrollado una plataforma para la generación de EV denominada 3DGEN. Dicha plataforma está conformada por 3 módulos principales que son: (a) herramienta para la generación y empaquetamiento del EV, (b) módulo de gestión web y (c) 3DGEN Viewer para el despliegue de los EV. Con esta tecnología es posible recrear diferentes escenarios virtuales adaptados a la realidad de diferentes contextos de aplicación [3].

Este artículo presenta el diseño y métodos de evaluación de usabilidad utilizados durante el desarrollo del módulo 3DGEN Viewer de la plataforma, ya que este módulo permite poner a disposición del usuario el EV y la posibilidad de interactuar con los objetos 3D que lo conforman. Los EV construidos sobre la plataforma 3DGEN son multiusuario y tienen la intención de reunir un grupo de personas que puedan comunicarse de forma síncrona generando posibilidades de interacción social.

La sección 2 presenta una revisión de plataformas relacionadas con el módulo 3DGEN Viewer. La sección 3 describe de manera general el proceso de diseño de la interfaz gráfica del módulo y la evaluación de usabilidad de EV desplegados sobre dicho módulo es presentada en la sección 4. La sección 5 incluye algunas lecciones aprendidas durante el proceso de diseño y evaluación. Finalmente, la sección 6 presenta las conclusiones del trabajo.

2. PLATAFORMAS RELACIONADAS

Teniendo en cuenta las principales características de la plataforma 3DGEN y en especial su módulo Viewer para el despliegue de EV multiusuario, exploración del EV a través de avatares, diferentes formas de interacción con los objetos 3D y almacenamiento de información para la explotación de datos, fueron revisadas plataformas relacionadas entre las cuales se destacan: Second Life, y HyperFair.

Second Life (SL): es un universo multi-jugador masivo en un mundo 3D [4]. Al igual que 3DGEN, requiere de la descarga de una aplicación cliente para ingresar y visualizar los EV. Durante la revisión fueron detectadas varias fortalezas, tales como: el control de cámara mediante el ratón, variedad de opciones en los menús, personalización del avatar y teletransportación para llegar rápidamente de un lugar a otro. Entre las debilidades se encontró que aparece una serie de ventanas innecesarias que saturan la pantalla, como mostrar los mismos mensajes de chat en dos ventanas distintas, una en cada lado de la pantalla. Adicionalmente, se destaca la tendencia de mostrar más texto de lo necesario y la dificultad de navegación hacia sitios u objetos específicos en un entorno. Esto debido a la falta de orientación o caminos establecidos para guiar al usuario.

HyperFair: es una plataforma en línea que ofrece una sala de exposiciones en 3D [5], centrándose en ferias de negocios a gran escala [6]. No requiere de la descarga de archivos de Internet y la interfaz es relativamente sencilla, cuenta con pocas opciones de interacción con el EV. Es posible la animación del avatar, hay control de cámara, y puede teletransportarse a diferentes áreas del entorno. Una fortaleza interesante de este entorno es el “bolso virtual” donde el usuario puede almacenar videos, imágenes, documentos en formato PDF, o información de contacto de otros usuarios; un concepto útil para cualquier EV donde se presenta información importante para el usuario. Es destacable que al pasar el cursor por encima de un usuario, se despliega una ventana flotante con su foto de perfil (si la tiene), su rol, empresa asociada, nombre, y estado de disponibilidad. Esta muestra de información personal facilita el proceso de obtener contactos, ya que puede tenerse una idea de quiénes son, antes de iniciar una conversación por chat. Una desventaja de esta interfaz se hace evidente en el chat, donde es desplegada una ventana que cubre la mayor parte de la pantalla, ocultando actividades del EV.

3. DISEÑO DE INTERFAZ DE USUARIO DEL MÓDULO 3DGEN VIEWER

En el inicio del proceso de diseño se tuvieron en cuenta diferentes posibilidades de interacción que debería ofrecer el 3DGEN Viewer a los usuarios para interactuar con el EV, dentro de las que se destacan: permitir que los usuarios ingresen mediante un avatar 3D para interactuar con otros a través del chat (conversación basada en texto), visualizar recursos multimedia (documentos, videos, imágenes), interactuar con objetos tridimensionales, desplazarse caminando o por teletransportación, y conectar su experiencia dentro del EV con sus redes sociales mediante la publicación de fotos, noticias, o eventos mostrados dentro del mundo virtual.

Una vez definidos los principales desafíos en términos de interacción para el 3DGEN Viewer, fueron consultados patrones y recomendaciones de diseño para EV. A partir de lo anterior se logró determinar la organización de la interfaz gráfica 2D del 3DGEN Viewer de tal manera que en la parte superior de la pantalla se presentara *información de estado* como: salir, ayuda, mapa, teletransportar, entre otras, y en la parte inferior incluir *elementos de interacción* como: chat, creación de grupos, etc. [7].

En general, la interfaz tiene una organización familiar para un usuario con experiencia previa en redes sociales y/o EV. Esto se debe a que cualquier interfaz gráfica 3D debe presentarse de la manera más familiar posible al usuario, con el fin de minimizar la confusión y contribuir al proceso de aprendizaje [8]. Esto le

permitirá dedicar más tiempo a explorar el EV y menos tiempo en aprender cómo utilizarlo. Ahora bien, con el objetivo de obtener una validación preliminar del diseño de la interfaz del 3DGEN Viewer, donde ésta cumpliera con estándares de usabilidad, fue considerado un conjunto de 16 heurísticas (ver Tabla 1) para la evaluación de EV desplegados en el módulo 3DGEN Viewer [9]. La aplicación de algunas heurísticas es descrita a continuación.

Simplicidad: Para mantener un diseño minimalista, la interfaz debe incluir opciones “descubribles” que muestran funcionalidades adicionales y de acceso rápido cuando el usuario las necesite, a diferencia de mostrar todas las opciones a primera vista, lo cual satura la interfaz y puede abrumar al usuario. Además, la visualización de la información de los objetos 3D interactivos dentro del EV se hace de manera directa, es decir, al seleccionar el objeto aparece una ventana emergente con información relevante sobre él.

Interacción con el mundo virtual: El EV indica de manera clara los objetos 3D con los que el usuario puede interactuar. Para ello, se usa un brillo que resalta al objeto interactivo respecto a los no interactivos. Adicionalmente, al seleccionar el objeto interactivo son presentadas las acciones que el usuario puede realizar con él, ya sea a través de mensajes y botones, o haciendo uso de iconos estándares como por ejemplo: iconos de ‘reproducir’ y ‘pausa’ para controlar un video dentro del EV.

4. EVALUACIÓN DE USABILIDAD DE EV SOBRE EL MÓDULO 3DGEN VIEWER

Para la evaluación de usabilidad de EV desplegados sobre el módulo 3DGEN Viewer fueron aplicados los métodos: evaluación heurística, método del conductor y entrevistas, los cuales hacen parte de la combinación *evaluación específica*, propuesta en [10].

En primer lugar, la evaluación heurística fue realizada por un conjunto de 3 evaluadores (autores del presente trabajo) que inspeccionaron el diseño de la interfaz con base en una serie de heurísticas específicas para evaluar mundos virtuales [11]. El EV objeto de estudio (piloto) constituye un showroom interactivo de equipos médicos para una empresa que los distribuye en Colombia. La evaluación del EV piloto permitió identificar una serie de problemas mayores y menores, que si bien, no ponen en riesgo el funcionamiento del EV, si atentan contra la facilidad de uso, y por lo tanto, con el buen aprovechamiento que éste pudiese tener. Con este método se obtuvo un total de 17 problemas detectados por los evaluadores. La Tabla 1 presenta la cantidad de problemas de usabilidad identificados, los cuales están agrupados según el principio de usabilidad que incumplen.

Tabla 1. Cantidad de problemas por principio.

| Id | Principio Heurístico | Total |
|-----|----------------------------------|-----------|
| H1 | Retroalimentación | 2 |
| H2 | Claridad | 1 |
| H3 | Simplicidad | 2 |
| H4 | Consistencia | 1 |
| H5 | Reducir la carga de memoria | 0 |
| H6 | Flexibilidad y eficiencia de uso | 5 |
| H7 | Control de cámara | No aplica |
| H8 | Visualización | No aplica |
| H9 | Personalización del avatar | No aplica |
| H10 | Orientación y navegación | 1 |
| H11 | Interacción con el mundo virtual | 2 |

| Id | Principio Heurístico | Total |
|--------------|-----------------------------|--------------|
| H12 | Reglas del mundo virtual | 1 |
| H13 | Comunicación entre avatares | 1 |
| H14 | Prevención de errores | 0 |
| H15 | Recuperación de errores | 0 |
| H16 | Ayuda y documentación | 1 |
| Total | | 17 |

En general, el nivel de criticidad de los problemas es bajo/medio, un número significativo de problemas (7 de 17) fueron calificados, en promedio, con notas mayores a 6 (en una escala de 0 a 8), y 10 de los 17 problemas detectados fueron calificados con notas inferiores a 6. Cabe mencionar que no fueron detectados problemas extremadamente graves o catastróficos (criticidad 8), sin embargo, los problemas críticos detectados fueron reportados para ser solucionados de forma prioritaria.

El principio de usabilidad que más se incumple es H6, *Flexibilidad y eficiencia de uso*, esto debido a problemas como: no se ofrece un mecanismo que permita autocompletar datos de entrada, con lo cual, el usuario minimizaría el tiempo ingresando datos y la posibilidad de ingresar datos incorrectos. También, el EV no ofrece mecanismos alternativos para el ingreso de información. Por otro lado, el EV no es personalizable de acuerdo a las necesidades, características y preferencias personales de los usuarios, este no ofrece la posibilidad de ajustar el tamaño, ubicación, brillo, contraste, transparencia, entre otras características de los elementos de las interfaces del 3DGEN Viewer.

En segundo lugar, el método del conductor fue realizado con 8 usuarios representativos que se adecuan al perfil de usuario definido. Dicho perfil corresponde a usuarios con edad entre los 15 y 20 años, experiencia en el uso de tecnologías de la información (Internet) y sin experiencia previa en el uso de EV 3D. Este método fue realizado en las instalaciones de la Universidad Autónoma de Occidente, donde los usuarios interactuaron de forma sincrónica dentro del EV bajo la guía de un evaluador (o conductor) según una lista de tareas establecidas (ver Tabla 2), mediante las cuales se pretendía evaluar la usabilidad del sistema en cuanto a interacciones individuales como colaborativas (chatear, por ejemplo).

Tabla 2. Tareas posibles de realizar en el EV.

| Tarea | Tiempo promedio (seg.) |
|---|-------------------------------|
| Caminar hacia un avatar cercano. | 10 |
| Desplegar la información del avatar. | 3 |
| Enviar un mensaje al avatar mediante el chat. | 6 |
| Agregar 2 avatares más a la conversación. | 6 |
| Agregar los dos avatares como contactos. | 5 |
| Crear un grupo de contactos. | 8 |
| Desplegar información de un objeto interactivo. | 15 |
| Desplegar el mapa del EV para buscar un área específica. | 6 |
| Teletransporte al área identificada en la tarea anterior. | 8 |
| Desplegar lista de eventos en el EV para | 14 |

| Tarea | Tiempo promedio (seg.) |
|----------------------------------|-------------------------------|
| compartir uno en una red social. | |
| Interactuar con un objeto 3D. | 25 |

Durante la ejecución del método se enfatizó que el evaluador no debía intervenir a menos que el usuario solicitara su ayuda, y debía estar atento a la forma en que los usuarios realizaran cada tarea para así observar las diferencias existentes entre el modelo conceptual de la interfaz y el modelo mental de los usuarios. Los usuarios intercambiaban sus impresiones en voz alta para permitir al evaluador conocer sus procesos mentales y las percepciones subjetivas de los usuarios. En esta evaluación fueron consideradas ayudas técnicas como una cámara de video y herramienta software (MORAE [12] en su versión de prueba) para facilitar la revisión posterior de las interacciones y reacciones. La ejecución del método del conductor permitió identificar 9 problemas de usabilidad teniendo en cuenta las tareas indicadas a los usuarios, entre los cuales fueron confirmados 6 de los problemas críticos identificados en la evaluación heurística antes realizada. Además, fue analizado el ingreso de información mediante los dispositivos de entrada (teclado y ratón).

En tercer lugar, fueron realizadas entrevistas después de ejecutar el método del conductor, por lo cual fueron entrevistados los 8 usuarios que participaron en dicho método. La entrevista permitió recolectar información cualitativa, conociendo las impresiones, preferencias, y opiniones de los usuarios respecto a las interacciones colaborativas en el EV. Algunas de las preguntas realizadas a los usuarios fueron: ¿Considera que es presentada la información necesaria y/o elementos necesarios (como por ejemplo: opciones de búsqueda, ayuda, entre otros) para realizar las funciones disponibles en el EV?, ¿Considera fácil la navegación a través del EV?, ¿Cuál es su impresión general sobre el EV? Las preguntas de la entrevista permitieron determinar si las interfaces resultaban claras, sencillas y consistentes en su interacción y realimentación.

Finalmente, con base en la información recolectada en los métodos de evaluación de usabilidad aplicados, fueron realizados ajustes al EV objeto de estudio. Claro está que debe ser realizada una nueva evaluación para probar los aspectos que fueron modificados. También, para continuar validando el diseño de la interfaz y las interacciones en el EV creado sobre la plataforma 3DGEN (y desplegado mediante el módulo 3DGEN Viewer), fueron desarrollados proyectos para dos empresas con diferentes fines: uno de ellos fue un demo para un grupo nacional dedicado a la comercialización de equipos y tecnología médica, y el otro, un EV de entrenamiento de la fuerza de ventas de una empresa multinacional basada en Latinoamérica.

5. LECCIONES APRENDIDAS

Durante el diseño de la interfaz y de las interacciones de los EV, se destacan varios aspectos que, aunque ya son mencionados en estudios relacionados, se considera valioso hacer énfasis en su importancia para ser tomados en cuenta durante el diseño de futuros proyectos. Esos son:

Mantener una interfaz minimalista: es comprensible que en un EV se puede llegar a incluir una gran variedad de funcionalidades, que usualmente resulta en cantidades de botones y opciones distribuidas por la interfaz. Para esto es útil recurrir a la Navaja de

Ockham [7], que en términos del diseño, en esencia hace referencia a: la forma más simple, es la mejor. Hay varias formas para lograr esto: **1)** simplificando el acceso a las opciones de la interfaz, agrupando elementos similares en pantalla para facilitar su ubicación. Si son menús de importancia alta, preferiblemente ubicarlos en el lado derecho de la pantalla, ya que este es el primer punto visual del usuario (cuando el usuario lee de izquierda a derecha). **2)** Usar pestañas o contenedores para desplegar elementos relacionados. **3)** Si no puede evitarse el despliegue de varias ventanas, conviene usar transparencias de tal manera que si la ventana está ocupando espacio en pantalla, ésta no cubra el contenido del entorno por completo y el usuario pueda ver a través de ellas para mantenerse al tanto de la actividad.

Permitir la personalización: hace parte de la naturaleza humana el querer adaptar un entorno a su gusto, y esta tendencia no cambia cuando se trata de un EV. Es importante no "obligar" al usuario a conformarse por completo con el EV tal como le es presentado, sino ofrecerle opciones de personalización en los aspectos posibles, como en la presentación de información (avisos, notificaciones), la organización de los elementos (ventanas, menús), la forma de recibir retroalimentación (sonidos, luces), y en especial en lo que concierne a la apariencia de su avatar, ya que a través de este personaje el usuario puede identificarse dentro del entorno. En pocas palabras, entre más opciones de personalización se le ofrece al usuario, más a gusto se sentirá dentro del EV.

Incluir elementos 'divertidos': uno de los aspectos más atractivos de los EV es el elemento del entretenimiento, debido al dinamismo de la interacción. Sin embargo, si el entorno consiste solamente de objetos que pueden seleccionarse y nada más, podría tornarse aburrido. Es importante incluir animaciones interesantes e inesperadas para mantener la atención del usuario. Por ejemplo, en World of Warcraft [13], se pueden escribir comandos en el chat para activar animaciones como 'bañar' o 'coquetear'. No parece tener un nivel considerable de prioridad, pero elementos como estos son los que sorprenden y alegran al usuario, y evocan emociones positivas hacia el EV.

6. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Los entornos virtuales han demostrado ser un medio efectivo para una gran variedad de aplicaciones, desde la perspectiva comercial hasta la educativa. Por consiguiente, tanto el diseño como la evaluación efectiva de la interacción y de la interfaz de EV se hace cada vez más relevante.

A partir de la revisión de algunas interfaces de plataformas para el despliegue de EV colaborativos, se logró identificar las fortalezas y debilidades de cada uno de ellos para obtener el diseño del módulo 3DGEN Viewer, así como detectar algunas posibilidades de interacción para dicho módulo: teletransportación, uso de ventanas translúcidas y ventanas de información de los avatares. Estos referentes, junto con los principios heurísticos propuestos para EV, permitieron el diseño de una interfaz que cumple con estándares de usabilidad.

Respecto a la evaluación del EV piloto, cabe mencionar que la evaluación heurística funciona si son usados los principios heurísticos específicos para este tipo de sistemas. Por otro lado, respecto a las pruebas con usuarios reales, el método del conductor permite identificar las diferencias existentes entre el modelo conceptual del EV y el modelo mental de los usuarios. Cabe

mencionar que un incorrecto modelado geométrico del EV puede generar fallos en el modelo mental del usuario, dificultando la realización de las tareas que este propone.

Finalmente, se puede mencionar que gracias a las evaluaciones realizadas, fue recopilada información relevante para futuros ajustes del módulo 3DGEN Viewer que permita mejoras en la interacción con EV y brindar una experiencia de usuario efectiva, satisfactoria y memorable.

7. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido apoyado por el Grupo de Investigación en Telemática e Informática Aplicada (GITI) y Expin MediaLab de la Universidad Autónoma de Occidente (Colombia). Ha sido parcialmente financiado por el proyecto "Propuesta metodológica para la evaluación colaborativa de la usabilidad de sistemas software interactivos", financiado por la Dirección de Investigaciones y Desarrollo Tecnológico - IDT de la Universidad Autónoma de Occidente.

8. REFERENCIAS

- [1] D. Poppink, "Evaluating international usability of virtual worlds," in *CHI'00 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, 2000, pp. 343-344.
- [2] M. W. Bell, "Toward a definition of 'virtual worlds'," *Journal For Virtual Worlds Research*, vol. 1, 2008.
- [3] J. D. Cardona, L. J. Aguilar, D. A. Castro, "UP4VED: Development Method based on the Unified Process and Best Practices for Building Virtual Environments," in *Proceedings of the XV International Conference on Human Computer Interaction*, 2014, p. 49.
- [4] LindenLab. (2015, 25/10/2014). *Linden Lab*. Available: <http://www.lindenlab.com/>
- [5] Hyperfair. (2014, 10/07/2014). *Hyperfair 3D Immersive Virtual Events, Virtual Expos, Virtual Trade Shows, Hybrid Events, Engagement*. Available: <http://www.hyperfair.com/>
- [6] J. H. Teemu Surakka, Sami Ahma-aho, "Benchmark of 3D virtual environments " Aalto University School of Science 2012.
- [7] K. S. Hale, K. M. Stanney, *Handbook of virtual environments: Design, implementation, and applications*: CRC Press, 2014.
- [8] A. Evans, J. Agenjo, E. Gonzales, S. Gonzales, M. Dematei, M. Romeo, J. Blat, "Thinking about 3D-design Constraints for Effective 3D Interfaces," in *Visual Media Production (CVMP), 2010 Conference on*, 2010, pp. 131-140.
- [9] R. Muñoz, C. Rusu, "Mundos virtuales¿ usabilidad real?," in *Proceedings of the 10th Brazilian Symposium on on Human Factors in Computing Systems and the 5th Latin American Conference on Human-Computer Interaction*, 2011, pp. 134-138.
- [10] A. Solano, J. C. Cerón, C. A. Collazos, H. M. Fardoun, J. L. Arcimegas, "ECUSI: a software tool that supports the Usability Collaborative Evaluation of Interactive Systems," in *Proceedings of the XVI International Conference on Human Computer Interaction*, 2015, p. 42.
- [11] C. Rusu, R. Muñoz, S. Roncagliolo, S. Rudloff, V. Rusu, A. Figueroa, "Usability heuristics for virtual worlds," in *AFIN 2011, The Third International Conference on Advances in Future Internet*, 2011, pp. 16-19.

- [12] TechSmith. (2011, 12/07/2014). *Morae*. Available: <http://www.techsmith.com/morae.html>
- [13] WorldofWarcraft. (2015, 03/03/2015). *World of Warcraft - Battle.net*. Available: <http://us.battle.net/wow/es/>

IPO & Proceso de desarrollo Software

Incorporación de la Técnica Personas en el Proceso de Desarrollo Open Source Software

Lucrecia Llerena, Nancy Rodríguez,
Gary Sacca
Departamento de Ingeniería Informática,
Universidad Autónoma de Madrid,
Madrid, España
{lllerena,nrodriguez}@uteq.edu.ec,
gary.sacca@estudiante.uam.es

John W. Castro
Departamento de Ingeniería
Informática y Ciencias de la
Computación
Universidad de Atacama,
Copiapó, Chile
john.castro@uda.cl

Silvia T. Acuña
Departamento de Ingeniería
Informática
Universidad Autónoma de Madrid,
Madrid, España
silvia.acunna@uam.es

RESUMEN

Debido al crecimiento de usuarios de aplicaciones Open Source Software (OSS) que no son desarrolladores, y a que cada vez más empresas usan estas aplicaciones, surge la necesidad y el interés por desarrollar OSS usable. Por lo general, las comunidades OSS tienen desconocimiento sobre cómo aplicar técnicas de usabilidad y no está claro cuáles técnicas utilizar en cada actividad del proceso de desarrollo. Nuestra investigación tiene por objetivo incorporar la técnica de usabilidad Personas en el proyecto OSS PSeInt y determinar la viabilidad de aplicar la técnica gracias a transformaciones. Para ello, hemos participado como voluntarios en el proyecto. El método de investigación seguido durante la aplicación de la técnica y participación en la comunidad es el caso de estudio. Como resultado, identificamos condiciones desfavorables que dificultaban aplicar la técnica y realizamos modificaciones a dicha técnica para poder aplicarla. Podemos concluir que las modificaciones nos ayudaron a aplicar la técnica y que no resulta sencillo conseguir usuarios OSS que participen en la aplicación de técnicas de usabilidad.

Keywords

Open Source Software; Técnicas de Usabilidad; Ingeniería de Requisitos; Análisis de Usuarios; Personas.

1. INTRODUCCIÓN

En el área de la Interacción Persona Ordenador (IPO) existen técnicas de usabilidad cuya finalidad principal es la obtención de software usable. Sin embargo, se aplican en el marco de métodos IPO, y no en el proceso de desarrollo Open Source Software (OSS). Algunas características propias de OSS (por ejemplo, distribución geográfica de sus miembros) impiden que muchas de las técnicas de usabilidad puedan ser incorporadas directamente [1]. Actualmente, las comunidades OSS no poseen procesos estándares que garanticen desarrollos de un buen software. La comunidad OSS ha comenzado a incorporar algunas técnicas de usabilidad relacionadas con la evaluación de la usabilidad [1]. Siendo pocas las técnicas relacionadas con el análisis de requisitos y el diseño incorporadas por la comunidad. Una de estas técnicas, relacionada con el análisis de requisitos (particularmente para el análisis de los usuarios), es la técnica Personas. El objetivo de esta investigación consistió en evaluar la viabilidad de aplicar la técnica Personas transformada en el proyecto OSS PSeInt. El método de investigación utilizado para realizar la validación de nuestra investigación es el estudio de caso, que parte de la pregunta de investigación: ¿Es posible determinar si ciertas transformaciones de la técnica de usabilidad Personas permiten su incorporación en un proyecto OSS real?. Para validar nuestra propuesta, seleccionamos el proyecto PSeInt, donde participamos como voluntarios.

2. SOLUCIÓN PROPUESTA

Luego de analizar la técnica Personas, identificamos las condiciones desfavorables que dificultaban aplicar esta técnica en los desarrollos OSS y propusimos transformaciones para superar estas condiciones y poder así aplicar la técnica en OSS. Cooper et al. [2], el padre de esta técnica, y algunos otros trabajos [3], [4] proponen procedimientos para la creación de Personas. La técnica Personas de Cooper et al. [2] está conformada por 7 pasos (ver primera columna de la Tabla 1). A continuación, describiremos el paso inicial de esta técnica y las condiciones desfavorables que identificamos que dificultaban su incorporación en los desarrollos OSS. En el paso 1, el objetivo es identificar variables conductuales del usuario final del producto (por ejemplo, actitud hacia las tecnologías de la información). Cooper et al. [2] propone entrevistar a los usuarios para conseguir la información necesaria a partir de la cual se obtienen las variables conductuales. Sin embargo, los usuarios OSS se encuentran distribuidos por todo el mundo convirtiendo esta característica en una condición desfavorable para aplicar la técnica. Realizamos un análisis similar al anterior, para identificar las condiciones desfavorables asociadas a cada uno de los 7 pasos de la técnica Personas. Las transformaciones propuestas son principalmente dos: (i) los usuarios participan en forma online, (ii) el experto en usabilidad es reemplazado por un usuario experto o un estudiante de la IPO bajo la tutoría de un mentor. Particularmente, en nuestro caso el experto fue reemplazado por un grupo de estudiantes del último año del Master en Investigación e Innovación en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y que estaban bajo la supervisión de 2 investigadores expertos en usabilidad. La Tabla 1 resume las condiciones desfavorables identificadas y las transformaciones propuestas para la técnica Personas. Con el objetivo de recolectar la información necesaria para aplicar la técnica Personas, diseñamos una encuesta que nos permitió identificar variables conductuales relacionadas con actitud hacia la tecnología, experiencia de uso de los ordenadores, frecuencia, motivación y finalidad de uso de la aplicación, profesión u oficio. Esta encuesta fue publicada en un foro OSS del sitio SourceForge (obteniéndose 6 respuestas) y en redes sociales (obteniéndose 55 respuestas). Con el resultado de la aplicación de la encuesta se formó la masa crítica para realizar la *clusterización* de los resultados y dar un bosquejo de las Personas. En el análisis de datos obtenidos de la encuesta "PSeInt" se utilizó Weka aplicando el algoritmo de agrupamiento k-means. K-means permitió la generación de clústers, obteniéndose dos segmentos clúster 1 y 2, siendo el clúster 1, el correlativo a la "persona" primaria, el más preponderante. Seguido está el clúster 2, cuya persona "secundaria" posee características similares a la persona primaria y su variación está relacionada con las variables conocimiento informático, tipo de usuario de la herramienta y nivel de

conocimiento de PSeInt. Identificadas las personas primarias y las secundarias, realizamos el chequeo de redundancia y completitud, para ello encuestamos a un grupo de desarrolladores y de usuarios particulares. Estas personas fueron encuestadas en relación a las variables conductuales identificadas previamente y se les realizó un test psicológico. La encuesta "Personas" sirvió para validar los datos obtenidos y con el test "Personalidad" profundizamos las características relacionadas con la conducta. A partir del análisis de los resultados de estas encuestas, elaboramos el documento "Fundación de Personas" que contiene una síntesis de las características y objetivos relevantes de las personas creadas.

Tabla 1. Condiciones desfavorables y transformaciones

| Pasos de la Técnica [2] | Condiciones Desfavorables | Transformaciones Propuestas |
|--|---|--|
| 1. Identificación de variables conductuales. | <ul style="list-style-type: none"> No se dispone de personas, ni de espacios. | <ul style="list-style-type: none"> Los usuarios participan en forma online. |
| 2. Mapeo de sujetos entrevistados a las variables conductuales. | <ul style="list-style-type: none"> No se identifica explícitamente las tareas asociadas a estos pasos. | <ul style="list-style-type: none"> Se detallan las tareas asociadas a cada paso. El experto puede ser un desarrollador, un usuario experto del proyecto OSS o un estudiante de la IPO. |
| 3. Identificación de patrones de comportamiento significativos. | <ul style="list-style-type: none"> Requiere experticia de personal conocedor de la técnica y de usabilidad. | |
| 4. Síntesis de características y objetivos relevantes de personas. | <ul style="list-style-type: none"> No se especifica el formato del documento asociado a este paso. Requiere experticia de personal conocedor de la técnica y de usabilidad. | <ul style="list-style-type: none"> Se especifica el formato para el producto de salida. El experto puede ser un desarrollador, un usuario experto del proyecto OSS o un estudiante de la IPO (bajo la tutoría de un mentor). |
| 5. Chequeo de redundancia y completitud. | <ul style="list-style-type: none"> No se identifica las tareas asociadas a estos pasos. | <ul style="list-style-type: none"> Se detallan las tareas asociadas a cada paso. El experto puede ser un desarrollador, un usuario experto del proyecto OSS o un estudiante de la IPO (bajo la tutoría de un mentor). |
| 6. Expansión de la descripción de atributos de personas. | <ul style="list-style-type: none"> Requiere experticia de personal conocedor de la técnica y de usabilidad. | |
| 7. Definición y designación de tipos de personas. | | |

La comunicación con la comunidad PSeInt fue difícil, porque no todos los usuarios estaban dispuestos a participar en la aplicación de la técnica de usabilidad. La mayoría de los usuarios son voluntarios y no cuentan con suficiente tiempo para su participación. Además de los problemas derivados de la aplicación de la técnica, surgieron dificultades al seleccionar a los participantes en la comunidad del proyecto PSeInt (solo 6 respuestas en el Foro). Sin embargo, esto no sucedió con los usuarios (estudiantes) reclutados en las redes sociales (55 respuestas), quienes se mostraron muy interesados, desde el primer instante de publicación de la encuesta. Las dificultades presentadas se debían principalmente a que no logramos establecer contacto con el administrador del proyecto. Por tanto, no teníamos el registro de los usuarios representativos de la aplicación. De modo que se optó por buscar los usuarios en el foro de SourceForge y posteriormente usar las redes sociales. Esta

investigación constituye un trabajo inicial, y por tal razón es necesario realizar más casos de estudios para validar las transformaciones propuestas. Existen otras técnicas de usabilidad (por ejemplo, perfiles de usuarios, evaluación heurística, información post-test) que pueden usar las transformaciones propuestas (por ejemplo, expertos reemplazados por estudiantes de la IPO bajo la tutela de un mentor) para poder ser incorporadas en el proceso de desarrollo OSS.

3. CONCLUSIONES

Luego de realizar la transformación de la técnica Personas para poder aplicarla en el proyecto OSS PSeInt, concluimos que conseguir usuarios que participen desinteresadamente en la aplicación de la técnica no resultó sencillo. Además, los usuarios no cuentan con suficiente tiempo y sin algún incentivo resulta difícil conseguir su participación. Con la aplicación de la técnica Personas definimos los segmentos de los usuarios, que corresponden a dos sub-grupos de estudiantes, destacando en ellos la característica de conocimiento informático, el primer grupo con nivel medio y el segundo con un nivel alto. La definición de los dos segmentos se logró por la difusión del material a través de las redes sociales y no precisamente por la participación de personas de la comunidad OSS (contactadas en un foro OSS). Las principales condiciones desfavorables de la técnica Personas que dificultan su aplicación en OSS son dos: (i) necesidad de contar con un experto en usabilidad para aplicar la técnica, (ii) carencia de usuarios presenciales. Para dar solución a estas condiciones se propone (i) que el experto en usabilidad sea sustituido por un estudiante o grupo de estudiantes de la IPO, bajo la supervisión de un mentor, (ii) la participación de los usuarios OSS sea remota (a través de artefactos web como por ejemplo encuestas online).

4. AGRADECIMIENTOS

En la financiación de esta investigación han participado: (i) la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT) del Gobierno Ecuatoriano y la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, por otorgar licencias para la formación doctoral de docentes universitarios, (ii) el Ministerio Español de Educación, Cultura y Deportes con los proyectos FLEXOR, "Realizando Experimentos en la Industria del Software: Comprensión del Paso de Laboratorio a la Realidad" (TIN2014-52129-R y TIN2014-60490-P, respectivamente) y eMadrid-CM "Investigación y Desarrollo de Tecnologías Educativas en la Comunidad de Madrid" (S2013/ICE-2715).

5. REFERENCIAS

- Castro, J.W. 2014. Incorporación de la Usabilidad en el Proceso de Desarrollo Open Source Software. Tesis Doctoral. Departamento de Ingeniería Informática, Escuela Politécnica Superior. Universidad Autónoma de Madrid.
- Cooper, A., Reinmann, R. and Cronin, D. 2007. About Face 3.0: The Essentials of Interaction Design. Wiley.
- Castro, J.W., Acuña, S.T. and Juristo, N. 2008. Integrating the Personas Technique into the Requirements Analysis Activity. Proceedings of the Mexican International Conference on Computer Science (Oct. 2008), 104–112.
- Putnam, C., Kolk, B. and Wood, S. 2012. Communicating About Users in ICTD: Leveraging HCI Personas. Proceedings of the Fifth International Conference on Information and Communication Technologies and Development - ICTD '12 (Mar. 2012), 338–349.

Selección de framework para el desarrollo de apps móviles híbridas y web

Federico Botella
Instituto Centro de Investigación
Operativa
Universidad Miguel Hernández de Elche
federico@umh.es

Pedro Escribano
Dep. Estadística, Matemáticas e
Informática
Univ. Miguel Hernández de Elche
pedro.escribano@goumh.es

Antonio Peñalver
Instituto Centro de Investigación
Operativa
Universidad Miguel Hernández de Elche
a.penalver@umh.es

RESUMEN

El desarrollo de apps móviles es una tarea difícil hoy día, pues tenemos tres plataformas móviles diferentes (Android, iOS y Windows Phone), cada una con su propio entorno de desarrollo y con una variedad de frameworks de desarrollo móvil que facilita el intercambio de código. En este artículo se presenta un estudio reciente para seleccionar el mejor framework para el desarrollo de apps móviles. Veremos que las apps híbridas son la mejor opción para el desarrollo de una app móvil y que son tan apreciadas por los usuarios como las app nativas.

Palabras clave

Apps móviles web; apps móviles híbridas; apps móviles nativas; comparación de frameworks.

1. INTRODUCCION

Hoy día hay más contratos nuevos de línea móvil que nacimientos en el mundo: 4 nacimientos por segundo frente a 12 nuevas líneas móviles por segundo en todo el mundo [1,2]. La necesidad de tener acceso a la información en cualquier lugar y en cualquier momento, parece ser una gran preocupación en el mundo real.

En la actualidad tenemos tres plataformas móviles: Android, iOS y Windows Phone. Cuando una empresa quiere crear una app, tiene que desarrollarla en al menos dos de estas tres plataformas, si quieren tener éxito. Pero el desarrollo de una app nativa para cada una de estas plataformas se ha convertido en una tarea ardua. Muchos marcos y herramientas de desarrollo móviles han aparecido últimos años permitiendo a los desarrolladores obtener una app en un tiempo razonable. La pregunta es: ¿qué framework debo seleccionar para desarrollar rápidamente una aplicación para estas tres plataformas? Y, además, ¿qué plataforma debería seleccionar para obtener la app más fácil de usar?

Varios estudios previos han comparado las herramientas de desarrollo móvil de plataforma cruzada, como Palmeri et al. [3] donde presentan una comparación entre cuatro herramientas multiplataforma: Rhodes, PhoneGap, DragonRAD y MoSync, para proporcionar una visión general sobre la disponibilidad de interfaces de app, lenguajes de programación, sistemas operativos móviles soportados, licencias y entornos de desarrollo integrados. En Dalmaso et al. [4] evalúan la arquitectura para el desarrollo

de aplicaciones multiplataforma como PhoneGap, Titanium o Sencha Touch] y comparan las plataformas en términos de CPU, uso de memoria y el consumo de energía.

En este trabajo se presenta una comparación de varios frameworks de desarrollo de apps móviles que hemos seleccionado en base a diferentes parámetros, como los lenguajes de programación soportados, la disponibilidad de un IDE propietario o la calidad de la documentación en su página web. Hemos diseñado una app sencilla con el fin de probar cada uno de los frameworks de desarrollo seleccionados para todos los criterios definidos. Por último, se analizó la app desde el punto de vista del desarrollador y del usuario final para la selección del framework mejor.

2. EVALUACION DE FRAMEWORKS DE DESARROLLO

De los tres sistemas operativos móviles más utilizados en la actualidad, Android, iOS y WindowsPhone(WP), descartamos WP pues sólo representar el 3% del mercado y decidimos realizar nuestro estudio para los frameworks de desarrollo de apps para Android e iOS que suponen el 97% restante de la cuota de mercado.

Para seleccionar los frameworks de desarrollo de apps móviles definimos varios criterios como plataformas de apoyo, aplicación final (web/híbrida), idiomas, IDE propio, documentación, interfaz de usuario, CLI, licencias y otros.

Seleccionamos 20 frameworks en una primera fase: AppBuilder, appMobi, Bedrock, Clojo, Cordova, Dojo Mobile, dragonRAD, Ionic, jQueryTouch, jQuery, Kony, Lungo, Marmelade, Monaca, MoSync, Netbiscuits, PhoneGap, Qooxdoo, RhoMobile, Sencha, Shiva, SproutCore, Worklight y Zepto.js.

Tras un primer análisis de estos framework, seleccionamos 9 de ellos que clasificamos en frameworks para apps web (Sencha, Dojo, jQuery mobile, jQueryTouch y Lungo) y frameworks para apps híbridas (Ionic, Cordova, RhoMobile y MoSync). De éstos seleccionamos uno de cada categoría para realizar el análisis en profundidad, construyendo una app móvil con cada uno, para tratar de seleccionar el mejor entorno de desarrollo de apps móviles comparando el resultado con una app nativa.

Entre los frameworks web seleccionamos Sencha Touch 2.0 por el uso de JavaScript Ext JS y su facilidad integrar plugins en otros IDE como Eclipse o Visual Studio. De los frameworks apps híbridas seleccionamos Ionic por la variedad de componentes UI y la simplicidad de la lógica de negocio de nuestra app.

La aplicación de prueba se compone de una pantalla principal con un menú de deslizamiento lateral, donde el usuario puede ver información sobre el dispositivo, un mapa de posición, una lista de tareas en las que el usuario gestionará tareas simples, un menú para comprobar el pronóstico del tiempo y además el usuario podrá añadir una notificación a la agenda del dispositivo.

3. COMPARACIÓN DE LOS FRAMEWORKS DE DESARROLLO SELECCIONADOS

Primero desarrollamos nuestra app de prueba de forma nativa para Android e iOS y luego desarrollamos la misma app utilizando framework Sencha Touch 2.0 y el Ionic 1.3.

Definimos varios criterios para la comparación de los frameworks desde el punto de vista del usuario final y del desarrollador.

Los criterios elegidos para comparar las apps desde el punto de vista del usuario final fueron: (1) Funcionalidad, (2) Interface de usuario y (3) Versiones.

Los criterios elegidos desde el punto de vista del desarrollador fueron: (1) Tiempo de desarrollo, (2) Reutilización de código y (3) Acceso nativo.

Asignamos un peso a cada uno de estos seis criterios y calculamos el resultado final para cada framework como el promedio de los resultados obtenidos desde cada una de las categorías anteriores. En la Tabla 1 podemos ver los resultados obtenidos al evaluar la app de prueba obtenida con cada framework respecto a la app nativa.

Tabla 1. Resultados de la comparación de la app de prueba desarrollada de forma nativa o con cada framework

| | And/iOS | Sencha | Ionic |
|----------------------------|---------|--------|-------|
| Funcionalidad (40%) | 10 | 6 | 7 |
| Interface usuario (40%) | 10 | 6 | 8 |
| Versiones (20%) | 10 | 9 | 7 |
| Tiempo desarrollo (40%) | 2 | 8 | 9 |
| Reutilización código (30%) | 3 | 7 | 8 |
| Acceso nativo (30%) | 10 | 2 | 8 |

Asignamos la calificación máxima a funcionalidad, interface de usuario y versiones de la app nativa para Android o iOS ya que obviamente reunió todas las características esperadas desde el punto de vista del usuario final. Pero desde el punto de vista del desarrollador, el tiempo de desarrollo fue mucho mayor que usando cualquiera de los dos framework en evaluación. La reutilización de código tampoco fue posible ni con iOS ni con Android. Por último, el acceso nativo es obvio para las apps nativas por lo que obtuvieron la calificación máxima de nuevo.

La funcionalidad de la app desarrollada con Sencha es más limitada que en una app desarrollada con otros frameworks, pues la app final es una app web. Así el acceso a ciertas propiedades del dispositivo es muy limitado. Algunos elementos de la interfaz de usuario de la app desarrollada con Sencha se presentan de forma diferente de un navegador a otro y el tiempo de carga de la app es mayor que con una app nativa. La app con Sencha ejecuta correctamente en todos los navegadores. El tiempo de desarrollo de la app fue menor que una app nativa en Android o iOS, debido principalmente a la curva de aprendizaje para empezar a desarrollar con tecnologías nativas. La reutilización de código en Sencha es también un aspecto importante en cuanto a las tecnologías web utilizadas. El acceso nativo a partir de una app web para propiedades específicas del dispositivo a veces es muy difícil de lograr, al igual que con las notificaciones.

Ionic obtuvo mejores calificaciones en todos los criterios, ya que la app final es híbrida. La funcionalidad de las apps desarrolladas con Ionic está cerca de las apps nativas. Sólo tuvimos algunos problemas concretos relacionados con el sonido o Bluetooth para detectar el estado del dispositivo. La interfaz de usuario de la app estaba muy próxima a la de una app nativa. La app obtenida pudo instalarse en todas las versiones de iOS, pero sólo en versiones de Android superiores a la 4.1. El tiempo de desarrollo con Ionic fue el más corto: la curva de aprendizaje de Ionic se reduce debido al

uso de lenguajes web comunes para el desarrollo. La reutilización de componentes desarrollados con Ionic es también alta. El acceso nativo a las funciones específicas de Android o iOS está garantizado por el uso de plugins.

Table 2. Resultados finales obtenidos por cada framework

| | And/iOS | Sencha | Ionic |
|-----------|---------|--------|-------|
| User | 10 | 6,6 | 7,4 |
| Developer | 4,7 | 5,9 | 8,4 |
| Total | 7,35 | 6,25 | 7,9 |

En la Tabla 2 podemos ver los resultados finales obtenidos por los dos frameworks analizados, Sencha e Ionic, en relación a los resultados finales obtenidos por la app nativa. Se calcularon los resultados teniendo en cuenta los pesos definidos para cada criterio y podemos ver como Ionic obtiene mejor puntuación que Sencha, debido a los mejores resultados obtenidos como app híbrida. A pesar de que la app obtenida con Sencha tenía buena calidad y una buena puntuación desde el punto de vista del usuario final, se encuentran más difícil el desarrollo de apps web con este framework, en algunos aspectos, para obtener una app cercana a las aplicaciones nativas.

4. CONCLUSIONS

En este trabajo se presenta un estudio comparativo de los diferentes frameworks de desarrollo de apps móviles actuales para conseguir una app, de forma rápida, eficiente y con un alto grado de usabilidad que pueden estar cerca de una app nativa.

Los usuarios aprecian las apps híbridas, debido a que tienen una funcionalidad, aspecto e interacción similar a una app nativa. Las apps web también pueden considerarse buenas apps y próximas a las apps nativas según el tipo de app. Si la app no necesita acceder a las características específicas de hardware del dispositivo, podemos obtener muy buenas apps web, fáciles de desarrollar y bien valoradas por los usuarios para realizar tareas simples.

Aunque las apps nativas siguen siendo más valoradas por los usuarios, podemos decir que el producto final obtenido con uno de estos frameworks puede ser aceptable para muchas empresas que necesitan una aplicación móvil con bajos requisitos específicos y en un tiempo de desarrollo razonable.

Como trabajo futuro estamos extendiendo esta comparación a otros frameworks en el que podamos desarrollar apps nativas y apps para Windows Phone como Appcelerator Titanium o Xamarin, que son también dos buenos frameworks de desarrollo.

5. REFERENCES

- [1] ITU. 2014. "Measuring the Information Society Report 2014". International Telecommunication Union. Retrieved on 20.10.2015 from <http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/publications/mis2014.aspx>
- [2] USCB. "U.S. and World Population Clock" U.S. Census Bureau. Retrieved on 20.10.2015 from <http://www.census.gov/popclock/>
- [3] Palmieri, M., Singh, I., & Cicchetti, A. 2012. Comparison of cross-platform mobile development tools. *16th International Conference on Intelligence in Next Generation Networks, ICIN 2012*, 179–186. doi:10.1109/ICIN.2012.6376023
- [4] Dalmasso, I., Datta, S. K., Bonnet, C., & Nikaiein, N. 2013. Survey, comparison and evaluation of cross platform mobile application development tools. *9th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC)*, 323–328. doi:10.1109/IWCMC.2013.6583580

Un Marco de Procesos para el Desarrollo de Juegos Serios para Rehabilitación Motora

Esperança Amengual Alcover, Antoni Jaume-i-Capó and Biel Moyà-Alcover
Departamento de Ciencias Matemáticas e Informática, Universitat de les Illes Balears
Ctra. de Valldemossa, Km. 7.5, 07122 - Palma de Mallorca, Spain
{eamengual, antoni.jaume, gabriel.moya}@uib.es

RESUMEN

Actualmente el desarrollo de juegos serios para terapias de rehabilitación está ganando popularidad dadas las ventajas motivadoras de este tipo de aplicaciones informáticas. En consecuencia la necesidad de disponer de un marco de procesos para el desarrollo de esta categoría de aplicaciones se ha hecho más patente. El objetivo es garantizar que los productos se desarrollan y se validan siguiendo un método coherente y sistemático que dé como resultado juegos serios de calidad. En este artículo se presenta una iniciativa de diseño de un marco metodológico para el desarrollo de juegos serios para rehabilitación motora.

CCS Concepts

• Software and its engineering → Software notations and tools → Development frameworks and environments

Palabras clave

Proceso de software; juegos serios; marco de desarrollo.

1. INTRODUCTION

Los juegos serios (del inglés “*serious games*”) son videojuegos diseñados para un objetivo principal diferente del simple propósito de entretener. En diferentes áreas (p.ej en educación, salud, políticas públicas, comunicación estratégica o militar) la finalidad última de un juego serio es alcanzar un determinado objetivo mediante el entretenimiento y la motivación proporcionados por la experiencia de jugar.

Dentro de la categoría de juegos serios para mejorar la salud, éstos se centran básicamente en terapias psicológicas, entrenamiento cognitivo o rehabilitación física. En este trabajo nos centramos en el desarrollo de juegos serios para la rehabilitación motora, área en la que este tipo de aplicaciones informáticas ofrece resultados prometedores gracias al aspecto motivacional en las sesiones de rehabilitación [1,2]. A menudo las terapias consisten en la repetición de actividades de manera intensiva y, después de centenares de sesiones, el resultado es la desmotivación del paciente [3]. Más concretamente, en [4] se demuestra que los juegos serios ayudan a motivar a los pacientes en las sesiones terapéuticas. El hecho de que los usuarios deban centrar su atención en las actividades cognitivas y motoras requeridas en el juego les distrae de la tarea terapéutica [5]. Los ejercicios asociados a la terapia se basan en pequeños logros en un juego y además, como proporcionan información de manera continuada al paciente, las mejoras son más evidentes y se puede conseguir un mejor control de la capacidad motora [6].

Dada la importancia que tiene en la actualidad el desarrollo de juegos serios, consideramos necesario que existan marcos de procesos específicos para este tipo de aplicaciones informáticas. En base a los fundamentos de la ingeniería del software [7,8] creemos que la adopción de un método sistemático y organizado

para el desarrollo de juegos serios es la manera más efectiva de producir aplicaciones de calidad.

De acuerdo con el padre de la calidad del software, Watts Humphrey, la disciplina en el proceso es importante porque la calidad del proceso determina la calidad del producto desarrollado [9]. Sin embargo, tal y como afirman otros expertos en ingeniería del software [8,10], no existe un único modelo de procesos que se pueda aplicar a cualquier tipo de desarrollo informático, sino que, por el contrario, cada situación requiere su propio enfoque y la manera en la que un posible método sistemático se aplica, varía mucho dependiendo de diferentes aspectos entre los cuales el más importante es el tipo de aplicación que se quiere desarrollar.

Hasta donde llega nuestro conocimiento no existe ningún marco de procesos para el desarrollo de juegos serios para rehabilitación motora. En la literatura se pueden encontrar algunas consideraciones de diseño importantes [11,12] que hemos tenido en cuenta como punto de partida para desarrollar un marco de procesos que abarque, además del diseño, las otras dimensiones del proceso de desarrollo de una aplicación informática.

En este artículo se presenta una propuesta de un marco de procesos para el desarrollo de juegos serios para rehabilitación motora. En el apartado 2 se enumeran las características propias de los juegos serios que se deben considerar para poder definir un marco de procesos adaptado. En el apartado 3 exponemos las consideraciones a tener en cuenta para el diseño de las actividades que formaran parte del proceso. En el apartado 4 se presenta el modelo y, finalmente, en el apartado 5, se indica el trabajo futuro.

2. DISEÑO DE JUEGOS SERIOS

Antes de definir un nuevo marco de procesos para el desarrollo de juegos serios, en este apartado exponemos algunas realidades con las que nos hemos encontrado en la mayoría de proyectos de desarrollo de juegos serios para terapias de rehabilitación motora.

Burke et al. [1] identifican dos principios en la teoría de diseño de juegos que resultan particularmente relevantes en el caso de la rehabilitación: juego coherente (relación entre la interacción del usuario y la reacción del sistema) y reto (mantener un cierto nivel de dificultad para motivar al jugador). Por otra parte, Jaume-i-Capó et al. [11] enumeran las características deseables en los juegos serios para rehabilitación que se exponen en los apartados siguientes.

2.1 Mecanismo de Interacción

Un juego serio no debe poner en práctica una nueva terapia de rehabilitación porque esto implicaría una validación doble: el juego y la terapia. Es más adecuado basar el mecanismo de interacción del juego en una terapia ya validada y considerar las capacidades físicas del usuario para definir el modelo de interacción. Asimismo, este modelo debe ser no invasivo.

2.2 Desarrollo incremental y validación

La experiencia en este tipo de proyectos demuestra que para asegurar los objetivos debemos seguir un desarrollo incremental que dé soporte a la comunicación, un aspecto que consideramos crucial porque el lenguaje técnico de los desarrolladores difiere mucho del lenguaje de los terapeutas. Además, el desarrollo incremental nos permitirá incorporar las actividades de validación como una actividad importante dentro de cada incremento para asegurar que el juego cumple con el efecto terapéutico para el que ha sido diseñado.

2.3 Evaluación clínica

El juego serio debe validarse clínicamente para evaluar los efectos del tratamiento y compararlo con la terapia estándar para concluir si el juego cumple con su objetivo de rehabilitación. Es importante que las validaciones previas realizadas sean precisas, porque una evaluación clínica es muy costosa en cuanto a recursos y tiempo, además de tener que ser previamente aceptada por un comité ético.

3. PROCESO DE DESARROLLO

Un proceso de desarrollo es un conjunto de actividades que nos conduce a la producción de un producto software [13,14]. Existen muchos procesos diferentes pero todos ellos incluyen cuatro actividades básicas [8]: especificación, diseño e implementación, validación y evolución. Estas actividades se organizan de manera diferente según el proceso de desarrollo.

En el caso de un proceso de desarrollo para juegos serios, al igual que en otros marcos de desarrollo de software, estas actividades se podrían organizar en un modelo incremental. En base a la experiencia adquirida por los autores en el desarrollo de juegos serios [15,16] y en la evaluación y mejora de procesos de desarrollo de software [17-21], el modelo propuesto para el desarrollo de juegos serios podría basarse en tres propuestas diferentes. En primer lugar, consideramos la necesidad de un modelo ágil que facilite el desarrollo incremental, la participación directa de terapeutas y pacientes, así como la gestión y el control iterativo del proyecto. En segundo lugar, pensamos que un posible punto de partida podría ser el modelo de desarrollo de aplicaciones Web propuesto por [22] dadas las similitudes entre el los requisitos de desarrollo de juegos serios y los requisitos de desarrollo de aplicaciones Web [23] que se exponen en el apartado 3.1. Finalmente, creemos que los pasos que deben seguirse para la implementación de un juego serio para rehabilitación motora son similares a los que se siguen en un ensayo clínico para un nuevo medicamento [24], tal y como exponemos en la sección 3.2.

3.1 Aplicaciones Web y juegos serios

La ingeniería Web se considera una especialización de la ingeniería del software [25]. En base a esta idea los principios básicos de la ingeniería Web son:

1. Disponer de unos requisitos claramente definidos
2. Desarrollo sistemático en fases
3. Planificación cuidadosa de cada fase
4. Auditoría continuada del proceso de desarrollo

Desde este mismo punto de vista consideramos que las técnicas de desarrollo de software existentes se pueden adaptar al desarrollo de juegos serios del mismo modo que se han adaptado al desarrollo de aplicaciones Web. Ambos tipos de aplicaciones difieren de los sistemas tradicionales en los aspectos que se muestran a continuación.

3.1.1 Multidisciplinariedad

El desarrollo de juegos serios requiere la participación de expertos de disciplinas diferentes. La heterogeneidad y multidisciplinariedad de los participantes en el proyecto hace que llegar a un consenso sea todo un reto. Las personas de disciplinas diferentes utilizan su propia jerga y su propio lenguaje que es necesario reconciliar.

3.1.2 Importancia de los aspectos de calidad

Los aspectos de calidad resultan decisivos para el éxito tanto de las aplicaciones Web como de los juegos serios. Aunque los criterios de calidad pueden diferir de un área a otra (p.ej., la seguridad en el comercio electrónico frente a la seguridad en los juegos serios), siempre hay unos aspectos de calidad que son igualmente importantes en ambos dominios, como por ejemplo la usabilidad. Además, a parte de la importancia de los aspectos de calidad, la realidad es que un método adecuado debe especificar los criterios de aceptación de manera clara.

3.1.3 Calidad de la interfaz de usuario

La calidad de la interfaz de usuario es otro aspecto crítico para el éxito en ambos dominios. Una solución en el desarrollo de aplicaciones Web es la creación de prototipos que permitan a los usuarios entender y validar la aplicación mediante la experimentación en lugar de sobre modelos abstractos. El mismo argumento es aplicable a los juegos serios donde los pacientes deben poder utilizar el sistema para evaluar si la interfaz y el modelo de interacción son adecuados.

3.1.4 Inexperiencia de los desarrolladores

El desarrollo de juegos serios con objetivo terapéutico es relativamente nuevo con lo que la falta de experiencia de los desarrolladores puede llevarles a falsas estimaciones en cuanto a la evaluación de la viabilidad y los costes de implementación de un nuevo juego.

3.2 Similitudes entre el proceso de ensayo clínico y el desarrollo de un juego serio

Durante el desarrollo de un juego serio [15] hemos podido observar ciertas similitudes con el proceso que se sigue en un ensayo clínico para un nuevo medicamento [24] según el cual se realizan cinco fases con el objetivo de encontrar evidencias suficientes para la aceptación del medicamento como tratamiento médico:

- Fase 0. El medicamento se prueba en sujetos no humanos para determinar su eficacia.
- Fase 1. El medicamento se prueba en personas sanas que se prestan voluntariamente para comprobar su seguridad.
- Fase 2. El medicamento se prueba en pacientes para determinar su eficacia en humanos.
- Fase 3. El medicamento se prueba en pacientes para determinar su efecto terapéutico.
- Fase 4. El medicamento se pone a disposición pública para determinar sus efectos a largo plazo.

Al igual que en un ensayo clínico, la implementación de un juego serio necesita seguir las cinco fases que se detallan a continuación.

3.2.1 Selección de la terapia

El equipo de desarrollo debe analizar las terapias existentes para los objetivos clínicos teniendo en cuenta las capacidades de los

pacientes. Esta fase asegura la eficacia de la terapia antes de que ésta sea implementada mediante un juego serio.

3.2.2 Mecanismo de interacción

Teniendo en cuenta la tecnología disponible, el equipo de desarrollo diseña el mecanismo de interacción que permita capturar los movimientos necesarios para la terapia. Es importante asegurarse de que el mecanismo propuesto es seguro para las capacidades motoras del paciente. Por ejemplo, si la terapia requiere un movimiento de brazos y el paciente no puede sostener un dispositivo de entrada para la interacción, entonces se pueden utilizar cámaras y visión por ordenador como mecanismo de interacción.

3.2.3 Elementos de interacción

Es necesario controlar que el paciente realiza la terapia de manera adecuada. El equipo debe diseñar los elementos de interacción que obtienen al paciente a realizar la terapia correctamente. Asimismo, también es necesario asegurarse de que la terapia resulta efectiva.

3.2.4 Juego serio

Siguiendo los principios expuestos en la teoría para el diseño de juegos, el equipo de desarrollo diseña un juego serio que motive al usuario a realizar la terapia de manera regular con el objetivo de conseguir un efecto terapéutico.

3.2.5 Estudio clínico

El equipo de desarrollo debe controlar que con el juego serio se obtienen al menos los mismos resultados que con la terapia a largo plazo.

4. MODELO PROPUESTO

Si consideramos las características específicas del desarrollo de juegos serios expuestas en los apartados previos, creemos que un modelo de procesos para el desarrollo de este tipo de aplicaciones debe contener un conjunto de actividades que se realicen de manera repetida para poder crear una solución incremental tal y como se muestra en la figura 1.



Figura 1. Flujo de actividades para el desarrollo de juegos serios

Tal y como se muestra en la figura, el marco para el desarrollo de juegos serios propone un flujo de procesos iterativo estructurado en dos dimensiones. Después de una primera actividad de iniciación de proyecto, cuyos resultados se materializan en una descripción general del proyecto que contiene los objetivos del mismo, los participantes, los requisitos funcionales, las restricciones y la terapia seleccionada, el desarrollo del juego serio se estructura en tres iteraciones principales: el mecanismo de interacción, los elementos de la interacción y el juego serio. Cada proyecto finaliza con un estudio clínico. Dentro de cada una de las iteraciones principales, el marco de procesos también

consideraría un flujo iterativo en donde se realizarían las actividades propias de desarrollo de software.

5. TRABAJO FUTURO

El trabajo futuro se centrará en detallar cada una de las actividades del modelo junto con las técnicas más adecuadas para llevarlas a cabo. Asimismo, esperamos validar el modelo mediante su aplicación al desarrollo de un juego serio para el control y la mejora del equilibrio postural en adultos con parálisis cerebral. La aplicación del modelo durante el desarrollo de un juego serio en un proyecto real nos servirá para comprobar su funcionamiento e identificar posibles mejoras.

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por los proyectos TIN2010-20057-C03, TIN2012-35427 y TIN2015-67149-C3-2-R del Gobierno de España y financiación FEDER. Asimismo queremos mostrar nuestro agradecimiento al Departamento de Ciencias Matemáticas e Informática de la Universitat de les Illes Balears por su apoyo.

7. REFERENCIAS

- [1] Sandlund, M., McDonough, S (2009). Interactive computer play in rehabilitation of children with sensorimotor disorders: a systematic review. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 51(3), 173-179.
- [2] Maclean, N., Pound, P., Wolfe, C., & Rudd, A. (2002). The concept of patient motivation a qualitative analysis of stroke professionals' attitudes. *Stroke*, 33(2), 444-448.
- [3] Burke, J. W., McNeill, M. D. J., Charles, D. K., Morrow, P. J., Crosbie, J. H., & McDonough, S. M. (2009). Optimising engagement for stroke rehabilitation using serious games. *The Visual Computer*, 25(12), 1085-1099.
- [4] Moyà Alcover, B., Jaume-i-Capó, A., Varona, J., Martínez-Bueso, P., & Mesejo Chiong, A. (2011, October). Use of serious games for motivational balance rehabilitation of cerebral palsy patients. In *The proceedings of the 13th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility* (pp. 297-298). ACM.
- [5] Flores, E., Tobon, G., Cavallaro, E., Cavallaro, F. I., Perry, J. C., & Keller, T. (2008, December). Improving patient motivation in game development for motor deficit rehabilitation. In *Proceedings of the 2008 International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology* (pp. 381-384). ACM.
- [6] Salem, Y., & Godwin, E. M. (2009). Effects of task-oriented training on mobility function in children with cerebral palsy. *NeuroRehabilitation*, 24(4), 307-313.
- [7] Pressman, Roger S., 2010. *Software Engineering. A Practitioner's Approach*. Seventh Edition. McGraw-Hill.
- [8] Sommerville, I., 2011. *Software Engineering*. Ninth Edition. Pearson Education.
- [9] Humphrey, Watts S., 2006. *TSPSM – Coaching Development Teams*. Addison- Wesley.
- [10] Van Vliet, H., 2008. *Software Engineering: Principles and Practice*. Third Edition. John Wiley & Sons Ltd.
- [11] Jaume-i-Capó, A., Moyà-Alcover, B., & Varona, J. (2014). Design Issues for Vision-Based Motor-Rehabilitation Serious

- Games. In *Technologies of Inclusive Well-Being* (pp. 13-24). Springer Berlin Heidelberg.
- [12] Pirovano, M., Surer, E., Mainetti, R., Lanzi, P. L., Borghese, N. A. (2016). Exergaming and rehabilitation: A methodology for the design of effective and save therapeutic exergames. *Entertainment Computing* 14, pp. 55-65
- [13] Humphrey, Watts S., 1992. Introduction to Software Process Improvement. Technical Report CMU/SEI-92-TR-007. ESC-TR-92-007. Software Engineering Institute.
- [14] Humphrey, Watts S., 2002. Managing the Software Process. SEI Series in Software Engineering. Carnegie Mellon University.
- [15] Jaume-i-Capó, A., Martínez-Bueso, P., Moya-Alcover, B., & Varona, J. (2014). Interactive rehabilitation system for improvement of balance therapies in people with cerebral palsy. *Neural Systems and Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on*, 22(2), 419-427.
- [16] Jaume-i-Capó, A., Martínez-Bueso, P., Moyà-Alcover, B., & Varona, J. (2014). Improving vision-based motor rehabilitation interactive systems for users with disabilities using mirror feedback. *The Scientific World Journal*, 2014.
- [17] Amengual, E., Mas, A., 2007. Software Process Improvement in Small Companies: An Experience. In: EuroSPI 2007, Industrial Proceedings, pp. 11.11-11.18
- [18] Mas, A., Amengual, E., 2003. ISO/IEC 15504 Adaptation for Software Process Assessment in SMEs. In: Proceedings of the International Conference on Software Engineering Research and Practice, pp.693-697.
- [19] Mas, A., Amengual, E., Mesquida, A. L., 2010. Application of ISO/IEC 15504 in Very Small Enterprises. In: Riel, A., O'Connor, R., Tichkiewitch, S., Messnarz, R. (eds.) EuroSPI 2010. CCIS, vol. 99, pp. 290-301. Springer, Heidelberg.
- [20] Mas, A., Fluxà, B., Amengual, E., 2012. Lessons learned from an ISO/IEC 15504 SPI programme in a Company. *Journal of Software Maintenance and Evolution-Research and Practice* 24(5), pp. 493-500.
- [21] Mesquida, A.L., Mas, A., Amengual, E., Calvo-Manzano, J.A., 2012. IT Service Management Process Improvement based on ISO/IEC 15504: A Systematic Review. *Information and Software Technology* 54(3), pp. 239-247.
- [22] Pressman, Roger S. and Lowe D., 2009. *Web Engineering. A Practitioner's Approach*. McGraw-Hill Higher Education.
- [23] Kappel, G., Pröll, B., Reich, S., Retschitzegger, W., 2006. *Web Engineering. The Discipline of Systematic Development of Web Applications*. John Wiley & Sons, Ltd.
- [24] Friedman, L. M., Furberg, C., DeMets, D. L., Reboussin, D. M., & Granger, C. B. (2010). *Fundamentals of clinical trials* (Vol. 4). New York: Springer.
- [25] Pressman, Roger S., 1998. Can Internet Applications be Engineered?. *IEEE Software* 15(5), pp. 104-110.

Uso del Contexto para la Recomendación de Código: un Enfoque Basado en Minería de Patrones Frecuentes

Paul Mendoza
Departamento de
Ingeniería de Software
Universidad La Salle
Av. Alfonso Ugarte 517,
Arequipa, Perú

pmendozadelcarpio@gmail.com

ABSTRACT

Durante la creación de una clase, muchas veces un desarrollador debe ser consciente de las regularidades que debe seguir la clase para cumplir un determinado diseño arquitectónico. Este artículo presenta un enfoque para la recomendación de código, el cual aplica conceptos de minería de patrones frecuentes a fin de aprovechar el uso de convenciones de nombrado y de organización de código fuente, siguiendo el principio de interacción humano-computador de affordance para entornos de desarrollo. La propuesta ha sido evaluada en proyectos de las organizaciones Apache y Eclipse. Los resultados muestran que términos y regularidades significativas, en forma de relaciones frecuentes, pueden ser extraídos. El enfoque es particular en su uso de patrones de nombrado y de jerarquías de paquetes como contexto para recomendar código fuente.

CCS Concepts

• Human-centered computing □ Interaction design □ Interaction design process and methods □ Contextual design

Keywords

Code recommendation, frequent pattern mining, naming patterns.

1. INTRODUCCIÓN

Al crear una nueva clase, en diversas ocasiones el programador debe ser consciente de las regularidades que debe cumplir tal elemento para cumplir un diseño arquitectónico pretendido [9] [11]. Entre estas regularidades se pueden tener patrones de nombrado, y relaciones de generalización y de asociación (i.e.; variables de instancia que referencian otros objetos) [7]. Contar con tales regularidades puede emplear tiempo considerable para su entendimiento y aplicación [2].

Diversos sistemas de recomendación de código utilizan como contexto sólo información de la clase o método en que se está codificando [17], lo cual limita la capacidad de recomendar código que siga regularidades significativas arquitectónicamente. Otros utilizan mecanismos de búsqueda basada en texto, que permiten recomendar fragmentos de código que no representan necesariamente un elemento concreto de programación; [21] muestra herramientas y trabajos de investigación al respecto. Asimismo, un problema que afecta a los trabajos que utilizan mecanismos de análisis de texto de procesamiento de lenguaje natural, es que no siempre se tiene un orden requerido entre las llamadas de dos métodos, y los resultados pueden ser afectados por la calidad del código en sus sentencias [3].

Este trabajo presenta un enfoque para la recomendación de código, el cual aplica criterios de minería de patrones frecuentes, para servirse de regularidades significativas respecto al uso de convenciones de nombrado y de la organización del código fuente

en un sistema de software. El presente trabajo no considera líneas de código frecuentes, en cambio considera relaciones entre clases que por su frecuencia podrían ser significativas. La contribución del presente trabajo puede ser resumida como sigue:

(i) un conjunto de patrones de nombrado de clases, definidos en un contexto a nivel de jerarquía de paquetes, y

(ii) un enfoque que emplea criterios de minería de patrones frecuentes de acuerdo a (i), para la recomendación de nombres y características estructurales de una clase.

El enfoque apoyaría la recomendación de código en entornos de desarrollo (i.e.; IDEs) basándose en el principio de interacción humano-computador conocido como affordance [18], apoyando procesos cognitivos del programador y reforzando resultados de la colaboración de miembros del equipo de desarrollo mediante el uso de términos y características frecuentemente empleados.

2. USO DE CONTEXTO PARA MINERÍA DE PATRONES FRECUENTES (MPF)

El contexto es cualquier información que puede ser usada para caracterizar la situación de un objeto considerado relevante en la interacción entre un usuario y una aplicación [8] [10]. En este artículo se considera a una clase nueva como un objeto relevante en la interacción entre el programador y el IDE; y su contexto está conformado por otras clases con un nombre similar (i.e.; con algún término en común) que se encuentran en el mismo paquete, al mismo nivel de la jerarquía de paquetes, o en paquetes con el mismo nombre. El enfoque se sirve del predominio existente del uso de convenciones de nombrado en el desarrollo de software [14], y hace uso de criterios de MPF sobre elementos del contexto para encontrar regularidades que podría seguir la clase nueva.

2.1 Definiciones

En base a las definiciones en MPF de [4] [6] [16] [20], se realizan las siguientes definiciones para este trabajo.

2.1.1 Definición 1: conjunto de clases en paquete (C)

$C(p)$ es el conjunto de las clases contenidas en un paquete p . $|C(p)|$ es la cantidad de clases en p .

2.1.2 Definición 2: soporte de un término en paquete (SUPP)

Es el número de ocurrencias de un término t en el nombre de clases de un paquete p . Se cumple que $0 \leq SUPP(t,p) \leq |C(p)|$.

2.1.3 Definición 3: frecuencia de un término en paquete (FRP)

Se calcula como $FRP(t,p) = SUPP(t,p) / |C(p)|$.

2.1.4 Definición 4: soporte de un término en un conjunto de paquetes (SUPC)

Número de ocurrencias de un término t en el nombre de alguna clase en los paquetes Q. Se cumple que $0 \geq SUPC(t,Q) \leq |Q|$.

2.1.5 Definición 5: frecuencia de un término en un conjunto de paquetes (FRC)

Se calcula como $FRC(t,Q) = SUPC(t,Q) / |Q|$, donde |Q| es la cantidad de paquetes en el conjunto Q.

2.1.6 Definición 6: término frecuente (TF)

Término cuya frecuencia (FRP o FRC) sea mayor o igual a un umbral mínimo denominado minsup, y $|C(p)| > 2$ o $|Q| > 2$ (para FRP o FRC respectivamente).

2.2 Patrones de nombrado

2.2.1 Patrón 1: Nombre y nivel de paquete

Los términos frecuentes t de este patrón son tales que $FRC(t,Q) \geq minsup$ y $|Q| > 2$; donde Q es un conjunto de paquetes con un mismo nombre y que se encuentran a un mismo nivel de la jerarquía de paquetes. Véase la figura 1 que muestra paquetes del software Apache Hadoop.

2.2.2 Patrón 2: Nombre de Paquete

Los términos frecuentes t de este patrón son tales que $FRC(t,Q) \geq minsup$ y $|Q| > 2$; donde Q es un conjunto de paquetes con un mismo nombre. Véase la figura 2 que muestra los paquetes del software Eclipse EGit.

2.2.3 Patrón 3: Paquete superior inmediato

Los términos frecuentes t de este patrón son tales que $FRC(t,Q) \geq minsup$ y $|Q| > 2$; donde Q es un conjunto de paquetes contenidos en un paquete p. Véase la figura 3 que muestra paquetes del software Eclipse BPMN2.

2.2.4 Patrón 4: Paquete

Los términos frecuentes t de este patrón son tales que $FRP(t,p) \geq minsup$ y $|C(p)| > 2$. Véase la figura 4 que muestra paquetes del software Apache MyFaces.

2.3 Proceso de recomendación basado en MPF

El proceso de recomendación de código consiste en dos fases: minería de términos frecuentes (fase 1), y minería de regularidades (fase 2). En la fase 1, se considera el paquete en el cual el programador desea crear una clase, para tal paquete se extraen los TF según cada patrón de nombrado (sección 2.2) y de acuerdo a un valor minsup.

En la fase 2, para cada TF, extraído en la fase 1, se obtienen las clases que emplean el mismo TF en los paquetes involucrados. Estas clases pueden tener relaciones de generalización, asociación (i.e.; variable miembro que referencia a un objeto), dependencia y/o realización (i.e.; implementación de una interfaz) con otros elementos. En caso que la frecuencia en que estas clases tengan una misma relación con otro elemento, sea mayor o igual a minsup, tal relación es considerada una regularidad que constituiría una alternativa de recomendación de código.

Luego, el proceso podría brindar a un sistema de recomendación de código: los términos frecuentes como posibles elecciones para formar parte del nombre de la nueva clase, y las relaciones frecuentes hacia otras clases (i.e.; regularidades) según el término elegido para el nombre de la nueva clase.

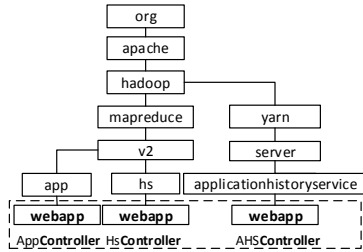


Figura 1. Ejemplo del patrón por nombre y nivel.

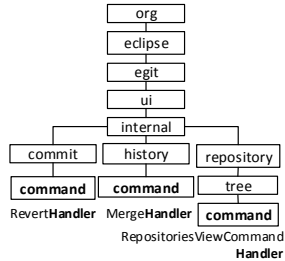


Figura 2. Ejemplo del patrón por nombre de paquete.

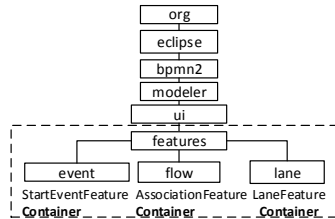


Figura 3. Ejemplo del patrón por paquete superior inmediato.

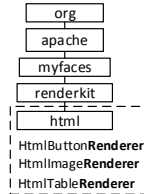


Figura 4. Ejemplo del patrón por paquete.

3. EVALUACIÓN Y RESULTADOS

Para la evaluación de este trabajo, se implementó una aplicación que obtiene los términos usados en nombres de clases según el estilo CamelCase (estilo predominante por su facilidad de escritura y su adopción [5] [12]). La aplicación fue ejecutada sobre proyectos de las organizaciones Apache y Eclipse con un valor de *minsup* de 0.85 (el código fuente fue obtenido de GitHub). Las tablas 1 y 2 muestran la cantidad de TF del patrón (N), la cantidad de regularidades encontradas (R) y la proporción R/N (PP). Algunos valores de PP son mayores a 1 debido a que clases que usan un mismo término, pueden presentar más de una regularidad (e.g.; el ejemplo de la figura 5 presenta cuatro regularidades).

Los resultados mostrados en las tablas 1 y 2 muestran que los patrones de nombrado se presentan en una medida considerable, siendo posible encontrar términos frecuentes que podrían ser utilizados en clases nuevas que se creen en el mismo contexto de paquetes que brinda cada patrón. Luego, para la mayoría de proyectos se han obtenido también regularidades frecuentes que podrían ser útiles a fin de que nuevas clases cumplan con características estructurales de generalización, asociación, realización y/o dependencia. La figura 5 muestra cuatro regularidades (i.e., realización de *ComposeableAdapterFactory*, realización de *IChangeNotifier*, asociación con *ComposeAdapterFactory*, y asociación con *IChangeNotifier*) encontradas para el TF "Adapter" siguiendo el patrón 1 con un nombre de paquete "provider" y al nivel seis de la jerarquía de paquetes; si bien se muestra el contenido simplificado de sólo dos clases, tales regularidades se dieron en doce clases dentro del proyecto Eclipse EMF. Una vez extraídas tales regularidades, ellas podrían ser utilizadas para generar plantillas de código, las cuales son útiles para el programador debido a que ahorran tiempo de escritura de código y también permiten capturar reglas de codificación importantes.

Tabla 1. Resultados de los patrones 1 y 2

| Proyecto | Patrón 1 | | | Patrón 2 | | |
|----------|----------|----|------|----------|----|------|
| | N | R | PP | N | R | PP |
| ActiveMQ | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Camel | 18 | 12 | 0.67 | 22 | 17 | 0.77 |
| Hadoop | 15 | 2 | 0.13 | 31 | 2 | 0.06 |
| JMeter | 3 | 2 | 0.67 | 2 | 2 | 1 |
| Birt | 31 | 3 | 0.1 | 37 | 2 | 0.05 |
| EMF | 27 | 33 | 1.22 | 22 | 30 | 1.36 |
| Jetty | 4 | 3 | 0.75 | 4 | 1 | 0.25 |
| Scout | 141 | 62 | 0.44 | 93 | 29 | 0.31 |

Al programar algún componente o clase definida por una plataforma (e.g.; Singleton, Command, Ejb, Controller), un programador puede realizar una búsqueda web para conocer la estructura de tal elemento (i.e.; su interfaz, referencias) y utilizarla en su codificación; sin embargo la búsqueda web tradicional no considera el contexto en los problemas de programación, lo cual puede inducir a resultados erróneos fuera del contexto, consumiendo tiempo y afectando la productividad [15] [16]. El enfoque presentado considera el contexto de la aplicación misma,

y de acuerdo a la frecuencia *minsup* establecida, se reduciría la probabilidad de proporcionar resultados erróneos.

El vocabulario de términos usados en nombres de clases es aquel con mayor cantidad de términos en común con otros vocabularios [19], tales términos pueden ser considerados significativos. El contar con información acerca de las convenciones de nombrado y regularidades del código ayuda en la comprensión de un sistema de software, debido a que tales regularidades muestran en forma explícita decisiones de diseño e implementación [2]. Un elemento importante del enfoque propuesto es el TF encontrado a través de los patrones de nombrado, tal término puede ser empleado con otros enfoques o trabajos relacionados a sistemas de recomendación de código convencionales, o de recomendación social [1].

Tabla 2. Resultados de los patrones 3 y 4

| Proyecto | Patrón 3 | | | Patrón 4 | | |
|----------|----------|-----|------|----------|-----|------|
| | N | R | PP | N | R | PP |
| ActiveMQ | 76 | 241 | 3.17 | 42 | 47 | 1.12 |
| Camel | 32 | 29 | 0.91 | 240 | 74 | 0.31 |
| Hadoop | 5 | 4 | 0.8 | 136 | 102 | 0.75 |
| JMeter | 3 | 0 | 0 | 16 | 13 | 0.81 |
| Birt | 48 | 21 | 0.44 | 184 | 70 | 0.38 |
| EMF | 17 | 16 | 0.94 | 80 | 63 | 0.79 |
| Jetty | 2 | 2 | 1 | 37 | 13 | 0.35 |
| Scout | 50 | 10 | 0.2 | 102 | 36 | 0.35 |

```
public class ChangeItemProviderAdapterFactory extends ChangeAdapterFactory
implements ComposeableAdapterFactory, IChangeNotifier, IDisposable {
    protected ComposeAdapterFactory parentAdapterFactory;
    protected IChangeNotifier changeNotifier = new ChangeNotifier();
}

public class TreeItemProviderAdapterFactory extends TreeAdapterFactory
implements ComposeableAdapterFactory, IChangeNotifier, IDisposable {
    protected ComposeAdapterFactory parentAdapterFactory;
    protected IChangeNotifier changeNotifier = new ChangeNotifier();
}
```

Figura 5. Ejemplo de regularidades.

A fin de evaluar la originalidad de este trabajo, se realizó una búsqueda de las frases "code template", "code recommendation" y "code suggestion" en las bibliotecas digitales ACM, IEEE Xplore y ScienceDirect, considerando sólo resultados relacionados a generación de código a partir de análisis de código fuente. Entre los trabajos relacionados se encontraron técnicas que consideraban como contexto la clase, los métodos, las llamadas de métodos, la jerarquía de clases, o el historial de interacción (e.g.; código copiado al portapapeles). Ningún resultado encontrado considera como contexto los paquetes donde se encuentra la clase, como es tomado en cuenta en este trabajo.

4. CONCLUSIONES

Este trabajo ha presentado un enfoque que emplea criterios de minería de patrones frecuentes para la recomendación de nombres y características estructurales de una clase. Tal enfoque emplea un conjunto de patrones de nombrado de clases para extraer términos significativos, y luego encontrar regularidades en forma de relaciones frecuentes de generalización, asociación, realización

y/o dependencia, basándose en el principio de interacción humano-computador conocido como *affordance* [18].

El enfoque es particular por servirse del uso de convenciones de nombrado, teniendo como contexto el paquete de una clase y otros paquetes relacionados al mismo por nombre o jerarquía. La propuesta apoya al programador en el cumplimiento de regularidades a seguir en una clase de acuerdo a su denominación y/o propósito dentro de un diseño pretendido.

El aplicar el enfoque propuesto, basado en frecuencias, en plataformas de codificación social (e.g.; GitHub), podría obtener conocimiento de buenas prácticas de ingeniería de software [13]. Se tiene como trabajo futuro extender el enfoque presentado para aplicarlo en una plataforma de codificación social.

5. REFERENCIAS

- [1] Alexey Zagalsky, Ohad Barzilay, and Amiram Yehudai. 2012. Example overflow: using social media for code recommendation. In *Proceedings of the Third International Workshop on Recommendation Systems for Software Engineering (RSSE '12)*. IEEE Press, Piscataway, NJ, USA, 38-42.
- [2] Angela Lozano, Andy Kellens, and Kim Mens. 2011. Mendel: Source code recommendation based on a genetic metaphor. In *Proceedings of the 2011 26th IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering (ASE '11)*. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 384-387.
- [3] Anh Tuan Nguyen and Tien N. Nguyen. 2015. Graph-based statistical language model for code. In *Proceedings of the 37th International Conference on Software Engineering - Volume 1 (ICSE '15)*, Vol. 1. IEEE Press, Piscataway, NJ, USA, 858-868.
- [4] Charu C. Aggarwal and Jiawei Han. 2014. *Frequent Pattern Mining*. Springer Publishing Company, Incorporated.
- [5] Dave Binkley, Marcia Davis, Dawn Lawrie, Jonathan I. Maletic, Christopher Morrell, and Bonita Sharif. 2013. The impact of identifier style on effort and comprehension. *Empirical Softw. Engg.* 18, 2 (April 2013), 219-276.
- [6] David C. Anastasiu, Jeremy Iverson, Shaden Smith and George Karypis. 2014. Big Data Frequent Pattern Mining. *Frequent Pattern Mining*, 225-259.
- [7] George Fairbanks. 2010. Just Enough Software Architecture: A Risk-Driven Approach. Marshall & Brainerd.
- [8] Gregory D. Abowd, Anind K. Dey, Peter J. Brown, Nigel Davies, Mark Smith, and Pete Steggle. 1999. Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness. In *Proceedings of the 1st international symposium on Handheld and Ubiquitous Computing (HUC '99)*, Hans-Werner Gellersen (Ed.). Springer-Verlag, London, UK, 304-307.
- [9] Jo Van Eyck, Nelis Boucké, Alexander Helleboogh, and Tom Holvoet. 2011. Using code analysis tools for architectural conformance checking. In *Proceedings of the 6th International Workshop on SHaring and Reusing Architectural Knowledge (SHARK '11)*. ACM, New York, NY, USA, 53-54.
- [10] John Krumm. 2009. *Ubiquitous Computing Fundamentals* (1st ed.). Chapman & Hall/CRC.
- [11] Lakshitha de Silva and Dharini Balasubramaniam. 2012. Controlling software architecture erosion: A survey. *J. Syst. Softw.* 85, 1 (January 2012), 132-151.
- [12] Latifa Guerooui. 2013. Normalizing source code vocabulary to support program comprehension and software quality. In *Proceedings of the 2013 International Conference on Software Engineering (ICSE '13)*. IEEE Press, Piscataway, NJ, USA, 1385-1388.
- [13] Miltiadis Allamanis and Charles Sutton. 2013. Mining source code repositories at massive scale using language modeling. In *Proceedings of the 10th Working Conference on Mining Software Repositories (MSR '13)*. IEEE Press, Piscataway, NJ, USA, 207-216.
- [14] Miltiadis Allamanis, Earl T. Barr, Christian Bird, and Charles Sutton. 2014. Learning natural coding conventions. In *Proceedings of the 22nd ACM SIGSOFT International Symposium on Foundations of Software Engineering (FSE 2014)*. ACM, New York, NY, USA, 281-293.
- [15] Mohammad Masudur Rahman and Chanchal K. Roy. 2014. SurfClipse: Context-Aware Learning natural coding conventions. In *Proceedings of the 2014 IEEE International Conference on Software Maintenance and Evolution (ICSME '14)*. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 617-620.
- [16] Mohammad Masudur Rahman, Shamima Yeasmin and Chanchal K. Roy. 2014. Towards a Context-Aware IDE-Based Meta Search Engine for Recommendation about Programming Errors and Exceptions. In *Proceedings of the Software Evolution Week: Conference on Software Maintenance, Reengineering, and Reverse Engineering (CSMR-WCRE SEW)*. IEEE Computer Society, 194-203.
- [17] Naoya Murakami, Hidehiko Masuhara, and Tomoyuki Aotani. 2014. Code recommendation based on a degree-of-interest model. In *Proceedings of the 4th International Workshop on Recommendation Systems for Software Engineering (RSSE 2014)*. ACM, New York, NY, USA, 28-29.
- [18] Rex Bryan Kline and Ahmed Seffah. 2005. Evaluation of integrated software development environments: challenges and results from three empirical studies. *International Journal of Human-Computer Studies*. 63, 6 (December 2005), 607-627.
- [19] Surafel Lemma Abebe, Sonia Haiduc, Andrian Marcus, Paolo Tonella, and Giuliano Antoniol. 2009. Analyzing the Evolution of the Source Code Vocabulary. In *Proceedings of the 2009 European Conference on Software Maintenance and Reengineering (CSMR '09)*. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 189-198.
- [20] Stas Negara, Mihai Codoban, Danny Dig, and Ralph E. Johnson. 2014. Mining fine-grained code changes to detect unknown change patterns. In *Proceedings of the 36th International Conference on Software Engineering (ICSE 2014)*. ACM, New York, NY, USA, 803-813.
- [21] Watanabe Takuya and Hidehiko Masuhara. 2011. A spontaneous code recommendation tool based on associative search. In *Proceedings of the 3rd International Workshop on Search-Driven Development: Users, Infrastructure, Tools, and Evaluation (SUITE '11)*. ACM, New York, NY, USA, 17-2

Un Modelo De Producción De Aplicaciones Móviles Para Niños Con Problemas Leves en Matemáticas Básicas.

Miguel Angel Ortiz Esparza.
Jaime Muñoz Arteaga.
Francisco Javier Álvarez R.
Univ. Autónoma de Aguascalientes
Av. Universidad. #904
Aguascalientes, México

fmiguel.o.e.jmauaa@gmail.com

fjalvar.uaa@gmail.com

José Rafael Rojano C.
Universidad Veracruzana.
Av. Xalapa Esq. Ávila Camacho s/n
Xalapa, Veracruz, México.

rojano@uv.mx

Josefina Guerrero García.
Benemérita Universidad Autónoma de
Puebla.

Av. San Claudio y 14 Sur
Ciudad Universitaria, Puebla, México.

jguerrero@cs.buap.mx

RESUMEN.

El presente trabajo propone una solución sistemática mediante un modelo de producción de software en dos etapas general y prototipado unidas para el desarrollo de aplicaciones interactivas móviles lúdicas para niños con problemas de aprendizaje en matemáticas básicas, las cuales son desarrolladas en base en los fundamentos pedagógicos de las operaciones lógicas e infrológicas de Piaget [1] así como en fundamentos de la ingeniería de software. Con el fin de apreciar la propuesta el presente trabajo incluye un caso de estudio realizado con un grupo de alumnos de diferentes edades y grados a nivel de escuela primaria en México.

PALABRAS CLAVE.

Aplicaciones interactivas lúdicas, habilidades matemáticas básicas, operaciones lógicas e infrológicas, proceso de software.

1. INTRODUCCIÓN.

Un modelo de proceso para la producción de software es la formalización de las actividades relacionadas con el desarrollo del software de una aplicación informática e interactiva (en general) para el usuario.

Ahora bien, es sabido que la tecnología puede aportar herramientas para ayudar a mitigar problemáticas en el aprendizaje de los conocimientos básicos en las escuelas primarias. Conforme la UNESCO [2], las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) pueden contribuir al acceso universal a la educación, la igualdad en la instrucción, el ejercicio de la enseñanza y el aprendizaje de calidad y el desarrollo profesional de los docentes, es por ello que aplica una estrategia amplia e integradora en lo tocante a la promoción de las TIC en la educación. El acceso, la integración y la calidad figuran entre los principales problemas que las TIC pueden abordar [2].

En este artículo se propone un modelo de desarrollo de aplicaciones móviles el cual contiene una introducción al tema de modelos de desarrollo de software y la influencia de la tecnología en la educación básica, la problemática que se ha encontrado en el desarrollo e implementación de tecnologías móviles para ayudar a mitigar las dificultades de los niños en matemáticas básicas y la aportación que se propone para mitigar dicha problemática, el modelo de proceso de desarrollo es la unión de dos procesos de ingeniería de software denominadas "Etapas General", donde se definen los requerimientos, análisis, planeación y diseño general, en los cuales se analizan en una forma global los aspectos que conformarán las aplicaciones móviles y en la segunda etapa denominada "Prototipado" se generaran aplicaciones móviles a través de un proceso iterativo evolutivo, para lo cual los niños con problemas matemáticos y los maestros de apoyo de la USAER [3]

(Unidad de Servicios de Apoyo a la Educación Regular) juegan un papel muy importante al aprobar o retroalimentar el diseño de la aplicación en cada iteración del proceso de prototipado hasta que la aplicación cumple con el propósito y por ultimo las conclusiones y trabajos futuros.

2. PROBLEMÁTICA.

Algunos de los problemas que se tienen en la impartición del conocimiento en nuestro país se basan en las ciencias exactas en especial las matemáticas, tanto en personas con características promedio como en aquellas personas que tienen algún problema de aprendizaje leve [4].

La problemática se acentúa basto cuando el niño presenta alguna dificultad en la adquisición de conocimientos matemáticos básicos. Estos tipos de problemas retrasan o limitan que un alumno avance en su educación y formación básica y se denotan por no alcanzar los resultados promedio esperados en un alumno de su edad [5] [6].

En esta problemática solo nos enfocaremos más en los problemas de las matemáticas que presentan los niños de educación básica comprendida dentro del primer al sexto año de primaria y que se analizara en específico los problemas de aprendizaje leves.

Según la literatura existe muchas problemáticas a las cuales se les atribuye los altos índices de reprobación en México, entre los cuales destacan los siguientes puntos [4].

1. Falta de programas de capacitación para el docente en uso de las nuevas tecnológicas.
2. No hay una atención continua a los problemas psicológicos y sociales que los niños de educación primaria pueden llegar a tener.
3. Falta de técnicas de especificación para la generación de actividades didácticas en conjunto con el uso de tecnología.
4. La falta de recursos necesarios para trabajar tanto para maestros como para niños (Material didáctico, contenidos digitales, equipo computacional, acceso a red, etc.).
5. La indisponibilidad de aplicaciones lúdicas móviles propias para atender problemas en matemáticas de educación básica
6. No se cuenta con modelos de desarrollo de software para aplicaciones lúdicas móvil para matemáticas de educación básica.

Dado el conjunto de dificultades anteriores da lugar a una confusión en el orden sistemático para la inserción y uso de tecnologías. Esto también debido a la falta de recursos tanto básicos como tecnológicos, el desconocimiento de la existencia de este tipo de herramientas por parte de los docentes, la falta de desarrollos específicos para la problemática mediante un enfoque pedagógico y la falta de un modelo de desarrollo de aplicaciones

matemáticas lúdicas que ayuden a mitigar la problemática de cada uno de los niños con este tipo de problemas.

3. UN MODELO DE PROCESO.

Con el fin de mitigar la problemática expresada en la sección anterior se propone el empleo de un modelo de desarrollo masivo de aplicaciones móviles centrado en el usuario lo cual lo hace iterativo y evolutivo, es por ello que el usuario que son en su conjunto los maestros de apoyo y los niños con problemas de aprendizaje, son los que retroalimentan y ayudan dándole a la aplicación el enfoque correcto según la habilidad matemática requerida por el niño, este modelo de desarrollo implementa la reutilización de prototipos ya construidos para ayudar a dar una retroalimentación correcta de las necesidades del usuario.

Para la creación de un producto se utiliza el siguiente modelo de desarrollo de aplicaciones centrado en el usuario, prototipado, evolutivo e iterativo que en las siguientes secciones se muestra con mayor detalle.

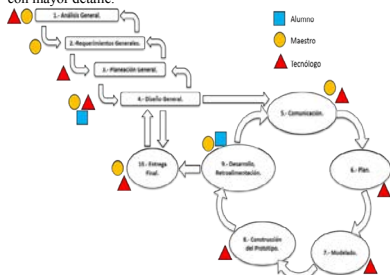


Figura 1. Modelo propuesto para el desarrollo de aplicaciones lúdicas en móvil como apoyo en matemáticas de educación básica.

Descripción de las etapas del proceso.

El siguiente modelo de desarrollo de aplicaciones móviles consta esencialmente de dos etapas, la primera etapa denominada "General", donde se establecen todos los lineamientos del desarrollo de aplicaciones como son el análisis del contexto de desarrollo, los requerimientos de tecnologías, la planeación general de desarrollo y las características de los productos.

En la segunda etapa denominada "Prototipado" se consideran los elementos de la etapa anterior para la búsqueda de productos ya creados anteriormente y que estén disponibles, en caso de no encontrarlos, se procede a la construcción de prototipos que pasarán por la comunicación con un experto en temas pedagógicos de niños con problemas de aprendizaje leve en matemáticas básicas, la generación de un plan de construcción, el modelado de la aplicación, la construcción del prototipo, y la retroalimentación dada tanto por el experto como por el niño con problemas de aprendizaje mediante el uso de la aplicación, una vez terminada esta iteración, se obtienen los datos para una segunda iteración o se puede dar por concluida mediante la aprobación del experto.

3.1 Análisis General: Aquí se analiza el contexto de desarrollo, el análisis de tecnologías y plataformas que conformaran las aplicaciones, el contexto matemático, los colores, las formas de retención de la atención por parte del niño, las mejores formas de desarrollar aplicaciones para niños etc.

3.2 Requerimientos Generales: Son todos aquellos que se tienen en el desarrollo de aplicaciones móviles para niños con problemas matemáticos básicos como pueden ser un desarrollo amigable con colores y sonidos llamativos, desarrollo en dispositivos móviles, contar con aplicaciones basadas en las habilidades lógicas e infralógicas, manejo de perfiles de usuario, manejo de niveles de complejidad, aplicaciones interactivas, reportes de avance de las habilidades, módulos de práctica y de evaluación, desarrollos monousuarios, etc.

3.3 Planeación General: Dentro de esta etapa se planea el empleo de las aplicaciones móviles la interacción entre ellas y el usuario, el diseño de las interfaces entre las aplicaciones y el usuario y la fluidez de los datos a través de los módulos.

3.4 Diseño General: Aquí se realizan algunos diseños generales de interfaces, conexiones, plataformas componentes y como estos deben interactuar entre sí, formando la funcionalidad del sistema.

3.5 Comunicación: La comunicación entre los diferentes "stakeholders" es esencial, así pues conforme a la información obtenida de los maestros de educación especial se comunican los datos específicos para el desarrollo de una aplicación definiendo las características de esta aplicación y comenzando el proceso de prototipado de aplicaciones matemáticas.

3.6 Plan: Con base a la comunicación de la etapa anterior se generan un plan rápido de desarrollo de la aplicación para generar la idea inicial del prototipo a desarrollar.

3.7 Modelado: Mediante el modelado rápido y respetando el modelado acorde, ideamos una forma práctica de modelar la aplicación de acuerdo a las especificaciones generales de las habilidades básicas en matemáticas para niños, los requerimientos específicos y el plan rápido generado anteriormente.

3.8 Construcción del prototipo: Para la construcción del prototipo se requieren el modelado anterior, basado solamente en el componente, es decir la construcción del mismo sin escapar del modelado general ni de las especificaciones generales.

3.9 Desarrollo y Retroalimentación: Aquí es donde se presenta ante el maestro el prototipo desarrollado, donde el usuario da el visto bueno al mismo, lo retroalimenta por medio de comentarios y sugerencias o lo desecha y en cualquiera de los casos se repite el ciclo de desarrollo prototipado.

3.10 Entrega Final: Una vez que el componente cumple con los requerimientos del sistema se realiza una entrega parcial o se concluye que está terminada y se continua con la construcción de otro prototipo hasta completar las aplicaciones basadas en las habilidades básicas para niños con problemas de aprendizaje.

4. CASO DE ESTUDIO.

Esta sección tiene como fin de presentar un caso de estudio con el fin de apreciar el uso del modelo del proceso aquí propuesto (ver sección anterior) para el desarrollo de aplicaciones lúdicas en móvil como un apoyo a problemas de matemáticas básicas.

Introducción: El presente caso de estudio fue desarrollado en una escuela primaria denominada Gregorio Torres Quintero, ubicada en el municipio de Jesús María, Aguascalientes, México. Gracias a que la escuela cuenta con Unidades de Servicios de Apoyo a la Educación Regular (USAER) del Instituto de Educación de Aguascalientes, fue posible aportar una aplicación lúdica móvil como apoyo a tres niños que presentaban algunos problemas de aprendizaje leve en matemáticas básicas. El primer niño el cual denominaremos Alumno1 tiene once años de edad y está cursando actualmente sexto grado de primaria, tiene problemas con

operaciones aritméticas básicas acentuándose más en las operaciones de multiplicación y división de dos o más cifras, el Alumno2 tiene diez años de edad, está cursando actualmente el quinto grado de primaria, tiene problemas al realizar operaciones aritméticas básicas en especial cuando estas tienen dos o más dígitos y por último el Alumno3 el cual tiene ocho años de edad cursa actualmente el tercer grado de primaria, tiene problemas con las operaciones de multiplicación.

4.1 Análisis General: Se inicia el proceso tomando en cuenta el contexto de desarrollo, en este caso una escuela primaria que tiene alumnos con problemas leves en matemáticas básicas de diferentes grados, se comienza haciendo el análisis general de la información, identificando la problemática de los tres casos y las estrategias de desarrollo, según las estrategias del maestro de apoyo. Para este caso se requiere que los tres alumnos tengan una motivación especial como la retención de su atención hacia las aplicaciones mediante la interactividad, lo cual ayudara a enfocar la atención de los niños en la aplicación además de ayudar al procesamiento de operaciones aritméticas básicas mediante el razonamiento y procesamiento mental.

4.2 Requerimientos generales: Para el presente caso de estudio se desarrolló con base a los perfiles, una aplicación denominada "Tiendita", la cual siguiendo los pasos del modelo de desarrollo se definieron los requerimientos generales como son, el desarrollo en dispositivos móviles "Android", desarrollo para tableta, capacidad de retención de la atención de los niños, interactividad con los niños y llamativo en aspectos visuales.

"Play Store" de Google y en caso de que exista, se necesita el visto bueno del especialista para que sea aceptado como primer prototipo para obtener retroalimentación según las necesidades pedagógicas o en caso de que no sea aceptado se puede hacer la retroalimentación para generar un nuevo prototipo.

Como no se encontró ningún prototipo gratuito se comenzó la etapa de prototipado con los requerimientos sugeridos por el especialista y así se comenzó la etapa de prototipado.

4.5 Comunicación: En la etapa de comunicación se pueden aprovechar los requerimientos en la primera fase para determinar las características principales, en este caso una de las características es que la aplicación sea llamativa, interactiva, desarrollada para dispositivos móviles añadiendo los puntos específicos para la aplicación a desarrollar como son que el niño tenga un menú o estante que contenga los artículos a comprar, para que mediante un toque de pantalla sobre el producto seleccionado se muestre el producto y su precio en una nueva pantalla, dicho artículo deberá ser pagado lo más exacto posible con el menor número de monedas mexicanas de 4 diferentes denominaciones.

4.6 Plan: En esta etapa se lleva a cabo el plan de actividades del usuario a través de un diagrama de tareas del usuario, para identificar la interacción entre el usuario y la aplicación.

En la figura 2 se puede apreciar el menú principal de la aplicación en el cual podemos seleccionar la aplicación con la cual se va a interactuar, como puede ser "Tiendita" o "Papelería" o en caso de que el usuario así lo desee puede salir de la aplicación.

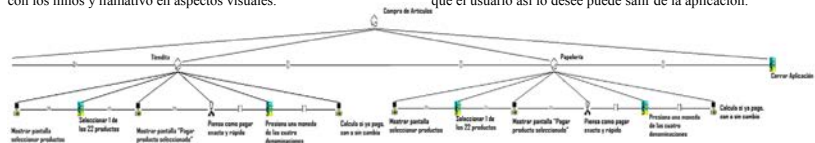


Figura 2. Tarea del usuario de la aplicación tiendita, representado en forma general.

4.3 Planeación General: Durante la planeación general se planean las formas de desarrollo, las aplicaciones a desarrollar con base a las habilidades matemáticas y los niveles de dichas aplicaciones, como evaluar las respuestas y como el alumno interactuará con la aplicación, para ello se identifican las necesidades conforme a la siguiente tabla

Tabla 1. Relación de habilidades en matemáticas básicas con estrategias de enseñanza utilizando aplicaciones lúdicas en móvil.

| Habil. | Conocimientos Esperados | Actividades de Aprendizaje | Aplicaciones Interactivas en Dispositivos Móviles | App. |
|----------------------------------|--|---|---|------|
| Problemas Admitir con Habilidad. | Operaciones con punto decimal | Nivel intermedio que mediante conocimientos consolidados ayuda a realizar operaciones matemáticas básicas con sumas, restas, multiplicaciones y divisiones, una vez dominados estas operaciones se pueden trasladar las operaciones a actividades de la vida diaria, lo cual fortalece y ayuda a los niños a desarrollarse en su entorno. | <ul style="list-style-type: none"> * Let's Study. * 2 Jugadores Juegos Matemáticos. * Matemática para niños. * Farrapos Matemáticos. * Profesor Matemáticas. * Tiendita. * Kids Numbers and Math. * Tiendita. * Operaciones Básicas. * Series 2. * Series 3. | |
| | Operaciones con fracciones. | | | |
| | Operaciones con sumas y restas | | | |
| | Operaciones con multiplicación y división. | | | |
| | Resolución de problemas decimales. | | | |
| | Resolución de problemas reales de la vida cotidiana. | | | |
| | Resolución de problemas con porcentaje. | | | |
| | Resolución de problemas de tiempo. | | | |
| | Resolución de problemas de área, peso y volumen. | | | |

4.4 Diseño General: En esta etapa se investiga la posibilidad de que el producto exista en fuentes gratuitas como puede ser la

Una vez que el usuario elige "Tiendita" o "Papelería" el usuario podrá seleccionar un artículo de los mostrados en pantalla por la aplicación, lo cual llevará al usuario a otra pantalla denominada pagar, en la cual el usuario deberá calcular el pago con el menor número de monedas presionadas y sin rebasar el costo, en caso de ser pagado la aplicación comprobará si hay cambio o no. Además de las tareas del usuario se propone la agrupación de aplicaciones con las mismas características de desarrollo, se recomienda el diseño de interfaces de desarrollo de aplicaciones móviles y se hace un diseño basado en prototipos a nivel general, como el que a continuación se presenta.

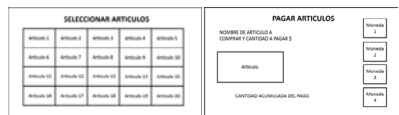


Figura 3. Diseño de interfaces para el desarrollo de aplicaciones basadas en asistir al niño para adquirir artículos en cooperativa o tienda de abarrotes.

Se ideó el primer prototipo basados en el diseño general que consta de artículos ordenados en un estante, los cuales son comunes y se pueden adquirir en cualquier tienda de abarrotes o

cooperativa, el niño puede seleccionar cualquiera de los artículos allí mostrados con un solo toque, una vez que se ha seleccionado se mostrará otra pantalla que muestra el producto seleccionado pero con mayores detalles como son el nombre del producto, el precio y la cantidad acumulada de dinero que se ha pagado hasta el momento.

4.7 Modelado: Para el modelado ágil se genera la siguiente imagen que ayudará a tener una idea de lo que se requiere.

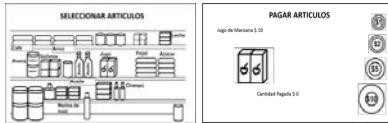


Figura 4. Modelado de interfaz para la aplicación "Tiendita".

4.8 Construcción del Prototipo: Mediante la construcción del prototipo se consiguió desarrollar la aplicación como a continuación se presenta.



Figura 5. Pantallas de la aplicación "Tiendita" ya programada.

4.9 Retroalimentación del desarrollo: Después de haber desarrollado el prototipo, el usuario comentó que estaba correcto el diseño y la interactividad de ambas aplicaciones, solo que le faltaba notificar al niño mediante un mensaje de confirmación de que ha hecho bien la práctica en la aplicación "Tiendita", también sugirió que en caso de que exista cambio, deberá ser mostrado en la pantalla mediante un mensaje corto y por último el especialista indicó que sería favorable que la aplicación tuviera una sección de papelería, para lo cual en la siguiente iteración se agregaron los cambios como se muestra en las siguientes pantallas.



Figura 6. Pantallas de segunda iteración de la aplicación "Tiendita".

4.10 Entrega final: Después de haber realizado los cambios en dos iteraciones la aplicación quedó concluida según el docente especialista en niños con problemas de aprendizaje.

5. RESULTADOS.

Después de haber desarrollado la aplicación "Tiendita" se implementó la aplicación según las estrategias del docente, modificando las formas de utilizarlas debido a que utilizó la aplicación en los tres niños dadas las similitudes entre ellos, empleando estrategias de reto y duelo entre ellos para generar competencia, pero con la precaución de utilizarla según el perfil del usuario, después de que el especialista empleó la aplicación según

sus propias estrategias por alrededor de un mes, se realizaron los siguientes cuestionarios a los niños en presencia del maestro de apoyo, dichos cuestionarios proporcionaron el nivel de usabilidad de la aplicación y la experiencia del usuario al utilizar la aplicación.

6. CONCLUSIONES.

El presente trabajo propone el uso de un modelo de proceso centrado en el usuario, para el desarrollo de aplicaciones móviles como un medio de ayuda a niños con problemas de aprendizaje leve en matemáticas a nivel de educación básica. El modelo es puesto a prueba a través de un caso de estudio, en el cual se atendieron tres niños con problemas de aprendizaje leve en matemáticas básicas, donde se desarrolló la aplicación tienda, implementando las etapas del modelo, las cuales se probaron dando como resultado una aplicación terminada según los criterios del especialista.

Es importante decir que mediante el empleo de aplicaciones lúdicas en móvil desarrolladas con el modelo de proceso de desarrollo de software aquí propuesto, fue posible aportar al docente una nueva alternativa de desarrollo de material didáctico digital disponible para que docente de educación básica utilice dicha aplicación como una herramienta interactiva y amigable que ayude a mitigar gradualmente los problemas leves en matemáticas que algunos niños en cierto momento pueden llegar a presentar.

Como trabajos futuros se pretende desarrollar más aplicaciones móviles mediante el modelo de desarrollo en diferentes habilidades matemáticas según Piaget [1] y con base en estas medir la eficiencia de las aplicaciones para mitigar la problemática de los niños con problemas de aprendizaje en matemáticas básicas.

7. REFERENCIAS.

- [1] Piaget, *Psicología del niño*, Quinta Edición ed., Paris, Francia: Presses Universitaires de France, 1973.
- [2] UNESCO, «Las TIC'S en la Educación.» [En línea]. Available: <http://www.unesco.org/new/es/unesco/themes/icts/>. [Último acceso: 27 Abril 2015].
- [3] S. d. E. P. d. México, «Sistema de Educación Especial - Aguascalientes.» IEA - Aguascalientes, [En línea]. Available: http://www.iea.gob.mx/web/ica/sistema_educativo/sistema_edu ESPECIAL.aspx. [Último acceso: 16 Febrero 2016].
- [4] S. d. E. Publica y U. d. Sonora, «La problemática de la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas en la escuela primaria III.» *Divulgación de Investigación de la SEP*, p. 100, 2010.
- [5] INEE, «La calidad de la Educación Básica en México 2004.» Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación, México D.F., 2004.
- [6] C. C. y. J. P. Marchesi Alvaro, «Problemas y dificultades en el aprendizaje de las matemáticas: Una perspectiva Cognitiva.» *Desarrollo Psicológico y Educación III, necesidades educativas especiales y aprendizaje escolar*, pp. 155-182, 1990.

Sistemas Interactivos (I)

Integrando historias de usuarios para inspirar el co-diseño de futuros digitales para el patrimonio cultural

Paloma Díaz
Computer Science Department
Avda de la Universidad 30
Leganés, Madrid
pdp@inf.uc3m.es

Ignacio Aedo
Computer Science Department
Avda de la Universidad 30
Leganés, Madrid
aedo@ia.uc3m.es

Andrea Bellucci
Computer Science Department
Avda de la Universidad 30
Leganés, Madrid
abellucc@inf.uc3m.es

RESUMEN

El co-diseño entendido como una estrategia para explorar y dar forma a posibles escenarios futuros de interacción puede beneficiarse de las contribuciones de participantes involuntarios que proporcionan información mientras desarrollan actividades sin ser conscientes de estar participando en el proceso de diseño. En este trabajo proponemos una plataforma que permite a co-diseñadores capturar y analizar las contribuciones generadas por dichos participantes involuntarios. Esas contribuciones se podrán utilizar durante el proceso de co-diseño para idear experiencias de usuario significativas en el ámbito de las exposiciones del patrimonio cultural aumentadas digitalmente. En el artículo se presenta un caso de uso para idear futuros digitales para el patrimonio cultural y se discuten las ventajas y desventajas de la participación involuntaria en el diseño, así como las lecciones aprendidas en la integración de los usuarios y sus contribuciones a los procesos de co-diseño.

Palabras clave

Diseño participativo; participación involuntaria; co-diseño; patrimonio cultural.

1. INTRODUCCIÓN

La eficacia del co-diseño depende de factores tales como las formas de participación soportadas, los incentivos y motivaciones y los beneficiarios de la participación y el tipo de control que tienen los participantes. Las motivaciones personales y de organización de los participantes, tanto los destinatarios del software como los diseñadores, podrían tener una clara influencia en los conceptos que se exploran y desarrollan. Cuando el co-diseño se utilizar como una táctica para inspirar el cambio y la ideación de futuros digitales, se precisa una participación más abierta de todo tipo de usuarios. Con dicha finalidad se pueden integrar opiniones más variadas si se integran participantes involuntarios en los procesos de ideación. Los participantes involuntarios no son conscientes de estar diseñando nada, sino que proporcionan algún tipo de información valiosa mientras realizan una actividad [1]. En este trabajo presentamos una plataforma que permite capturar historias generadas por participantes involuntarios y hacerlas disponibles a co-diseñadores de experiencias aumentadas con el patrimonio cultural.

2. INTEGRANDO HISTORIAS DE USUARIOS EN EL CO-DISEÑO

La motivación de este trabajo de investigación es explorar cómo equipos de co-diseñadores pueden conseguir una comprensión más amplia de cómo las experiencias aumentadas con el patrimonio cultural podría diseñarse, para lo cual se favorece la participación de un público más amplio de usuarios. Con este fin, se propone una plataforma que hace posible que los co-

diseñadores puedan integrar historias generadas por el usuario con sus conceptos de diseño. Dichas historias se recogen en talleres de exploración sobre escenarios futuros de interacción con el patrimonio cultural y se vinculan con los conceptos de diseño de una herramienta de co-diseño llamada CoDICE (COdesigning digitales encuentros culturales) [2]. El objetivo perseguido es proporcionar espacios de interacción para la intervención humana en el proceso de ideación de futuros digitales a partir de contribuciones involuntarias de participantes que no son conscientes de estar informando el diseño, sino simplemente compartiendo su perspectiva sobre cómo podría aumentarse el patrimonio cultural para proporcionar experiencias valiosas. La figura 1 resume el proceso propuesto.

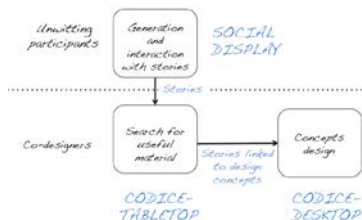


Figura 1: Integrando historias generadas por los usuarios para inspirar y justificar el diseño

El entorno tecnológico planteado hace uso de un prototipo denominado Social Display que permite aumentar objetos físicos con historias en forma de vídeos cortos [3]. El prototipo es una pantalla interactiva transparente que al introducir un objeto físico despliega todas las historias generadas para ese objeto y permite grabar nuevas historias o interactuar con las existentes valorándolas o añadiendo comentarios (véase la figura 2).



Figura 2. Social Display desplegando historias sobre un objeto físico

A través de varios talleres abiertos sobre la exploración de futuros digitales, se capturaron historias generadas por los participantes sobre cómo les gustaría que determinados objetos relacionados con el patrimonio cultural se aumentasen con tecnología. Dichas historias se ponen a disposición de los co-diseñadores a través de una aplicación para exploración de ideas que hace uso de una mesa interactiva para favorecer la discusión. Las historias se enlazan a través de esta aplicación con los conceptos de una herramienta de co-diseño, bien para generar nuevos conceptos o para dar soporte a la documentación de conceptos existentes tal y como se muestra en la figura 3.

La contribución de este trabajo no se basa tanto en los dispositivos específicos y herramientas de software utilizados, sino en las posibilidades que los artefactos ideados abren para apoyar la participación sin restricciones y sin saberlo. De hecho, la plataforma técnica fue concebida como una prueba de concepto para demostrar la viabilidad, beneficios y compensaciones de este tipo de participación abierta para apoyar lo que se denomina diseño casual [4].



Figura 3. Historia generada por un usuario enlazada con un concepto de diseño

3. CONCLUSIONES

En este trabajo hemos descrito una plataforma tecnológica que hace posible la integración de historias generadas por usuarios finales en los procesos de co-diseño. La plataforma hace uso de diferentes dispositivos para permitir a los usuarios crear historias y a los co-diseñadores hacer uso de ellas, ya sea para inspirar o para justificar sus alternativas de diseño. En nuestra experiencia, la capacidad de capturar las historias de usuario no sesgada por los objetivos y agendas de los co-diseñadores, así como ser capaz de volver a examinar esas historias durante todo el proceso de co-diseño, no sólo es una rica fuente de inspiración sino que también ayuda a tomar decisiones de diseño basadas en comentarios de los usuarios reales. Sin embargo, esto sólo es posible cuando se proporciona algún tipo de estructura y el pensamiento sistémico para garantizar que los resultados están disponibles y manejable.

4. REFERENCIAS

- [1] Vines, J., Clarke, R., Wright, P., McCarthy, J. and Olivier, P. 2013. Configuring participation: on how we involve people

in design. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. ACM, New York, NY, USA, 429-438. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/2470654.2470716>

- [2] Diaz, P., Aedo, I. and van der V aart, M. 2015. Engineering the Creative Co-design of Augmented Digital Experiences with Cultural Heritage. *IS-EUD 2015*: 42-57
- [3] Bellucci, Paloma Díaz, Ignacio Aedo: A See-Through Display for Interactive Museum Showcases. *ITS 2015*: 301-306
- [4] Van Andel, P. (1994). Anatomy of the unsought finding. Serendipity: Origin, history, domains, traditions, appearances, patterns and programmability. *The British Journal for the Philosophy of Science*, 45(2), 631-648.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es parte del proyecto meSch financiado en el E FP7 'ICT for access to cultural resources' (ICT Call 9: FP7-ICT-2011-9) bajo el Grant Agreement 600851.

Herramienta para el Desarrollo de Espacios Colaborativos Interactivos: Arquitectura y Prueba de Concepto

Clara Bonillo
GIGA Affective Lab
Dep. Informática e Ingeniería de
Sistemas,
Universidad de Zaragoza, España.
clarabf@unizar.es

Eva Cerezo
GIGA Affective Lab
Dep. Informática e Ingeniería de
Sistemas, Instituto de Investigación en
Ingeniería de Aragón (I3A)
Universidad de Zaragoza, España.
ecerezo@unizar.es

Javier Marco,
Sandra Baldassarri
GIGA Affective Lab
Dep. Informática e Ingeniería de
Sistemas,
Universidad de Zaragoza, España.
{javi.marco, sandra}@unizar.es

ABSTRACT

Aunque durante los últimos años, los Espacios Colaborativos Interactivos (ECIs) están ofreciendo nuevas posibilidades y oportunidades para modalidades de interacción física, también implican nuevos retos para diseñadores y desarrolladores. Por tanto, se hace necesario el desarrollo de herramientas que faciliten la creación de aplicaciones para ECIs. En este trabajo se propone la arquitectura de una herramienta de ese tipo y se presenta una prueba de concepto sobre la misma. La base de dicha propuesta es TUIML, un modelo de abstracción para interfaces tangibles que ha sido reinterpretado por los autores para soportar interfaces ubicuas como la de los ECIs.

CCS Concepts

• Human-centered computing → Interaction design → Systems and tools for interaction design

• Human-centered computing → Human computer interaction (HCI) → Interactive systems and tools → User interface toolkits

• Human-centered computing → Ubiquitous and mobile computing → Ubiquitous and mobile computing systems and tools

Palabras clave

Espacios Colaborativos Interactivos; Interfaces Tangibles de Usuario; Lenguaje de Modelado de Interfaces Tangibles de Usuario; TUIML; Modelos de Abstracción; Diseño; Prototipado

1. INTRODUCCIÓN

Desde las discusiones post-WIMP de Weiser [25], se está viendo un creciente interés en aplicaciones informáticas ubicuas que combinen elementos virtuales y físicos. Los investigadores que apoyan esta visión han identificado una variedad de paradigmas relacionados que incluyen Computación Física, Realidad Mixta, Computación Sensible al Contexto, Vestibles e Interfaces Tangibles de Usuario (ITUs). Cada uno de estos paradigmas trata con temas de investigación específicos pero todos ellos defienden una transición fluida y continua entre el mundo digital y el mundo

real.

Con respecto a las ITUs, desde que Ishii [4] concibiera este paradigma como un acoplamiento sin fisura entre las representaciones físicas (manipulaciones) y las representaciones digitales (gráficos, audio, ...), las ITUs han estado experimentando una expansión continua. La primera generación de ITUs estaba limitada a manipulaciones en un espacio 2D [19] [24], o limitadas a un conjunto de manipulaciones constructivas o asociativas [15] [18], pero gradualmente el paradigma ITU, junto con los otros previamente mencionados, están convergiendo cada vez más en la computación ubicua, concretamente en los Espacios Colaborativos Interactivos (ECIs) [6].

Los ECIs son Interfaces de Usuario Distribuidas (IUD) que soportan trabajo colaborativo en habitaciones o espacios de trabajo digitalmente aumentados. Los usuarios en un ECI pueden usar diferentes métodos de interacción basados en la manipulación física (paredes táctiles, tabletops, vestibles, objetos inteligentes...) para interactuar con una aplicación informática.

Hoy en día, con el desarrollo de sensores más robustos y diversos, los ECIs han ampliado el espacio físico interactivo, y nuevas modalidades de interacción como gestos, habla o expresiones emocionales están siendo también integrados en el mismo espacio. Este momento es lo que los investigadores identifican como el "turno de las ITUs" [17]: la oportunidad de expandir la presencia física en los espacios interactivos emergentes para combinar mejor con el entendimiento y capacidades humanas. Sin embargo, los ECIs traen nuevos retos al diseño y desarrollo de la interacción física. Actualmente, uno de los aspectos que plantea más desafíos en el diseño y desarrollo de los ECIs es la necesidad de registrar la información digital en el espacio de trabajo del usuario de una manera espacialmente significativa [14]. Esta cuestión ha sido el principal foco en la investigación de las ITUs desde el principio de este paradigma. Varias herramientas hardware y software junto con modelos de abstracción han sido propuestos para apoyar a los diseñadores y desarrolladores a definir y construir relaciones entre los elementos digitales y físicos involucrados en una ITU.

Uno de estos modelos de abstracción es TUIML (Tangible User Interface Modeling Language) [20], el cual no solo aporta métodos de diseño para abstraer interacciones físicas en ITUs sino que también ofrece la posibilidad de desarrollar herramientas software basadas en este modelo. En este trabajo se propone una arquitectura para la creación de una herramienta de desarrollo basada en TUIML que permita el prototipado de aplicaciones en ECIs.

La estructura del artículo es la siguiente: la sección 2 está dividida en dos subsecciones. La primera subsección presenta los desafíos que plantea el desarrollo de ECIs, mientras que la segunda hace un repaso de herramientas enfocadas a su desarrollo. A continuación se presenta brevemente el modelo TUIML para explicar posteriormente cómo se aplicaría al trabajo con ECIs. Después, la arquitectura hardware y software de nuestra herramienta es presentada junto con la explicación de la prueba de concepto que se ha desarrollado. Finalmente, se detalla cómo sería el proceso completo de creación de una aplicación para un ECI usando nuestra herramienta, para terminar presentando unas conclusiones y el trabajo futuro.

2. TRABAJOS RELACIONADOS

En esta sección se hablará primero de los nuevos desafíos a los que se enfrenta el emergente campo de investigación en ECIs, así como de las nuevas herramientas que están apareciendo para vencer estos desafíos.

2.1 Desafíos del diseño de aplicaciones para ECIs

Durante los últimos años se ha observado un rápido progreso en las tecnologías ubicuas. Sensores miniaturizados y robustos y actuadores están impulsando nuevas modalidades de interacción [11], y nuevos frameworks soportan el desarrollo de sistemas distribuidos [2].

Sin embargo, la creación de ECIs plantea un amplio rango de retos, relativos a problemas tecnológicos y a cuestiones de diseño de las nuevas interacciones. Lundgren [10] comenta en su trabajo que para diseñar computación ubicua es necesario centrarse en tres temas diferenciados de investigación que engloban la creación de interfaces que hagan uso de formas de interacción natural, el desarrollo de aplicaciones sensibles al contexto que puedan adaptar su comportamiento y funcionalidad al usuario y al entorno en cada momento, y la automatización de la captura de las experiencias vividas por el usuario. También, Svanas [22] menciona que, al trabajar en interacción física, es necesario tener en cuenta dos aspectos fundamentales: la percepción física, refiriéndose al uso del sistema sensorial del cuerpo humano para tratar con tecnología, y la creatividad cinestésica, refiriéndose al uso activo del cuerpo en el proceso de diseño. Por último, en [27] los autores presentan una serie de requisitos de diseño que se han de cumplir cuando se trabaja con un sistema en el que se contemplan diversas interacciones realizadas por múltiples usuarios, como la forma de posicionar los dispositivos de visualización a utilizar o el dar soporte para evitar problemas de concurrencia.

Además de todos estos ejemplos que ponen de manifiesto la complejidad de diseñar y construir tecnologías ubicuas como los ECIs, hay que tener en cuenta también que todavía no se acaba de entender por qué algunas aplicaciones post-WIMP están mejor diseñadas para “mezclarse” en el entorno del usuario mientras que otras fallan [26]. Recientemente, los investigadores de la era post-WIMP están criticando las tendencias actuales de crear diseños y tecnologías novedosos, y formulando guías de diseño para dominios de aplicación específicos [6].

Los frameworks teóricos y técnicas de abstracción son esenciales para permitir a los diseñadores explorar todas las potencialidades y posibilidades de la interacción física en ECIs, pero también se necesitan frameworks de desarrollo (toolkits) que, siguiendo esas líneas, permitan a diseñadores y desarrolladores crear sus propias aplicaciones ECIs de forma más o menos sencilla. En la siguiente sección se analiza esta cuestión.

2.2 Herramientas de desarrollo para ECIs

En esta sección se ofrece una visión general de las actuales herramientas enfocadas al prototipado de aplicaciones para ECIs.

Melchior et al [14] ofrecen una aproximación para diseñar interfaces de usuarios distribuidas. La arquitectura que los autores presentan permite al usuario crear la distribución del sistema, así como describir el entorno virtual de la aplicación por medio de un editor gráfico. Los autores también comentan su intención de realizar en un futuro una herramienta software que permita la creación de interfaces distribuidas.

Berglund and Bang [1] proveen un conjunto de requerimientos para arquitecturas software que directamente soporten el uso y el desarrollo de interfaces de usuario distribuidas, enfocándose especialmente en aplicaciones de móvil. Los autores destacan que es necesario estandarizar la descripción semántica de los componentes de la interfaz que se va a desarrollar así como implementar herramientas y modelos que permitan diseñar múltiples versiones de interfaces de usuario.

Molina et al. [16] dividen el diseño de las interfaces de usuario distribuidas en cuatro dimensiones: tipo de plataforma informática, cantidad de superficies de interacción, tipo de superficie de interacción y tipo de interfaz de usuario. También introducen VUIToolkit, una herramienta virtual para el prototipado rápido de entornos interactivos que permite procesar y mostrar interfaces de usuario que han sido especificadas con UsiXML (User Interface eXtensibleMarkupLanguage).

Por último, Jetter et al. [5] presentan ‘Blended Interaction’, una herramienta de abstracción para explicar cuándo los usuarios perciben las interfaces como naturales o no, dividiendo el espacio de diseño en cuatro dominios: interacción individual, interacción social y comunicación, flujo de trabajo y entorno físico. Los autores también ilustran el uso de su herramienta con un ejemplo.

Después de analizar las herramientas mencionadas previamente, se puede concluir que todas ellas pueden ser consideradas como herramientas de diseño, ya que aunque todas ellas ofrecen modelos para diseñar interfaces de usuario distribuidas, ninguna de ellas ha desarrollado software que permita prototipar aplicaciones, o todavía están en proceso de implementarlo [14]. El único trabajo que ha desarrollado una herramienta de este tipo es [16], pero dicha herramienta sólo permite crear interfaces de forma virtual.

Por lo tanto, el objetivo de nuestro trabajo ha sido diseñar una herramienta que facilite no sólo el diseño sino también la construcción de aplicaciones para ECIs tanto a diseñadores como a desarrolladores.

En la siguiente sección se explica el modelo de abstracción en el que se ha basado dicha herramienta.

3. MODELO DE ABSTRACCIÓN

En esta sección se describe brevemente TUIML, el modelo de abstracción en el que está basada nuestra herramienta, así como la forma de aplicarlo al trabajar en aplicaciones para ECIs.

3.1 TUIML: El paradigma TAC

TUIML [21] propone un lenguaje de descripción a alto nivel para ITUs, compuesto por una sintaxis para abstraer la unión entre artefactos físicos y datos digitales. Esta unión es definida por una colección de relaciones que se establecen entre la manipulación de objetos y sus variables digitales asociadas. Una vez que la aplicación ITU se ejecuta en el sistema, las relaciones son instanciadas cuando se llevan a cabo manipulaciones físicas y las

variables digitales son actualizadas. Así, las abstracciones realizadas pueden ser automáticamente traducidas a un lenguaje entendible por un sistema informático.

Los elementos que definen el modelo TUIML son los siguientes:

- **Token:** cualquier objeto físico que se utiliza en la ITU. Los usuarios interactúan con ellos para manipular información digital. Una ITU está compuesta de un token como mínimo.
- **Constraint:** define un marco de referencia para la manipulación de los tokens. Manipular un token fuera del marco de referencia del constraint no tiene significado en la ITU. Los constraints están asociados a los tokens, de modo que cuando un segundo token es manipulado dentro del constraint del primer token, este último cambia su estado. Los tokens pueden tener constraints o no, dependiendo de si el estado del token va a cambiar en el sistema.
- **TAC (Token And Constraint):** define las manipulaciones que tienen significado entre los tokens y los constraints. Cada constraint tiene como mínimo un TAC asociado.

El paradigma TAC ha demostrado previamente su utilidad para definir y analizar una variedad de ITUs principalmente basadas en superficies interactivas [23], y puesto que ya se ha probado su potencialidad a la hora de desarrollar herramientas de desarrollo de ITUs [13] nuestra hipótesis es que también puede ser utilizado para desarrollar herramientas de desarrollo para ECIs.

3.2 Aplicando TUIML a ECIs

Investigadores en Interacción Tangible han criticado el alcance limitado ofrecido por el paradigma TAC y, por tanto, por TUIML, ya que éste restringe la expresividad de la Interacción Tangible al definir las ITUs en términos de restricciones físicas a la hora de manipular objetos en el espacio. Horneker and Baur [3] defienden un espacio de diseño más amplio para la interacción tangible que ofrezca mejores oportunidades a la interacción física, incluyendo el cuerpo del usuario como una nueva entrada para tratar también los aspectos sociales de las ITUs.

Con ese propósito, es necesario dejar los confines artificiales del paradigma TAC y reinterpretar las definiciones de Token y Constraint para adaptarlos mejor a las nuevas posibilidades que los ECIs ofrecen, ya que estas implican diferentes tipos de manipulaciones físicas y nuevos retos a los que hay que enfrentarse para abstraer dichas manipulaciones en las aplicaciones.

Nuestra hipótesis, como ya se ha mencionado, es que una interpretación más amplia del paradigma TAC puede extender la expresividad de TUIML para cubrir las nuevas formas de interacción física en las aplicaciones para ECIs.

Desde el punto de vista de TUIML, el cuerpo del usuario puede ser abstraído como un token, y las diferentes áreas interactivas de la habitación como constraints que limitan las manipulaciones que los usuarios pueden realizar usando su cuerpo para interactuar con la aplicación.

Por lo tanto, una especificación de la aplicación siguiendo una jerarquía de Token, Constraint y TAC (llamada **paleta de TACs**) puede ser asociada a la habitación, definiendo las diferentes relaciones entre la habitación y el cuerpo del usuario. Las variables digitales ligadas a los TACs se usan para representar propiedades físicas de los usuarios en el entorno interactivo: presencia, posición, orientación, distancia...

Por ejemplo, para modelar con TUIML la acción de dos usuarios dándose la mano, los Tokens, Constraints y TACs que habría que definir serían los siguientes.

- **Tokens:** las manos de los usuarios, ya que son los 'objetos' físicos que se van a utilizar.
- **Constraints:** el volumen que rodea cada una de las manos de los usuarios, ya que se puede decir que en la acción de 'estrechar mano' la mano de un usuario va a entrar en el volumen de la mano del otro usuario.
- **TAC:** la acción de 'estrechar mano', que se traduce en utilizar las propiedades físicas de *presencia*, ya que la mano de un usuario pasa a estar dentro del constraint de la mano del otro usuario, y *distancia*, ya que cuando dos usuarios se dan la mano la distancia entre sus manos es 0.

Como se acaba de ver, se puede expandir el espacio de diseño de TUIML para cubrir nuevas modalidades de interacción en espacios interactivos. De esta forma se está abriendo la posibilidad de crear herramientas software que soporten la construcción de aplicaciones ECIs.

En la siguiente sección, se propone la arquitectura de una herramienta de desarrollo que se apoya en esta idea.

4. ARQUITECTURA DE LA HERRAMIENTA DE DESARROLLO DE APLICACIONES PARA ECIs

Nuestra propuesta busca establecer una base común para diseñadores y desarrolladores de aplicaciones para ECIs, basándose en las herramientas de abstracción que TUIML provee. En la Figura 1 se muestra la arquitectura de la herramienta propuesta.

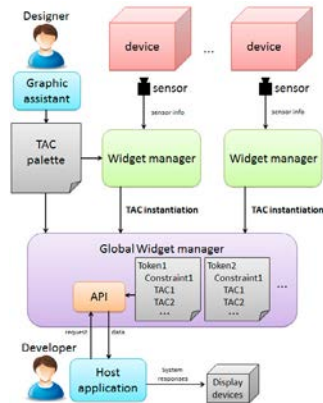


Figura 1. Arquitectura propuesta para una herramienta que soporte la creación de aplicaciones para ECI.

La construcción de una aplicación para ECIs funcional requiere embeber diferentes dispositivos (devices) en el entorno, cada uno de ellos asociado con un sensor. Estos sensores se encargan de detectar las manipulaciones que se llevan a cabo en los dispositivos y de mandar esa información a los Widget managers.

La herramienta incluye un asistente gráfico para ayudar a los diseñadores a construir su paleta de TACs.

Los **Widget managers** son procesos dedicados a un dispositivo específico del entorno interactivo. Usando la información provista por la paleta de TACs, cada Widget Manager procesa los datos del sensor para identificar qué token (objeto físico) ha sido manipulado y qué manipulación se ha producido. Toda esta información es empaquetada, instanciada (**TAC instantiation**) y enviada al Widget manager global.

El **Widget manager global** es capaz de tratar con un número indefinido de Widget managers. Por lo tanto, el ECI puede ser personalizado con diferentes configuraciones de sensores para diferentes aplicaciones. El Widget manager global se comunica con los Widget managers a través de TUIO [8], un protocolo de comunicación diseñado específicamente para interfaces tangibles, y con la información recibida de ellos actualiza la información de todos los tokens que han sido manipulados, así como las manipulaciones que se han realizado.

El **Widget manager global** también provee una **API** para acceder a dicha información. De esta manera, los desarrolladores pueden usar esta API mientras implementan la **aplicación para el ECI (aplicación Host)**, que será ejecutada haciendo uso de los dispositivos de visualización (**display devices**) del entorno interactivo.

Para demostrar la viabilidad de implementar una herramienta software basada en la arquitectura propuesta, se ha desarrollado una prueba de concepto que es explicada en el apartado siguiente.

5. PRUEBA DE CONCEPTO

La herramienta desarrollada no es una implementación completa de la arquitectura propuesta, pero permite la construcción de aplicaciones para ECI sencillas con modalidades de interacción física limitadas. De hecho, en ella sólo se soportan dos modalidades de interacción:

- Interacción táctil y tangible en un dispositivo tabletop NIKVision [12]. Un Widget manager basado en el software reactiVision [7] utiliza un sensor basado en visión para detectar e identificar dedos y objetos marcados en la superficie del tabletop.
- Interacción gestual a través de Kinect. Un Widget manager basado en el software KinectV2-OSC software [9] utiliza el sensor de profundidad de Kinect para detectar e identificar las partes del cuerpo del usuario.

La herramienta también incluye un asistente gráfico y una API para el entorno de desarrollo de Processing, que se explican con más detalle en las siguientes subsecciones.

5.1 Asistente gráfico

El asistente gráfico es una aplicación de escritorio que usa una aproximación WYSIWYG que permite al diseñador crear la paleta de TACs de la aplicación definiendo los diferentes tokens, constraints y TACs involucrados en el ECI.

Puesto que la herramienta presentada está todavía en desarrollo, los tokens que pueden definirse se limitan a cuatro tipos:

- **Named**: objetos que tienen una marca pegada en su base para que puedan ser identificados por el software reactiVision.
- **Body**: las partes del cuerpo que son detectadas con el sensor de Kinect. La herramienta actual trabaja con 7 partes del cuerpo: cabeza, columna vertebral, manos, rodillas y pies.
- **Tabletop**: el dispositivo tabletop tangible en el que se manipulan los objetos.

- **Kinect**: el sensor de Kinect con el que el usuario interactúa. Las manipulaciones gestuales realizadas con el sensor se ven reflejadas en una pantalla de proyección.

Así mismo, los constraints que se pueden definir están limitados a áreas 2D y las manipulaciones disponibles se limitan a cuatro: poner un token dentro de un constraint, moverlo verticalmente, moverlo horizontalmente y rotarlo.

En la Figura 2 se muestra el asistente gráfico de la herramienta. En el lado izquierdo del asistente gráfico, el rectángulo negro es la pantalla virtual que representa la superficie del tabletop y de la pantalla de proyección (ambos tienen las mismas proporciones), y es el lugar donde el diseñador creará los constraints de la paleta de TACs clicando con el ratón sobre la pantalla virtual. En el lado derecho del asistente gráfico, los elementos de la paleta de TACs que han sido creados aparecen de una forma jerárquica: primero los tokens, después sus constraints correspondientes, y finalmente los TACs.

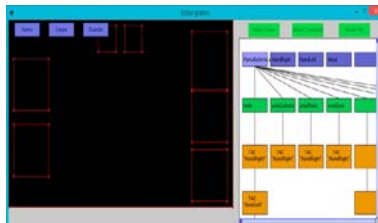


Figura 2. Asistente gráfico de la herramienta desarrollada

Una vez que el diseñador ha creado su paleta de TACs, el asistente gráfico la convierte automáticamente en un fichero XML que será leído por la aplicación Widget manager para identificar los tokens que han sido manipulados como ya se ha explicado en la sección 4.

5.2 API

La comunicación con el Widget Manager global se lleva a cabo a través de un conjunto de funciones (API) que permiten a la aplicación para el ECI obtener el estado actualizado de todas las interacciones que se han llevado a cabo en el ECI.

En nuestra herramienta, se ha desarrollado una API para el Entorno de Desarrollo de Processing (EDP). EDP es libre y, durante los últimos años, se ha vuelto muy popular en entornos educativos y académicos para el desarrollo de visualización gráfica y aplicaciones interactivas, principalmente porque EDP hace fácil la manipulación de gráficos, sonidos y otros recursos multimedia. Aún así, nuestra API puede ser traducida a otros entornos de desarrollo.

Dependiendo de la clase de información que se provee, las funciones API se dividen en dos grupos:

- Funciones de **evento**, que mandan el estado actualizado del último TAC cuyo estado ha cambiado.
- Funciones de **estado**, que mandan información actualizada de cualquier TAC de la paleta de TACs definida

5.2.1 Funciones de evento

La API provee un conjunto de funciones de evento para que los desarrolladores obtengan información del TAC involucrado en la

manipulación. En otras palabras, las funciones de evento solo aportan información de un único TAC, que es el último cuyo estado ha cambiado.

La aplicación de host puede implementar una función *callback*, que será automáticamente disparada por la API cuando un TAC haya cambiado su estado debido a una manipulación del usuario.

Las funciones de evento se usan para identificar el TAC y obtener el nuevo valor de la variable asociada a ese TAC (ver Tabla 1).

Tabla 1. Funciones de evento

| Sintaxis | Salida |
|---|---|
| String <code>getEventTokenName()</code> | Nombre del Token involucrado en el evento |
| String <code>getEventConstraintName()</code> | Nombre del Constraint involucrado en el evento |
| String <code>getEventSubTokenName()</code> | Nombre del Token que ha sido manipulado dentro del constraint de otro Token |
| String <code>getEventSubTokenAttribute()</code> | Valor de la variable asociada al TAC involucrado en el evento |

5.2.2 Funciones de estado

Las funciones de estado de la API pueden ser usadas por el desarrollador para preguntar por el estado de cualquier objeto involucrado en el ECI en cualquier momento. En otras palabras, aportan información del estado actualizado de cualquier TAC perteneciente a la paleta de TACs definida por el asistente gráfico (ver Tabla 2).

Tabla 2. Funciones de estado

| Sintaxis | Salida |
|---|--|
| boolean <code>isToken2InConstraintOfToken (String TokenName, String ConstraintName, String Token2Name)</code> | Devuelve <i>verdadero</i> si el segundo token está dentro del constraint del primero. |
| String <code>getTokenAttribute (String TokenName, String ConstraintName, String Token2Name)</code> | Devuelve el valor de la variable asociada a la manipulación de un token dentro del constraint de otro token. |

Estas pocas funciones proporcionadas por la API son suficientes para devolver el estado completo de los objetos y manipulaciones envueltas en la aplicación para el ECI. Por lo tanto, el desarrollo de la aplicación es sencillo y está completamente aislado de los detalles hardware de la implementación del ECI.

6. CREANDO UN JUEGO CON LA HERRAMIENTA

Actualmente se está usando la herramienta desarrollada para explorar las posibilidades de entornos interactivos en el diseño de juegos para niños. En esta sección se muestra el proceso completo de crear un juego con nuestra herramienta. El juego consiste en que los niños usen piezas de puzzle en la superficie de un tabletop para componer animales (ver Figura 3).



Figura 3. Piezas de puzzle tangibles en la superficie del tabletop.

En otra área de la habitación, los niños interactúan con una pantalla de proyección que muestra el animal que ha sido creado en el tabletop (ver Figura 4).

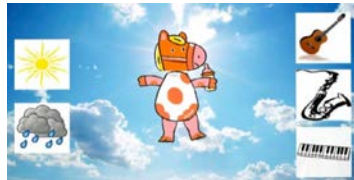


Figura 4. Imagen que aparecerá en la pantalla de proyección

El animal virtual imita los movimientos del niño gracias al sensor de Kinect situado justo entre él y la pantalla de proyección. El niño interactúa con los botones que se muestran en la pantalla de proyección para cambiar la imagen de fondo y la música.

6.1 Creando la paleta de TACs con el Asistente Gráfico

Para crear la paleta de TACs del juego, el primer paso definir los *tokens*, que son los objetos físicos de la actividad.

El tabletop y la pantalla de proyección son los dos tokens principales que se van a usar, puesto que ambos son objetos físicos con los que el niño va a interactuar.

Las piezas de puzzle también han de ser definidas como tokens. En la Figura 5 se muestran las piezas de puzzle que se van a usar: la cabeza, el cuerpo y las piernas de la vaca y el caballo respectivamente. Estas seis piezas tienen que ser definidas como "named" tokens en la paleta de TACs ya que tienen marcadores pegados en su base para que puedan ser identificadas por el software *reActivision*.



Figura 5. Piezas de puzzle

Finalmente, las partes del cuerpo del niño tienen que ser definidas de modo que se pueda hacer que el animal virtual mostrado en la pantalla de proyección siga los movimientos del niño. Las cinco

partes del cuerpo que se necesitan definir como tokens son la cabeza, las manos y los pies del niño.

Por lo tanto, la paleta de TACs de esta actividad tiene un total de **13 tokens**: el tabletop, la pantalla de proyección, las seis piezas de animales y las cinco partes del cuerpo.

La Figura 6 muestra un ejemplo de cómo definir el cuerpo de la vaca con el asistente gráfico. Puesto que la pieza de puzzle es un objeto con un marcador impreso pegado a su base, se especifica su tipo como 'named' y se indica su id (ver Figura 6_A). Si se quisiera definir una parte del cuerpo del niño, se especificaría su tipo como 'body' y no sería necesario indicar ningún id. Como se ha explicado antes, cuando un token es creado aparece en el lado derecho del asistente gráfico junto con los otros tokens que ya han sido creados (ver Figura 6_B).



Figura 6. Creación de un token con el asistente gráfico

Una vez que se han definido los tokens, hay que definir los **constraints**, que son las áreas 2D en las que las manipulaciones de los tokens tienen sentido.

En esta actividad, el niño tiene que interactuar con dos dispositivos diferentes: el tabletop, situando las partes de animales sobre su superficie para crear el animal que aparecerá como personaje virtual, y la pantalla de proyección, moviendo sus manos para cambiar la imagen de fondo que se muestra en la pantalla de proyección y/o reproducir diferentes sonidos y moviendo el resto de su cuerpo para hacer que el animal virtual imite sus movimientos.

Por lo tanto, hay que definir los constraints asociados al dispositivo tabletop y a la pantalla de proyección. En el tabletop, hay que definir un área que cubra toda la pantalla de modo que el niño pueda componer el animal en cualquier sitio del tabletop. En la pantalla de proyección hay que definir las áreas que permitirán al niño elegir entre un fondo soleado y nublado (ver Figura 7_A) y las áreas que le permitirán reproducir un sonido de guitarra, saxofón y piano (ver Figura 7_B).



Figura 7. Áreas de fondo y de música de la pantalla de proyección

También hay que definir un constraint de la misma dimensión que la pantalla de proyección ya que los movimientos del niño van a tener significado mientras que el niño se mueva en frente de la pantalla de proyección, donde estará situado el sensor de Kinect.

Por lo tanto, la paleta de TACs de esta actividad tiene un total de **7 constraints**: un constraint asociado al tabletop y los otros seis (dos áreas de fondo, tres áreas de música, y el área que cubre toda la pantalla) asociados a la pantalla de proyección.

Para crear los constraints con el asistente gráfico, primero se selecciona el token que va a contener el constraint. Luego, usando el ratón se crea el área del constraint clicando sobre la pantalla negra virtual del asistente gráfico los sitios donde se quieren crear los vértices de las áreas (ver Figura 8).

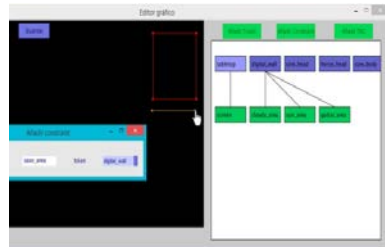


Figura 8. Creación de un constraint con el asistente gráfico

Finalmente, una vez que se han definido los tokens y los constraints hay que definir los **TACs**, es decir, definir las manipulaciones que van a tener lugar entre los tokens y los constraints.

En el constraint que se ha definido en el tabletop, los tokens que van a ser manipulados son las seis piezas de puzzle de animales, puesto que ya se ha dicho que el tabletop es el sitio donde el niño va a componer el animal.

En los constraints que se ha definido en la pantalla de proyección, los tokens que van a ser manipulados dentro de ellos son las partes del cuerpo del niño. Se pueden distinguir tres tipos de constraints dependiendo de la parte del cuerpo que van a tener en cuenta: los constraints de fondo, que están definidos en la parte más izquierda de la pantalla de proyección, considerarán la mano izquierda del niño; los constraints de música, que están definidos en la parte más derecha de la pantalla de proyección, considerarán la mano derecha del niño; y el constraint que cubre toda la pantalla de proyección considerará todas las partes del cuerpo del niño (cabeza, manos y pies).

Por consiguiente, la paleta de TACs de esta actividad tiene un total de **16 TACs**: seis TACs asociados al constraint del tabletop (las seis piezas de animales) y diez TACs asociados a los constraints de la pantalla de proyección (la mano izquierda para los dos constraints de fondo, la mano derecha para los tres constraints de música, y las cinco partes del cuerpo para el constraint que cubre toda la superficie de la pantalla de proyección).

Cuando se define un TAC, hay que indicar la manipulación en la que se está interesado. Se ha mencionado previamente que nuestra herramienta actualmente sólo permite cuatro manipulaciones cuando se definen TACs: la presencia de un token en el constraint, su movimiento vertical, su movimiento horizontal y su rotación.

En los constraints del tabletop, los constraints de fondo y los constraints de música sólo se necesita saber si su token correspondiente está dentro del constraint o no, y por lo tanto en el asistente gráfico sólo hay que marcar la manipulación que está relacionada con la presencia del token (ver Figura 9_A).

Sin embargo, en el caso del constraint que cubre toda la pantalla de proyección, además de la presencia también es necesario saber la posición horizontal y vertical de los tokens (las partes del cuerpo del niño), así que cuando se define el TAC también se marcan las manipulaciones relacionadas con la posición vertical y horizontal (ver Figura 9_B).

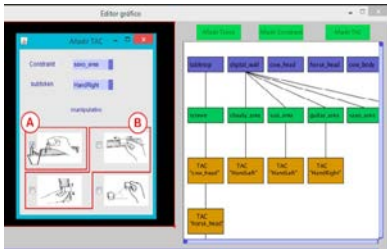


Figura 9. Creación de TACs con el asistente gráfico

6.2 Programando el juego con la API

Una vez que la paleta de TACs ha sido creada, se tiene que programar el juego.

Primero, hay que programar la función `setup()` de Processing. Esta función es llamada una vez y se usa para definir las propiedades de entorno iniciales. Por lo tanto, en esta función se crean el fondo que se mostrará en la pantalla de proyección (por defecto será el fondo soleado), las áreas de cambio de fondo y las áreas de música usando las funciones que imagen que Processing ofrece. También hay que crear los sonidos de los instrumentos.

Segundo, hay que programar la función `draw()`. Esta función es llamada directamente después del `setup()` y está continuamente ejecutando las líneas de código contenidas dentro de su bloque. Por lo tanto, en esta función se usan las funciones de imagen de Processing para posicionar los gráficos que se han creado previamente en su lugar correspondiente: las áreas de fondo en la parte izquierda de la pantalla y las áreas de música en el lado derecho. También, en esta función se usan las **funciones de estado** de la API de Processing para ir comprobando cada vez la posición de las partes del cuerpo del niño y así dibujar las partes del cuerpo del animal virtual en la pantalla.

Finalmente, se usan las **funciones de evento** de la API de Processing para tener en cuenta los siguientes eventos:

- Cuando se obtiene el evento de que una pieza de puzzle del animal (cabeza, cuerpo o piernas) ha sido situada en el tabletop, se muestra la parte del cuerpo correspondiente en la pantalla de proyección.
- Cuando se obtiene el evento de que una parte del cuerpo del niño (cabeza, manos o pies) ha cambiado su posición, se actualizan también las partes del cuerpo del personaje virtual.
- Cuando se obtiene el evento de que la mano izquierda del niño ha entrado un área de fondo (soleada o nublada), se cambia el fondo de la imagen.

- Cuando se obtiene el evento de que la mano derecha del niño ha entrado algún área de instrumentos (guitarra, saxofón o piano), se reproduce el sonido correspondiente del instrumento.

6.3 Ejecutando el juego ECI

Cuando la paleta de TACs y el juego han sido creados, solamente queda ejecutar la herramienta para empezar el juego. Para ejecutar la herramienta, primero se le pasa al Widget manager global el fichero XML que se ha creado al diseñar la paleta de TACs con el asistente gráfico. Después, se ejecuta el Widget manager global, que a su vez pone en marcha automáticamente el Widget manager conectado al sensor reactIVision y el Widget manager conectado al sensor de Kinect. Finalmente, se le pasa también el fichero XML con la paleta de TACs al juego creado en Processing y se ejecuta.

La Figura 10 muestra la aplicación ECI funcionando. En la parte derecha de la imagen se ve el tabletop en el que está creado el animal (ver Figura 10_A) y en la pantalla de proyección se ve que el animal virtual está imitando los movimientos del niño levantando los brazos (ver Figura 10_B), gracias al sensor de Kinect situado justo enfrente del niño (ver Figura 10_C). Nuestra herramienta ha permitido desarrollar rápidamente el prototipo funcional de una actividad para niños.

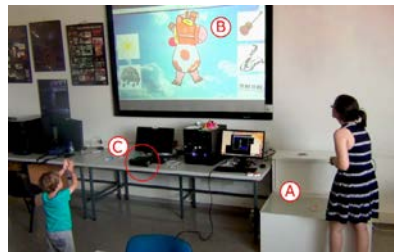


Figura 10. ECI con un juego para niños desarrollado con nuestra prueba de concepto de herramienta

7. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

La creación de ECIs implica nuevos retos para diseñadores y desarrolladores, los cuales necesitan herramientas que les faciliten la definición y construcción de relaciones entre los elementos digitales y físicos involucrados en un ECI.

En este trabajo se ha partido de la hipótesis de que TUIML, a pesar de haber sido creado en el ámbito de las interfaces tangibles, puede ser adecuado para el diseño de aplicaciones en espacios más amplios como los ECIs. Basándonos en el modelo TUIML, se ha propuesto la arquitectura de una herramienta que permite diseñar y construir aplicaciones para ECIs. Para validar la arquitectura, se ha presentado una prueba de concepto. A pesar de su funcionalidad limitada, la herramienta desarrollada ha mostrado su utilidad a la hora de dar soporte a la creación de juegos colaborativos para entornos interactivos. En cualquier caso, la expresividad de TUIML para abstraer interacciones físicas innovadoras tiene que ser comprobada con otras propuestas de ECIs.

Nuestra herramienta está todavía en desarrollo. Pronto, más Widget manager van a ser integrados, expandiendo las posibilidades de métodos de interacción física.

8. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Gobierno de España a través del contrato TIN2015-67149-C3-1R.

9. REFERENCIAS

1. Berglund, E., and Bång, M. (2002, December). Requirements for distributed user interface in ubiquitous computing networks. In *Proc. of Conf. on Mobile and Ubiquitous MultiMedia*.
2. Branton, C., Ullmer, B., Wiggins, A., Rogge, L., Setty, N., Beck, S. D., and Reeser, A. (2013). Toward rapid and iterative development of tangible, collaborative, distributed user interfaces. ACM SIGCHI symposium on Engineering interactive computing systems (pp. 239-248).
3. Hornecker, E., and Buur, J. (2006). Getting a grip on tangible interaction: a framework on physical space and social interaction. ACM SIGCHI Conf. Human Factors in Computing Systems (pp. 437-446).
4. Ishii, H., and Ullmer, B. (1997). Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms. ACM SIGCHI Conference on Human factors in computing systems (pp. 234-241).
5. Jetter, H. C., Reiterer, H., and Geyer, F. (2014). Blended Interaction: understanding natural human-computer interaction in post-WIMP interactive spaces. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(5), (pp. 1139-1158).
6. Jetter, H. C., Zöllner, M., Gerken, J., and Reiterer, H. (2012). Design and implementation of post-WIMP distributed user interfaces with ZOIL. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 28(11), (pp. 737-747).
7. Kaltenbrunner, M., and Bencina, R. (2007). reactIVision: a computer-vision framework for table-based tangible interaction. International conference on Tangible and embedded interaction (pp. 69-74). ACM.
8. Kaltenbrunner, M., Bovermann, T., Bencina, R., and Costanza, E. (2005). TUIO: A protocol for table-top tangible user interfaces. *Int'l Workshop on Gesture in Human-Computer Interaction and Simulation* (pp. 1-5).
9. KinectV2-OSC web. <https://github.com/microcosm/KinectV2-OSC>
10. Lundgren, S. (2006). Facets of fun: On the design of computer augmented entertainment artifacts.
11. Ma, Y., Boos, K., Ferguson, J., Patterson, D., and Jonaitis, K. (2014). Collaborative geometry-aware augmented reality with depth sensors. ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing. (pp. 251-254).
12. Marco, J., Baldassari, S., and Cerezo, E. (2013) NIKVision: Developing a Tangible Application for and with Children. *Journal of Universal Computer Science* 19(15):2266-2291
13. Marco, J., Cerezo, E., and Baldassari, S. (2014). Lowering the threshold and raising the ceiling of tangible expressiveness in hybrid board-games. *Multimedia Tools and Applications*, pp. 1-39
14. Melchior, J., Vanderdonck, J., and Van Roy, P. (2011). A model-based approach for distributed user interfaces.
15. Merrill, D., Sun, E., and Kalanithi, J. (2012). Sifteo cubes. In CHI'12 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (pp. 1015-1018). ACM.
16. Molina, J., Lozano, D., Fernández-Caballero, A., González, P., and Vanderdonck, J. (2007). Rapid Prototyping of Distributed User Interfaces. In Proceedings of 6th Int. Conf. on Computer-Aided Design of User Interfaces (pp. 151-166)
17. Mousette, C. (2012). Simple Haptics: Sketching Perspectives for the design of Haptic Interactions, PhD Thesis, Umea University, (pp. 201-205)
18. Raffle, H. S., Parkes, A. J., and Ishii, H. (2004). Topobo: a constructive assembly system with kinetic memory. ACM SIGCHI conference on Human factors in computing systems (pp. 647-654).
19. Ryokai, K., Marti, S., and Ishii, H. (2004). I/O brush: drawing with everyday objects as ink. ACM SIGCHI conference on Human factors in computing systems (pp. 303-310).
20. Shaer, O and Jacob, R. (2009). A Specification Paradigm for the Design and Implementation of Tangible User Interfaces. *ACM Trans. Computer-Human Interaction* 16, 4, Article 20 (Nov. 2009), 39 pages.
21. Shaer O., Leland N., Calvillo-Gamez, E.H., and Jacob, R. (2004). The TAC Paradigm: Specifying Tangible User Interfaces. *Personal Ubiquitous Comput.* 8, 5 (Sept. 2004), (pp. 359-369).
22. Svanes, D. (2013). Interaction design for and with the lived body: Some implications of merleau-ponty's phenomenology. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 20(1), pp. 8.
23. Ullmer B (2002) Tangible interfaces for manipulating aggregates of digital information. PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology
24. Underkoffler, J., and Ishii, H. (1999). Urp: a luminous-tangible workbench for urban planning and design. ACM SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 386-393).
25. Weiser, M. (1991). The computer for the 21st century. *Scientific American*, 265(3), (pp. 94-104).
26. Whittaker S, Terveen L, Nardi BA (2000) A reference task agenda for HCI. In: Carroll JM (ed) Human-computer interaction in the new Millennium. Addison-Wesley, New York, (pp 167-190).
27. Wigdor, D., Shen, C., Forlines, C., and Balakrishnan, R. (2006, May). Table-centric interactive spaces for real-time collaboration. In Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces (pp. 103-107). ACM.

Social4all: Plataforma colaborativa para la mejora de la accesibilidad Web

Rubén González Crespo¹
ruben.gonzalez@unir.net

Elena Verdú¹
elena.verdu@unir.net

¹Universidad Internacional de La Rioja (UNIR),
Logroño, La Rioja, Spain

Jordán Pascual Espada^{1,2}
pascualjordan@uniovi.es

Daniel Burgos¹
daniel.burgos@unir.net

²University of Oviedo,
Oviedo, Asturias, Spain

RESUMEN

En este artículo se presenta la plataforma Social4all. La idea principal de esta investigación es ofrecer un nuevo planteamiento que permita solucionar un conjunto significativo de problemas de accesibilidad en cualquier sitio web. Hasta el momento la accesibilidad de los sitios web era competencia únicamente de los propios desarrolladores del sitio. Por diversos motivos los aspectos relativos a la accesibilidad han sido descuidados en una gran cantidad de páginas, produciendo verdaderos problemas en la navegación a aquellas personas que requieren sitios webs accesibles. Con la plataforma propuesta se busca que sea posible crear versiones alternativas y más accesibles a sitios web sin ser el propietario del sitio original. Estas versiones se basan en el sitio original aplicando una serie de adaptaciones semiautomáticas guiadas con un algoritmo y un asistente humano. Mediante una evaluación cuantitativa utilizando herramientas software de validación de accesibilidad, se demuestra que la plataforma es útil para la detección y solución de problemas de accesibilidad.

Palabras Clave

Accesibilidad Web, herramientas de evaluación automática, aplicaciones web, adaptaciones web.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente existe un gran número de aplicaciones web con problemas de accesibilidad. La accesibilidad Web ofrece una serie de pautas para que personas con diferentes dificultades puedan utilizar aplicaciones web de una forma más apropiada [7]. Las personas con problemas de visión, cognitivos o neurológicos entre otras, pueden tener problemas para percibir ciertos contenidos en las aplicaciones web, en muchos casos estas personas utilizan herramientas específicas para navegar por la Web [5][16].

Varias organizaciones promueven recomendaciones para llegar a un nivel de accesibilidad adecuado, estas recomendaciones regulan el uso de múltiples aspectos como colores, descripciones de imágenes, formularios, etc. Una de las recomendaciones de accesibilidad más importantes, siendo un estándar internacional, es la propuesta por el W3C, la WCAG 2.0 [6].

A pesar del esfuerzo de estas organizaciones, en la actualidad son muchos los sitios web que no cumplen con el mínimo de accesibilidad requerido. Este problema se debe a que en muchos casos los desarrolladores web no saben cómo aplicar las pautas de accesibilidad con corrección, o no pueden o no quieren afrontar el esfuerzo extra que supone tener en cuenta dichas pautas.

Los desarrolladores que desean cumplir con las pautas de accesibilidad deben comprobar que sus sitios cumplen con los

requerimientos especificados en las guías. Existen evaluadores expertos en temas de accesibilidad que pueden auditar un sitio web completo en busca de problemas, muchas de las validaciones se pueden realizar siguiendo una guía o plantillas [4][18]. Existen algoritmos automáticos o semiautomáticos que analizan el código de la Web [3][8][17], pero estas herramientas no son una solución definitiva al problema. Dentro de las propias pautas de accesibilidad algunas contienen aspectos subjetivos y dependientes de interpretación, como por ejemplo las descripciones textuales de imágenes. La descripción que es adecuada para una persona con problemas de visión puede resultar algo confusa para una persona con problemas cognitivos, o viceversa. Este es un problema con difícil solución porque actualmente no es posible encontrar diferentes versiones de un mismo sitio web, con diferente aplicación de las pautas de accesibilidad en función de un perfil u otro.

En este artículo se describe la plataforma Social4all. El objetivo de la plataforma es aportar una mejora sustancial sobre varios de los problemas relacionados con la accesibilidad Web. La plataforma debe simplificar el análisis de la accesibilidad en una aplicación web a través de un análisis automático o semiautomático del código. Además Social4all debe permitir que personas u organizaciones puedan crear versiones más accesibles de otros sitios web sin necesidad de modificar el código original del sitio web, y permitir que un mismo sitio web pueda tener varias versiones con diferentes planteamientos que solucionen los problemas de accesibilidad del sitio original, fomentando así la colaboración en la mejora de la accesibilidad [15]. En el siguiente apartado se describe el trabajo relacionado para a continuación describir, en el apartado 3, los conceptos clave de la plataforma propuesta así como su funcionamiento. En el apartado 4 se describe un caso de uso aplicado sobre la primera implementación de este sistema y se describen los resultados de una evaluación realizada. Finalmente se exponen las conclusiones obtenidas a partir de la evaluación, así como el trabajo futuro.

2. TRABAJO RELACIONADO

En la actualidad, guías de accesibilidad como WCAG del W3C [6] y Section 508 [13], son una referencia en la mayor parte de países. Aunque gran cantidad de pautas requieren el razonamiento humano para la detección [1] y solución de problemas, existen numerosas herramientas software de validación de accesibilidad automática que son una ayuda para implantar la accesibilidad en las aplicaciones web con un mayor nivel de eficiencia. Algunas de estas herramientas son Wave Webaim [17], AChecker [3], 508 Checker [20], SortSite [14] o Validator W3C [19], pero existen muchas otras y es un campo en constante evolución. Estas

herramientas detectan los incumplimientos de algunas pautas de accesibilidad pero no solucionan los problemas, requieren diseñar una solución y que el desarrollador la agregue al código original de la página web. Debido a que muchas de las pautas de accesibilidad son subjetivas de interpretación humana, las herramientas de este tipo no determinan con certeza si se trata de un error o un posible error. También existe una gran diferencia en la forma en la que estas herramientas muestran los resultados de la evaluación [2].

Algunos investigadores han demostrado que es posible realizar adaptaciones de sitios web en la parte del cliente para mejorar el nivel de accesibilidad [9][10], de esta forma no es necesario acceder al código original del sitio web. En algunas investigaciones también se sugirió la posibilidad de mejorar la accesibilidad mediante nuevas funcionalidades en el navegador [11][12]. Proyectos como estos plantean la hasta ahora poco explotada posibilidad de que otras personas, además de los propios desarrolladores del sitio, puedan contribuir a mejorar la accesibilidad de un sitio web.

La posibilidad de modificar de forma independiente el contenido web creando diferentes versiones alternativas de un mismo sitio permitirá que personas pertenecientes a diferentes organizaciones que trabajan para mejorar la accesibilidad, terapeutas ocupacionales, profesiones, amigos y familiares de personas con dificultades colaboren en mejorar el nivel de accesibilidad de cualquier sitio web. Para que este nuevo enfoque pueda ser utilizado se debe crear una plataforma que contemple diversas capacidades: la capacidad de modificar contenido sin modificar el código original del sitio; la capacidad de crear múltiples versiones de sitios web basados en uno original y que estos puedan coexistir entre sí; mecanismos de acceso y explicación adecuados a las guías de accesibilidad teniendo en cuenta que también deben ser consultados por personas sin fuertes conocimientos técnicos; y por último los mecanismos semiautomáticos o asistidos de detección de problemas de accesibilidad y solución de los mismos.

3. PLATAFORMA SOCIAL4ALL

3.1 Conceptos

La plataforma Social4all pretende aportar nuevas soluciones a la mejora del nivel de accesibilidad de cualquier sitio web que presente problemas.

Los pilares de este trabajo de investigación se pueden resumir en varios puntos clave:

1. Para modificar un sitio web y solucionar sus fallos de accesibilidad hay que modificar el contenido original, esto provoca que solo el desarrollador del sitio pueda hacerlo. La colaboración social y la participación de muchas otras personas interesadas de forma general o específica en resolver algún problema de accesibilidad podría contribuir enormemente a mejorar el nivel de accesibilidad de muchos sitios web.
2. Los sitios web sólo tienen una versión en la que a accesibilidad respecta. Sin embargo, en algunas ocasiones podría ser favorable diferenciar entre diferentes perfiles de accesibilidad ya que algunos aspectos de accesibilidad podrían satisfacerse de una forma más adecuada dependiendo del tipo de limitaciones que tenga el usuario. En muchas otras ocasiones las pautas de accesibilidad se pueden satisfacer de varios modos diferentes, según el criterio del experto encargado de ello, debido al grado de subjetividad, lo que puede ser adecuado para un experto en accesibilidad

puede no serlo para otro. La posibilidad de que un mismo sitio web dispusiera de varias versiones con diferentes soluciones alternativas a deficiencias de accesibilidad, permitiría a los usuarios elegir en base a su perfil o preferencias personales.

3. Las pautas de accesibilidad de la mayor parte de guías como el WAGC 2.0 están redactadas en gran parte de forma técnica, por ejemplo haciendo referencia a elementos de HTML. Por tanto, en muchos casos pueden no ser fácilmente comprensibles por una persona sin conocimientos de programación Web y en casi ningún caso pueden ser aplicadas sin conocimiento técnico, ni aun disponiendo de acceso al código. Las guías de accesibilidad se podrían explicar con un lenguaje más natural y comprensible por un mayor número de personas. Respecto a la implantación de las soluciones se podría solicitar solamente la información clave, abstractando conceptos técnicos como etiquetas y atributos de HTML o incluso haciendo que el usuario solamente tenga que elegir entre varias soluciones posibles, estas soluciones podrían ser estáticas o tener cierto grado de personalización.
4. Aunque existen herramientas automáticas capaces de detectar algunos errores o errores potenciales de accesibilidad no se encuentra ninguna herramienta que asista realmente en la implantación directa de soluciones a esos problemas. No permiten ejecutar de forma asistida modificaciones en el contenido web. Una herramienta útil en este aspecto debería ofrecer un procedimiento guiado, donde el resultado de la solución del problema pudiera ser apreciado de forma inmediata.

3.2 Funcionamiento

Cualquier usuario puede acceder al sitio web de Social4all y registrar una cuenta. Desde una cuenta se pueden crear perfiles de adaptación de forma ilimitada (ver Figura 1). Para crear un perfil de adaptación el usuario introduce el nombre que le quiera dar al perfil y la URL principal del sitio.

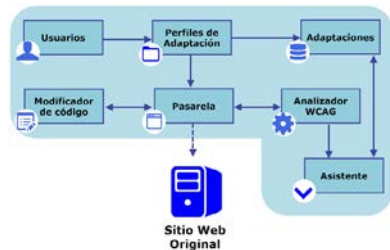


Figura 1. Diagrama conceptual de la plataforma Social4all. Se muestran los diferentes módulos funcionales y la relación entre ellos.

La aplicación web solicita el código HTML a la página original del sitio y lo carga dentro de la pasarela de Social4all, de esta forma el usuario ve una reproducción del sitio original. A esta versión del sitio original se le aplican una serie de scripts que modifican entre otras cosas los enlaces y urls de recursos. De esta

forma todas las peticiones no van al sitio original sino que se redirigen a la pasarela de Social4all.

Una vez que la copia de la página ha sido cargada y adaptada se inicia el proceso de análisis automático. Se aplican varios scripts que analizan de forma automática el código de la página en busca de potenciales errores de accesibilidad. El sistema actualmente es capaz de detectar más de 20 errores distintos, de acuerdo a las pautas WCAG 2.0, tales como que la página contenga recursos multimedia sin descripción alternativa o que los campos de entrada a un formulario no estén etiquetados, y se está investigando cómo añadir más.

Después de la detección de los problemas de accesibilidad, se muestran todos al usuario en un asistente paso a paso (Wizard), se explica el motivo de cada problema al usuario utilizando un lenguaje cercano para que pueda comprenderlo. Justo después de la descripción se le ofrece un mecanismo para solucionar el problema, normalmente se le explica la posible solución al problema y se requiere alguna acción por su parte, como introducir información concreta acerca de un enlace de la página.

Cuando el usuario acaba de solucionar los problemas de accesibilidad de una página puede abrir otra y continuar con el proceso, de esta forma el usuario puede solucionar los problemas de accesibilidad de todo un sitio o de parte de él.

3.3 Uso de perfiles de adaptación

Todas las soluciones que el usuario guarda en un perfil de adaptación se quedan almacenadas en la aplicación. De esta forma el mismo usuario puede continuar completando el perfil en otro momento y otros usuarios pueden usar el perfil.

Desde la página principal de Social4all los usuarios pueden ver todos los perfiles definidos y acceder a ellos. Cuando se pulsa sobre un perfil se pide el código original del sitio web, se le aplican una serie de scripts que modifican entre otras cosas los enlaces y urls de recursos, y adicionalmente en esta fase se aplican las soluciones a los problemas de accesibilidad especificados por el usuario durante la definición del perfil.

La solución a cada problema de accesibilidad es un pequeño script que realiza una modificación en el código HTML.

4. CASO DE USO

En este caso de uso se utilizó la plataforma Social4all para crear un nuevo perfil de accesibilidad sobre el Blog de UNIR. Este Blog está creado a partir de una modificación del popular CMS Wordpress.

En primer lugar se crea un perfil al que se llama "Blog ICDE" y se introduce la URL principal del sitio web que se desea modificar. Una vez creado el perfil se carga dicha página principal en la pasarela de Social4all. La plataforma solicita al usuario comenzar el análisis de accesibilidad sobre el contenido.

Al permitir el análisis se abre una segunda pestaña en el navegador que contiene la lista con los problemas de accesibilidad. Un problema es por ejemplo que una imagen no vaya acompañada de una alternativa textual.

El usuario se puede mover entre los diferentes problemas detectados, para cada uno de ellos ve la explicación de cada problema y se le propone una solución que requiere una entrada por parte del usuario, que en este caso concreto es un texto que describa la imagen (ver Figura 2). La solución descrita no contiene HTML ni otros lenguajes técnicos, es únicamente información en lenguaje natural que será tratada por la plataforma para crear una solución apropiada.



Figura 2. Asistente. explicación de la posible solución y formulario para que el usuario aporte la solución.

Desde la pestaña principal se puede ver remarcado en rojo el elemento al que hace referencia cada problema detectado (ver figura 3), cada vez que el usuario se mueva a otro problema de accesibilidad se actualiza el elemento remarcado.



Figura 3. Sitio web analizado, la plataforma resalta el problema de accesibilidad en una fotografía sin descripción alternativa.

Cuando se finaliza la corrección de los errores de todos los problemas y se abre un nuevo enlace en la Web que se está adaptando, se vuelve a iniciar el proceso de análisis automático en la nueva página. En este caso se repite el proceso con otras 5 páginas del sitio.

Todos los cambios realizados sobre el perfil se guardan automáticamente. Cuando se accede con otro usuario (no dueño del perfil), se puede ver el perfil en la plataforma y aplicar.

Al aplicar el perfil se ve la versión modificada del sitio cargada en la propia pasarela de Social4all, esta nueva versión es aparentemente muy similar a la inicial pero con 234 problemas de accesibilidad menos. Aunque no se trata de una versión totalmente accesible, sí que supone una mejora muy significativa respecto a la aplicación anterior.

4.1 Evaluación de resultados

Para obtener todos los problemas de accesibilidad de un sitio web con seguridad se requiere de forma casi obligatoria un análisis personal por parte de un experto, aunque en muchos casos las herramientas automáticas son de gran ayuda.

En esta sección se realiza una evaluación de tipo cuantitativo, comparando el número de errores / advertencias que son capaces de detectar varias de las herramientas de análisis automáticas más populares (son los problemas que pueden ser detectados por un algoritmo y no dependen totalmente del razonamiento humano).

Se compara también cuántos de estos errores han podido ser solucionados de forma asistida utilizando la plataforma Social4all (ver Tabla 1).

Tabla 1. Resultado de la detección automática de errores de accesibilidad en el Blog analizado

| Herramienta | Errores Advertencias | + Porcentaje de esos errores solucionados por Social4all |
|---------------|----------------------|--|
| SortSite | 265 | 88,30% |
| Wave Webaim | 249 | 93,9% |
| Validator W3C | 103 | 100% |
| Social4all | 234 | 100% |

Se ha desestimado el uso de la herramienta de análisis automática *achecker.ca* por considerar que señalaba varias veces el mismo problema, por lo que los informes de resultados no son realmente comparables.

5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este trabajo de investigación se presenta la primera versión de la plataforma Social4all. Esta plataforma tiene un objetivo ambicioso, proponer un nuevo camino para mejorar los problemas de accesibilidad presentes en muchos sitios web actualmente.

La principal novedad de la plataforma es que permite involucrar a más personas y organizaciones en la mejora de la accesibilidad. Personas ajenas al código original de un sitio web pueden hacer más accesible el contenido web, todo ello sin modificar el sitio original y permitiendo la creación de múltiples versiones derivadas de un mismo sitio web. El asistente incluido en la plataforma realiza análisis semiautomáticos y no requiere conocimientos de HTML.

La plataforma se ha demostrado útil para la detección y solución de problemas de accesibilidad, pero todavía tiene mucho rango de mejora, se pueden incluir algoritmos para detectar y solucionar un mayor número de problemas de accesibilidad, así como ofrecer nuevos enfoques y herramientas de asistencia para los procesos de solución semiautomática de los problemas.

Otro posible campo de trabajo futuro se basa en utilizar el enfoque de crear múltiples versiones alternativas de un sitio para mejorar otros aspectos de un sitio web, como por ejemplo la usabilidad, se podrían incluir diferentes herramientas para modificar aspectos de la página como el color y tamaños de letra, disposición de elementos, etc.

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado de forma parcial por la Agencia de Desarrollo Económico de la Rioja (plan ADER 2013), y por UNIR Research (programa Support Strategy 2013-2015), el proyecto ha sido desarrollado por el grupo de investigación TELSOCK (<http://research.unir.net>).

7. REFERENCIAS

[1] Abascal, J., Arrue, M., Fajardo, I., Garay, N. and Tomás, J. 2004. The Use of Guidelines to Automatically Verify Web Accessibility. *Univers. Access Inf. Soc.* 3, 1 (2004), 71–79.
 [2] Abou-Zahra, S. 2006. A Data Model to Facilitate the Automation of Web Accessibility Evaluations. *Electronic Notes in Theoretical Computer Science.* 157, 2 (2006), 3–9.

[3] AChecker. 2015. Web Accessibility Checker. <http://achecker.ca>
 [4] A11YProject. 2015. <http://a11yproject.com/checklist.html/>
 [5] Bigham, J.P., Prince, C.M. and Ladner, R.E. 2008. WebAnywhere: A Screen Reader On-the-go. *Proceedings of the 2008 International Cross-disciplinary Conference on Web Accessibility (W4A) (New York, NY, USA, 2008)*, 73–82.
 [6] Caldwell, B., Cooper, M., Guarino Reid, L., Vanderheiden, G (Eds.). 2008. *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0*. <http://www.w3.org/TR/WCAG20/>
 [7] Carter, J. and Markel, M. 2001. Web accessibility for people with disabilities: an introduction for Web developers. *IEEE Transactions on Professional Communication* 44(4), 225–233.
 [8] Dworak, H. 2008. Automatic Temporal Evaluation of the Accessibility of the World Wide Web and Its Standards Third International Conference on Conformance. *Dependability of Computer Systems, 2008. DepCos-RELCOMEX '08 (Szkarska Poreba, 2008)*, 171–178
 [9] Garrido, A., Firmenich, S., Rossi, G., Grigera, J., Medina-Medina, N. and Harari, I. 2013. Personalized Web Accessibility using Client-Side Refactoring. *IEEE Internet Computing* 17(4), 58–66.
 [10] González Crespo, R., Joyanes Aguilar, L., Sanjuán Martínez, O., 2012. Improving access to IT services for people with disability through software aids. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments* 4 (6), 563–564.
 [11] González Crespo, R., Sanjuán Martínez, O. 2010. La Web 3.0 al servicio de las personas discapacitadas auditivas mediante las pautas de accesibilidad 2.0. *Sociedad y Utopía. Revista de Ciencias Sociales* 36, 153–172.
 [12] Hanson, V.L., Brezin, J.P., Crayne, S., Keates, S., Kjeldsen, R., Richards, J.T., Swart, C. and Trewin, S. 2005. Improving Web accessibility through an enhanced open-source browser. *IBM Systems Journal* 44(3), 573–588.
 [13] Section 508. 2015. Section 508 Standards Guide. <http://www.section508.gov/section-508-standards-guide>
 [14] Sortsite. 2015. <http://www.powermapper.com/products/sortsite>
 [15] Takagi, H., Kawanaka, S., Kobayashi, M., Sato, D. and Asakawa, C. 2009. Collaborative Web Accessibility Improvement. *Challenges and Possibilities. Proceedings of the 11th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility (New York, NY, USA, 2009)*, 195–202.
 [16] Theofanos, M. F. and Redish, J. 2003. Guidelines for accessible and usable web sites: observing users who work with screen readers. *Interactions*, 10(6), 38–51.
 [17] WAVE. 2015. Web accessibility evaluation tool. <http://wave.webaim.org>
 [18] W3C Appendix B: Checklist (Non-Normative). 2008. <https://www.w3.org/TR/2006/WD-WCAG20-20060427/appendixB.html>
 [19] W3C Markup Validation Service. 2015. <https://validator.w3.org/>
 [20] 508Checker. 2015. <http://www.508checker.com>

***Instawatch*: Una herramienta *freeware* para la anotación semántica de video**

Francisco Javier Bermúdez Ruiz
Facultad de Informática
Universidad de Murcia
Murcia, España
fjavier@um.es

ABSTRACT

Vivimos en la denominada *sociedad del conocimiento*, en la que la información es un recurso altamente valioso. Con la llegada de Internet y el auge de las plataformas de *streaming* (como *Youtube* o *Vimeo*), el mundo de la producción audiovisual se ha beneficiado de un incesante incremento de su catálogo multimedia. El valor real de este catálogo depende también de la capacidad para acceder rápidamente a su información. Sin embargo, el conocimiento de este catálogo no está bien estructurado. Se hacen necesarias herramientas que permitan estructurar la información. La estructura debe adecuarse a las exigencias de los usuarios, que esperan acceder en un tiempo razonable a los recursos buscados.

Este artículo presenta una herramienta para la anotación semántica de vídeos, denominada *Instawatch*. Las anotaciones permiten describir fragmentos lógicos de vídeo en *streaming* de acuerdo a los dominios que los usuarios definen. Los dominios definen abstracciones de la realidad que condicionan semánticamente la creación de anotaciones. Las anotaciones pueden ser complejas (no solo etiquetas), pudiendo estar formadas por conceptos y relaciones entre ellos. Hasta nuestro conocimiento, se trata de una de las primeras herramientas gratuitas para estructurar la información audiovisual mediante anotaciones semánticas complejas basadas en dominios de usuario.

CCS Concepts

•**Human-centered computing** → *User models; Information visualization; Visualization toolkits*;

Keywords

Anotación semántica de vídeos; Edición visual de dominios de usuario

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, la aparición de nuevas tecnologías ha aumentado la velocidad con la que se ha ido generando

nueva información. En 2012, ya se creaban 2,5 quintillones de bytes de datos al día [1]. Solo en la plataforma de vídeo *Youtube* cada minuto se suben más de 100 horas de vídeo y se visionan 138.889 horas, según datos de la propia empresa¹. En el campo de los contenidos audiovisuales, el auge ha sido motivado por varios factores: (1) el desmesurado crecimiento de Internet, (2) la rápida evolución de los dispositivos para la captura de información audiovisual (e.g. teléfonos móviles), (3) la expansión y abaratamiento de las redes de comunicaciones fijas y móviles, y (4) la aparición en Internet de servicios de vídeo y redes sociales que permiten compartir cualquier tipo de información. Estos factores contribuyen a la denominada *democratización de la producción audiovisual* [15] y su masificación. Nos encontramos ante el reto de ofrecer un acceso eficaz e inteligente a toda esta información. Desde el punto de vista de la documentación audiovisual, el valor real de un conjunto de medios no solo reside en sus propios datos, si no en la capacidad para indexar, buscar y acceder a estos o partes de estos. Esta capacidad varía según la calidad de los metadatos que los acompañan, estando condicionada a una fiel descripción de los contenidos, desde el punto de vista del usuario que intenta acceder a ellos.

Aunque Internet ofrece una gran cantidad de información audiovisual, la gran mayoría no se encuentra estructurada ni bien catalogada. Una simple etiqueta o el uso de una descripción informal de su contenido en lenguaje natural no siempre es suficiente para que el software comprenda el significado de la información y pueda actuar automáticamente de la misma forma que una persona lo haría en labores manuales de búsqueda e indexación del contenido. Si bien el reto principal en este campo consiste en la obtención automática de estas descripciones, la gran cantidad y complejidad de los retos involucrados en esta extracción automática otorgan a la creación manual de metadatos (anotaciones) un papel muy importante.

La selección de contenido multimedia de acuerdo a su semántica, desde el punto de vista del usuario, constituye uno de los principales retos en la investigación del área de multimedia. Este reto, comúnmente ha sido llamado como *la brecha semántica* [14]. Surge la necesidad de disponer de herramientas que permitan realizar una catalogación estructurada de acuerdo a las exigencias de los usuarios que esperan acceder en tiempo razonable a los recursos buscados, sin necesidad de tener que perder el tiempo en búsquedas inexactas con grandes volúmenes de resultados. Es importante, por tanto, proveer a los usuarios de mecanismos para definir y diseñar vocabularios que permitan estructurar la

¹<https://www.youtube.com/yt/press/statistics.html> (2014)

información audiovisual (i.e. dominios). Es decir, abstraer la parte de la realidad que quieren usar en la descripción de sus videos, definiendo los conceptos relevantes y las referencias entre los mismos. El usuario persigue como principal objetivo poder describir la información audiovisual usando sus dominios. Dado que la duración de los videos a describir puede ser alta, el usuario debe poder fragmentar lógicamente los videos para poder proporcionar anotaciones semánticas mas detalladas y simples de procesar.

La herramienta presentada en este trabajo bajo el nombre de *Instawatch*² permite que la información audiovisual disponible en la nube (o almacenada localmente) pueda ser estructurada, haciendo uso de dominios. Es decir, la información puede ser descrita de manera estructurada haciendo uso de un vocabulario adecuado, aplicando un proceso de edición manual. Hasta nuestro conocimiento, es la primera herramienta gratuita en proporcionar estas facilidades: (1) definir vocabularios (dominios), (2) realizar una fragmentación lógica de los videos y (3) anotar semánticamente los fragmentos de video de acuerdo a los dominios definidos. La herramienta ha sido implementada considerando los siguientes requisitos: (1) la herramienta debe ser gratuita (*freeware*); (2) debe ser accesible desde la web para que su uso alcance una mayor difusión; (3) debe permitir documentar el contenido de los videos de las principales plataformas de streaming de video (e.g. Youtube³, Vimeo⁴) y audio (e.g. SoundCloud⁵); y (4) la interfaz de uso debe ser simple e intuitiva (no sólo dirigida a usuarios avanzados).

El resto del trabajo se organiza del siguiente modo. En la siguiente sección se presenta un análisis y comparativa de los trabajos actuales sobre anotaciones de video. En la Sección 3 se presenta el problema y la herramienta. A continuación, en la Sección 4 se describen los detalles de la solución: la arquitectura tecnológica, la infraestructura de metamodelado y las funcionalidades de la herramienta, usando un ejemplo de aplicación. En la Sección 5 se describe el método de evaluación de la herramienta y se finaliza el artículo presentando las conclusiones y los trabajos futuros.

2. ESTADO DEL ARTE

A continuación se presenta una visión general de las herramientas actuales para la anotación de videos, destacando sus características más relevantes y centrandolo la atención en las deseables: (a) definir dominios y anotaciones conformes a estos dominios; (b) posibilitar descripciones complejas (del estilo, sujeto-verbo-objeto); (c) ofrecer un manejo simple e intuitivo (dirigida a usuarios sin habilidades técnicas); y (d) herramienta web que posibilite el trabajo colaborativo. Al final de la sección se mostrará una tabla resumen basada en estos aspectos.

2.1 Herramientas analizadas

*VideoANT*⁶ es una herramienta web creada en la Universidad de Minnesota para anotar videos. La anotación es simple: el usuario únicamente elige un punto concreto del video y añade un título y una descripción desestructurada. Cuando se visualiza el video en su reproductor y se pasa

por un punto anotado, la anotación aparece resaltada durante un instante. La aplicación no permite la definición de conceptos ni relaciones entre estos. No permite la definición de dominios ni posteriormente de anotaciones conformes a un dominio, aunque sí que se trata de una aplicación web colaborativa en la que distintos usuarios pueden añadir anotaciones a un mismo video.

*ANVIL*⁷ es una herramienta de escritorio para anotar audio y video. Desarrollada inicialmente para la investigación en el análisis de gestos. Permite modelar la información que se quiere anotar, definiendo un esquema que se determina de forma declarativa mediante ficheros XML Schema⁸, y mediante una interfaz gráfica por medio de formularios. Para crear las anotaciones la herramienta utiliza un sistema de línea de tiempo dividida en pistas y cada concepto declarado en la especificación del dominio es representado en la línea de tiempo con una pista. El contenido de estas pistas serán las anotaciones realizadas. La herramienta no permite definir conceptos ni relaciones entre conceptos para construir predicados complejos. No es web ni facilita el uso colaborativo. El proceso de creación de dominios y anotaciones requiere cierto nivel técnico.

*VATIC*⁹ es una herramienta web de anotación de videos para su uso en el campo de la visión por computador y que hace uso del servicio "Amazon Mechanical Turk" (a.k.a. MTurk [17]). La herramienta permite construir de manera masiva conjuntos de datos de video y puede ser desplegada en la nube. Permite repartir el trabajo necesario para realizar las anotaciones gracias al servicio MTurk. Dispone de una interfaz optimizada para la anotación de videos, permitiendo la anotación espacio-temporal y proporciona ayudas automáticas para la anotación de regiones en movimiento. Ofrece un proceso de creación de anotaciones sencillo y apto para usuarios con bajo nivel técnico. Sin embargo no permite definir conceptos ni relaciones para construir predicados complejos. Tampoco permite definir dominios.

*VIA (Video and Image Annotation)*¹⁰ es una herramienta de escritorio desarrollada en el marco del proyecto BOEMIE (Bootstrapping Ontology Evolution with Multimedia Information Extraction)¹¹. Proporciona capacidades de anotación a nivel de fotograma (i.e. permite anotar un instante concreto del video, a nivel de video completo, a nivel de escena o a nivel de región dentro de un fotograma). Permite realizar anotaciones ajustadas a ontologías predefinidas (OWL) por el usuario así como anotaciones simples basadas en una descripción textual. Esta herramienta no posibilita el trabajo colaborativo ni es web. No permite la definición de dominios para después crear anotaciones conformes a esos dominios. El proceso de definición de dominios y creación de anotaciones no es visual ni simple.

*VideoAnnex*¹² es una herramienta desarrollada por IBM para la anotación de videos y usa MPEG-7 para almacenar anotaciones. Permite anotar videos completos, así como fragmentos o incluso fotografías individuales. Cada toma puede ser anotada con descripciones estáticas de la escena, objetos clave o eventos. Las descripciones se realizan seleccionando

²<http://modelum.es:8080/instawatch>

³<https://www.youtube.com>

⁴<https://vimeo.com>

⁵<https://soundcloud.com>

⁶<http://ant.umn.edu>

⁷<http://www.anvil-software.org>

⁸<https://www.w3.org/XML/Schema>

⁹<http://web.mit.edu/vondrick/vatic/>

¹⁰<http://sourceforge.net/projects/via-tool/>

¹¹<https://www.it.demokritos.gr/project/boemie>

¹²<http://www.research.ibm.com/VideoAnnEx/>

palabras (etiquetas) de los diferentes léxicos proporcionados por defecto por la herramienta o personalizados por el usuario en formato XML. No permite definir conceptos (solo etiquetas) ni relaciones entre estos (dominios). No es web ni posibilita el uso colaborativo. El proceso de anotación con etiquetas requiere cierto nivel técnico ya que se precisa definir documentos XML.

*Advene*¹³ es un proyecto cuyo objetivo es proporcionar un modelo y formato para compartir anotaciones sobre documentos digitales de vídeo, así como herramientas para editar *hipervídeos* enriquecidos a partir de anotaciones [2]. Permite al usuario definir esquemas en los que definir los conceptos para anotar (*tipos de anotación*) y sus relaciones (*tipos de relación*). Las anotaciones generadas pueden contener información descriptiva, administrativa y estructural, pudiendo referirse al vídeo completo o a partes de este. Los metadatos son almacenados en XML. Aunque la herramienta define conceptos y relaciones, estos no disponen de propiedades ni las relaciones pueden ser etiquetadas. No es web ni posibilita el trabajo colaborativo. El proceso de creación de anotaciones requiere cierto nivel técnico.

*Elan*¹⁴ es una herramienta de anotación diseñada desde el punto de vista del lenguaje natural, abarcando la problemática del análisis del lenguaje, lenguaje de signos y corporal en fuentes de audio y vídeo. Permite realizar anotaciones descriptivas de un vídeo completo o partes. El usuario puede especificar sus propios vocabularios, de forma que no tenga que estar continuamente escribiendo términos de uso frecuente. Las anotaciones realizadas se almacenan en formato XML. La herramienta se limita al uso de vocabularios (etiquetas sin propiedades) aislados, no permitiendo definir relaciones entre conceptos para crear predicados complejos. No es web ni permite el trabajo colaborativo. Además, el proceso de creación de anotaciones requiere cierto nivel técnico.

SVAS [12] es una herramienta enfocada a la creación de anotaciones bajo la especificación MPEG-7. Consta de dos herramientas: *Media Analyzer* y *Semantic Video Annotation Tool (SVAT)*. La primera permite extraer automáticamente la información estructural relacionada con escenas y fotografías clave, mientras que la segunda permite al usuario editar estos metadatos estructurales y añadir metadatos administrativos (creador, título del vídeo, etc.) y descriptivos de acuerdo con MPEG-7. No es web, ni ofrece capacidades colaborativas. No permite definir anotaciones semánticas complejas ni dominios que las restrinjan.

Vannota [13] es una aplicación de escritorio que proporciona un sistema de anotaciones colaborativo seguro para entornos científicos donde es crucial la autenticación de los autores para la adición de anotaciones así como el acceso restringido a grupos de colaboradores de confianza. La herramienta permite a grupos de trabajo distantes colaborar en tiempo real en el proceso de anotación. Extiende el protocolo de anotaciones llamado *Annota*¹⁵, permitiendo realizar anotaciones de contenido multimedia (e.g. de tipo hipervínculo) a través de listas desplegables. Aunque permite el trabajo colaborativo, a nivel semántico no permite la definición de conceptos (con atributos) ni de relaciones entre estos, para formar predicados complejos. Tampoco permite la definición personalizada de dominios (vocabularios).

*OVA (Open Video Annotation Project)*¹⁶ es una herramienta web de anotación de vídeo que extiende el proyecto *Annotator*¹⁷ construido sobre el reproductor *Video.js*. El usuario puede definir anotaciones mediante texto enriquecido, imágenes y enlaces usando un editor *WYSIWYG* proporcionado. Sin embargo, no permite la definición de conceptos ni de relaciones, no pudiendo formar predicados complejos. Tampoco permite la definición de dominios.

La mayor parte de las herramientas analizadas están enfocadas a un tipo de usuario principalmente académico e investigador. Dicho enfoque se veía reflejado en cómo las funcionalidades eran ofrecidas. A continuación se van a presentar otras herramientas que aunque permiten la anotación de vídeos, no son presentadas ni enfocadas como tales, sino como herramientas para la *creación de vídeos interactivos*, careciendo de algunas de las características buscadas. Ninguna de las siguientes herramientas permite definir dominios ni predicados complejos para crear anotaciones.

*The Mad Video*¹⁸ es una herramienta web que permite etiquetar información contextual a vídeos para crear versiones interactivas de los mismos. Dispone de etiquetas predefinidas que el usuario puede elegir para anotar. La herramienta detecta automáticamente las escenas del vídeo y el etiquetado se realiza a nivel de escena y no a un rango de tiempo definido por el usuario. El proceso de etiquetado es intuitivo y sencillo, usando un arrastrado de etiquetas de un panel al reproductor de vídeo. La herramienta es de pago aunque ofrece un servicio gratuito con limitaciones.

PopcornMaker ha sido un proyecto discontinuado de la fundación *Mozilla* enmarcado dentro de la iniciativa *Webmaker*¹⁹. Permite al usuario crear vídeos enriquecidos e interactivos a partir de URLs de recursos de Internet. Usa *PopcornJS*²⁰, una API Javascript que proporciona un framework de eventos sobre elementos multimedia en HTML5.

El propio portal de vídeos *Youtube*²¹ dispone también de funcionalidad para añadir anotaciones a los vídeos de los que se es propietario. Las opciones de anotación ofrecidas son muy sencillas y pretenden ofrecer un mecanismo para crear interactividad en los vídeos. Se pueden enlazar las anotaciones a otras partes del portal (vídeos, canales, listas de reproducción, etc.).

2.2 Resumen del estado del arte

En la Figura 1 se puede ver un resumen de las herramientas analizadas. La última fila se refiere a la solución presentada en este trabajo (Instawatch). En general, ninguna de las herramientas se adecua perfectamente con los objetivos establecidos: permitir al usuario definir dominios y anotaciones de vídeo de manera sencilla pero a la vez muy expresiva (predicados complejos).

No se ha podido encontrar una herramienta (web o de escritorio) que aúne las características buscadas permitiendo al usuario definir un dominio y anotaciones restringidas por éste. Tampoco herramientas que permitan una definición visual e intuitiva, limitándose la mayoría a la definición de ficheros en cierto formato con herramientas externas (XML,

¹³<http://liris.cnrs.fr/advene>

¹⁴<http://tla.mpi.nl/tools/tla-tools/elan>

¹⁵<https://www.w3.org/2001/Annota>

¹⁶<http://www.openvideoannotation.org/>

¹⁷<http://okfilabs.org/projects/annotator>

¹⁸<http://themadvideo.com/>

¹⁹<http://www.webmaker.org/>

²⁰<http://popcornjs.org/>

²¹<http://www.youtube.com>

| | Web | Colaborativo | Sencillo | Sujeto-Verbo-Objeto | Dominios |
|-------------------------------|-----|--------------|----------|---------------------|----------|
| VideoArt | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✗ |
| Anvii | ✓ | ✗ | ✗ | ✗ | ✓ |
| Vatic | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ |
| VIA | ✗ | ✗ | ✗ | ✓ | ✗ |
| VideoAnmax | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ |
| Adrene | ✗ | ✗ | ✗ | parcial | parcial |
| Elan | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ |
| SVAS | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ |
| Vannotes | ✗ | ✓ | ✗ | ✗ | ✗ |
| Open Video Annotation Project | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ |
| The Mad Video | ✓ | ✗ | ✓ | ✗ | ✗ |
| Mozilla Poptcorn Maker | ✓ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ |
| Anotaciones de Youtube | ✓ | ✗ | ✓ | ✗ | ✗ |
| Instawatch | ✓ | W.I.P. | ✓ | ✓ | ✓ |

Figure 1: Resumen del análisis de herramientas

MPEG7...) o formularios dentro de la propia herramienta.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El alto número de horas video que se suben regularmente a la nube unidos a que dicha información se encuentra habitualmente no estructurada, definen un escenario de alto desaprovechamiento del conocimiento por resultar difícil de localizar y tratar. Se hace necesario estructurar toda esta información. Aunque actualmente existen herramientas profesionales de pago, la comunidad de usuarios de plataformas gratuitas de streaming (como Youtube o Vimeo) demandan la aparición de utilidades, también gratuitas, que permitan estructurar el contenido de los videos publicados. Un modo para estructurar los datos consiste en la introducción manual de metadatos. Es necesario asistir en la inserción de descripciones estructuradas sobre fragmentos de video, de acuerdo a un dominio o vocabulario.

Se requiere por tanto el desarrollo de una aplicación para la anotación semántica de fragmentos de videos. Un fragmento de video se define como un intervalo de video con una semántica cohesiva (es decir, un fragmento donde sucede algo concreto y susceptible de ser anotado). Una anotación vendrá dada sobre un dominio definido por el propio usuario de la aplicación y que permite contextualizar los datos contenidos en un fragmento. El dominio define los conceptos y las interrelaciones entre los conceptos. Un concepto viene definido por su nombre y un conjunto de atributos (con sus tipos). La herramienta debe ser clara, sencilla, intuitiva y debe estar accesible desde la web, con el objetivo de maximizar el espectro de usuarios que puedan hacer uso de ella. Este último requisito es importante puesto que la anotación de fragmentos de video debería soportar el trabajo colaborativo. En resumen, la aplicación debe proporcionar facilidades para crear dominios, definir fragmentos de video y crear anotaciones sobre los fragmentos, usando dominios.

A continuación se ofrece una visión funcional general de la herramienta, describiendo las tareas de implementación de los principales componentes diseñados para cubrir las anteriores funcionalidades:

- Implementación de un editor visual para *crear dominios*. Un dominio es una abstracción (desde el punto de vista del modelador del dominio), de parte de la realidad que queremos representar. Está formado por *conceptos* fruto de este proceso de abstracción que podrán contener información a través de *propiedades*,

pudiendo ser de distintos *tipos* para ajustarse a las necesidades concretas de cada tipo de información que queramos reflejar (cadena, número entero, etc.). Finalmente en un dominio podemos establecer *referencias* entre los distintos conceptos.

- Implementación de un editor visual para *crear anotaciones* (descripciones semánticas) sobre fragmentos de videos basadas en los dominios, controlando la coherencia y conformidad de las anotaciones con sus respectivos dominios (i.e. los valores de las propiedades deben ser conformes al concepto definido en el dominio y solo se permiten relaciones entre conceptos que hayan sido definidas previamente en el dominio).
- Implementación de un editor para *definir fragmentos* de video. Se deben proporcionar mecanismos para gestionar un reproductor de video en el que se pueda definir un fragmento de video delimitado por un rango de tiempo. Dichos fragmentos deben ser el objeto de descripción al que irán referidos las anotaciones semánticas.

La herramienta también debería proporcionar la funcionalidad para administrar los videos gestionados (anotados). También debe soportar un amplio abanico de formatos de video y servicios de streaming, como los portales Youtube, Vimeo, Soundcloud, etc.

4. ANOTADOR SEMÁNTICO DE VIDEOS: INSTAWATCH

En la Sección 3 se indicó la necesidad de desarrollar un editor visual para la definición de dominios y para la creación de anotaciones semánticas. También se señaló la necesidad de definir fragmentos lógicos de video que permitan acotar las anotaciones semánticas en los videos. Un video puede ser fragmentado *lógicamente* definiendo diferentes rangos temporales sobre el video, siendo cada rango un fragmento.

En la siguiente sección se describirá la herramienta implementada en este trabajo, denominada *Instawatch*. Se comenzará presentando la arquitectura tecnológica y el modelo de datos usado. Puesto que la herramienta ofrece un metamodelo que permite definir modelos que posteriormente pueden ser instanciados, se hará necesario introducir la arquitectura de metamodelado de 3 niveles implementada en la aplicación. Por último, se presentará un ejemplo de aplicación que guiará la descripción de las funcionalidades de la herramienta, junto con algunas capturas de pantalla descriptivas.

4.1 Arquitectura tecnológica

La herramienta ha sido desarrollada en la plataforma Java. Utiliza JPA (*Java Persistence API*) como *middleware* de persistencia. Para la presentación se ha usado JSF2 (*Java Server Faces 2*) en su implementación *Mojarra*²² junto al patrón arquitectónico para la web MVC-2 (*Model View Controller model 2* [7]), utilizando *PrimeFaces*²³ como librería de componentes JSF2. La Figura 2(a) resume la distribución de las tecnologías usadas en las diferentes capas de la arquitectura MVC-2.

²²<http://javaserverfaces.java.net>

²³<http://www.primefaces.org/>

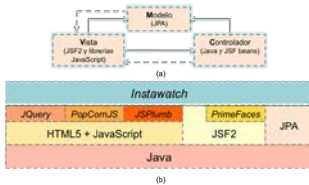


Figure 2: Arquitectura en Instawatch

También se hace uso intensivo de librerías JavaScript en la parte web del cliente, como *jQuery*²⁴ y *JsPlumb*²⁵. El editor de dominios y el editor de anotaciones se han implementado con *JsPlumb* que permite la conexión visual de elementos HTML, pudiendo establecer las referencias entre los conceptos del dominio y de las anotaciones. El uso de *jQuery* ha permitido implementar el mecanismo de *arrastrar y soltar* utilizado en los editores, proporcionando un manejo sencillo e intuitivo.

En el caso del editor de anotaciones sobre fragmentos de video, ha sido necesario incluir un reproductor de video que proporcione los controles necesarios para la definición de fragmentos de video mediante la selección de rangos de tiempo. Para ello hacemos uso de otra librería JavaScript que nos facilita el trabajo con un reproductor de video, *PopcornJS*²⁶. La librería proporciona un API para acceder a un conjunto de propiedades, métodos y eventos disponibles para las etiquetas de medios en HTML5. La Figura 2(b) presenta de manera apilada el conjunto de tecnologías presentado en los párrafos anteriores y que componen la arquitectura de Instawatch.

4.2 Metamodelado de los datos

En esta sección se describen las clases que representan el modelo de datos. Aunque en la definición de objetivos de este artículo se han usado los términos *dominio* y *anotación*, en esta sección se usarán los términos *metamodelo* y *modelo* respectivamente, por ser más precisos en el contexto de la sección. Un *modelo* es una abstracción de un fenómeno existente en el mundo real. Un *metamodelo* es una abstracción de un modelo, es decir: el modelo de un modelo. Un metamodelo establece las reglas a seguir a la hora de crear (instanciar) un modelo, indicando: (a) el tipo de abstracciones a usar en el modelo (i.e. conceptos); (b) las características a asociarle a las abstracciones (i.e. propiedades); y (c) los mecanismos para relacionar esas abstracciones (i.e. referencias).

En la Figura 3 se presenta la arquitectura de 3 niveles utilizada en la aplicación. El nivel de mayor abstracción, *N2*, está formado por los constructores básicos para crear dominios: *Concepto*, *Propiedad*, *Referencia* y *Dominio*. Un *Concepto* tiene un *nombre* y es un agregado de *Propiedad*. Las propiedades tienen un *nombre* y son de un tipo de datos (*tipoDatos*). Una *Referencia* tiene una *etiqueta* que le aporta significado, un *Concepto* que referencia (*refte*) y un *Concepto* que es referenciado (*refdo*). Un *Dominio* se

²⁴<http://jquery.com/>

²⁵<http://jsplumbtoolkit.com/>

²⁶<http://popcornjs.org/>

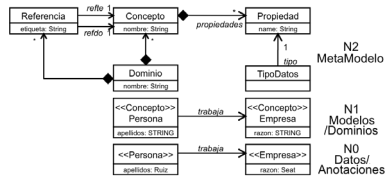


Figure 3: Metamodelado de 3 niveles

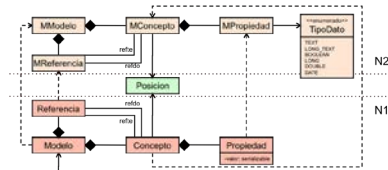


Figure 4: Modelado de datos de Instawatch

identifica con un *nombre* y es una agregación de conceptos y referencias. En el nivel *N1* encontramos las instancias de *N2* (i.e. valores concretos para el modelos de *N2*). El modelo del nivel *N1* representa conceptos, propiedades y referencias específicas para un dominio concreto. Por lo tanto, los modelos en *N1* definen dominios. Finalmente el nivel *N0* es a su vez una instancia de modelos del nivel *N1* (i.e. modelos instanciados conforme a dominios). Este es el nivel de las anotaciones, donde se encuentran valores concretos para un dominio determinado. Cada nivel de la arquitectura de metamodelado implica la conformidad de las reglas definidas en el nivel superior.

Antes de entrar en detalles de la arquitectura de metamodelado, es importante remarcar que dicha arquitectura ha sido implementada sobre una base de datos. Por lo tanto, los diferentes niveles de abstracción del metamodelado, han sido realmente implementados a un mismo nivel físico. Aunque el enfoque MDE (Model-Driven Engineering [18]) resultaría más propio de este tipo de arquitecturas de metamodelado, MDE presenta problemas de persistencia ante grandes volúmenes de datos, tal y como se indica en [16]. Esto ha supuesto que MDE haya sido inicialmente descartado como decisión de diseño, dado que la naturaleza de la herramienta aquí presentada implica un presumible rápido crecimiento de los datos gestionados. Se ha optado por el uso de un middleware de persistencia como JPA, cuyas implementaciones pueden operar con bases de datos relacionales tradicionales, pero también con nuevas bases de datos NoSQL que ofrecen un mejor rendimiento ante el escalado de la información [6]. El uso adicional del patrón de diseño DAO [4] garantiza además la transparencia con el middleware seleccionado.

En la Figura 4 se muestra el modelo de datos para soportar la definición de dominios y anotaciones. En la parte superior

de la figura se definen las clases de soporte para los dominios y en la parte inferior de la figura las clases para almacenar las anotaciones. Por motivos de claridad, se han omitido los atributos de las clases del modelo. Para la creación de dominios tenemos las clases **MModelo**, **MConcepto**, **MPropiedad** y **MReferencia** (prefijo *M* para enfatizar el metamodelado). Además, las propiedades referencian a un enumerado **TipoDatos** que indica el tipo básico de la propiedad. Las clases **MModelo**, **MConcepto**, **MPropiedad** tienen sus correspondientes atributos para identificación (**id**) y nombrado (**nombre**). Para soportar la creación de anotaciones tenemos las clases **Modelo**, **Concepto**, **Propiedad** y **Referencia**. Las propiedades tienen un atributo **valor** de tipo **Serializable** que permite guardar el valor de la propiedad. Además, se definen las clases para persistir los videos (**Video**) y sus fragmentos lógicos (**Fragmento**).

Un modelo de datos como el descrito anteriormente permite la construcción de predicados sencillos del tipo *Sujeto-Verbo-Objeto*. Una **MReferencia** tiene una cadena de texto que indica una acción (actuando como Verbo), se asocia a un **MConcepto** que referencia (**refte**, Sujeto) y a un **MConcepto** referenciado (**refdo**, Objeto). Nótese que no existe limitación para componer mas de uno de estos predicados, pudiéndose construir predicados complejos. Como se puede ver en la Figura 4, cada clase **Concepto**, **Propiedad** y **Referencia** del nivel N1 tiene una referencia a su correspondiente clase del nivel N2 (**MConcepto**, **MPropiedad** y **MReferencia**, respectivamente).

Comentar por último que el modelo de datos incluye la clase **Posicion** con atributos **x** e **y** de tipo entero, para posicionar gráficamente cada concepto en el espacio bidimensional del editor correspondiente. Solo es necesario guardar la posición de los conceptos de los niveles N2 y N1 para que sean posicionadas en los editores de dominios y anotaciones (respectivamente). Las propiedades serán dibujadas como textos contenidos en las cajas que representan los conceptos, y las referencias serán dibujadas como arcos anclados a los conceptos (y determinadas indirectamente por la posición de estos). Estas características de dibujo son específicas de la tecnología usada para implementar los editores.

4.3 Ejemplo de aplicación

La descripción de la funcionalidad será guiada por el siguiente ejemplo de aplicación. Se va a definir un dominio para describir escenas de película. Una *película* pertenece a un *género* cinematográfico y se caracteriza por un título, una descripción y un año de proyección. Los *actores* participan en películas y tienen un nombre, una fecha de nacimiento y pueden intervenir como principales en la escena. Los actores *interaccionan* entre sí en las escenas, que se producen en *lugares*. Por último, nos interesa saber el estado *ánimo* del actor en la escena. El dominio descrito se presenta en la Figura 5. Los fragmentos de video se van a definir sobre escenas películas tomadas del canal de Youtube *MovieMoments*²⁷. Concretamente ha sido usada una escena de la película *Some like it hot*²⁸.

4.4 Funcionalidades

La versión preliminar de la herramienta (versión *alpha.0.2*) aún no permite el registro de usuarios y su funcionalidad asociada. Las limitaciones actuales serán detalladas en la

²⁷ <https://www.youtube.com/user/movieclips>

²⁸ <https://www.youtube.com/watch?v=-mHhr-aaLnI>

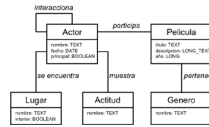


Figure 5: Dominio para el ejemplo de aplicación



Figure 6: Definiendo dominio de escenas

Sección 6. Pasemos a describir la funcionalidad disponible actualmente haciendo uso del ejemplo de aplicación comentado en la Sección 4.3. La pantalla inicial permite acceder al editor de dominios, editor de anotaciones (donde también se definirán fragmentos) y la gestión de videos. Un menú superior permite el acceso a estas opciones y subopciones para crear, editar o eliminar. Una opción del menú importante es la de *Archivo*. Desde esta opción se pueden guardar o descartar los cambios pendientes. Será necesario ir guardando explícitamente los cambios en los dominios, anotaciones y videos. Veamos en detalle las tres opciones principales.

Editor de dominios. Se ofrece un lienzo en el que ir añadiendo conceptos mediante una interacción del tipo *arrastrar y soltar*. Se pueden añadir conceptos, añadir, editar o ver sus propiedades y establecer referencias entre conceptos (ver Figura 6).

Gestor de videos. Proporciona la funcionalidad para poder añadir, editar, buscar y eliminar videos (ver Figura 7).

Editor de anotaciones y fragmentos de video. Desde la página de anotaciones, se ofrece un reproductor de video para la definición de fragmentos. El reproductor proporciona las típicas opciones de reproducción, además de los controles para seleccionar un rango de tiempo que determinarán un fragmento susceptible de ser anotado (ver Figura 8). Al crear un fragmento se debe indicar el dominio al que quedará asociado.

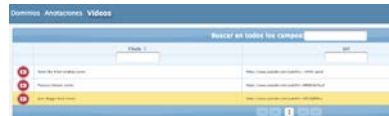


Figure 7: Añadiendo videos



Figure 8: Definiendo fragmentos



Figure 9: Definiendo anotaciones en fragmentos

Una vez definido el fragmento, en la parte inferior se encuentra un editor de anotaciones, cuyo manejo es similar al editor de dominios. El editor ofrecerá los conceptos del dominio asociado, de modo que el usuario podrá añadir al lienzo una instancia del concepto seleccionado mediante *arrastrar y soltar* (ver Figura 9). En la introducción de valores para las propiedades el editor aplicará las restricciones del tipo de dato definido en el dominio. De igual forma al crear referencias entre conceptos solo se permitirá utilizar aquellas definidas en el dominio para los conceptos de los que son instancia.

5. EVALUACIÓN DE LA HERRAMIENTA

En los siguientes apartados se describirá la metodología usada para la evaluación de la herramienta, detallando los instrumentos usados y los resultados obtenidos.

5.1 Modelo de Aceptación Tecnológica

La evaluación de la herramienta está basada en uno de los modelos más usados en la validación de resultados de investigación: el Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM, Technology Acceptance Model [3]). El modelo permite conocer en qué medida los usuarios aceptan y utilizan una tecnología. Considera que existen factores que influyen la decisión en el uso de una nueva tecnología por parte de los usuarios: (a) la utilidad percibida (*PU*), que mide el grado en que los usuarios perciben que el uso de un sistema en particular mejorará su desempeño en una tarea, y (b) la facilidad de uso percibida (*PEOU*), que mide en qué grado un usuario percibe que el uso de un sistema concreto le permitirá realizar una tarea con menor esfuerzo. Otros factores son la actitud y la intención de uso (ver Figura 10).

5.2 Objetivo de la evaluación

El objetivo de la evaluación de la herramienta es validar su utilidad y uso. Las hipótesis a validar han sido formuladas si-



Figure 10: Modelo de Aceptación Tecnológica [3]

guiendo las dimensiones del modelo TAM: *H1* la herramienta es fácil de usar (sencilla e intuitiva) y *H2* la herramienta es útil. Se pretende evaluar la utilidad de la herramienta de acuerdo al objetivo con el que fue diseñada y si se percibe como sencilla e intuitiva (fácil de usar).

5.3 Instrumentación de la evaluación

La evaluación de la herramienta ha sido instrumentada con un cuestionario organizado en dos secciones. En la primera sección (*A*) se plantearon preguntas generales sobre el encuestado: *A.1* edad, *A.2* sexo, *A.3* grado de experiencia en el uso de ordenadores y *A.4* grado de experiencia en el uso de aplicaciones web. En la segunda sección (*B*) las cuestiones fueron diseñadas y agrupadas de acuerdo a las dimensiones del modelo TAM, midiendo los aspectos de utilidad y facilidad de uso sobre Instawatch. Las cuestiones en concreto fueron: *Facilidad de uso* (*B1* aprender a usar la herramienta me ha resultado sencillo, *B2* encuentro fácil de utilizar la herramienta para gestionar dominios, *B3* encuentro fácil de utilizar la herramienta para anotar videos, *B4* mi interacción con la herramienta es clara e intuitiva, *B5* encuentro que la herramienta es fácil de usar, *B6* la interacción con la herramienta no requiere un gran esfuerzo mental), *Utilidad* (*B7* utilizar la herramienta mejora la anotación de videos, *B8* utilizar la herramienta mejora la calidad de los datos de mis videos, *B9* encuentro que la herramienta es de gran utilidad, *B10* usar la herramienta hace más fácil describir mis videos), *Actitud por el uso* (*B11* usar la herramienta es una buena idea, *B12* me gusta la idea de usar la herramienta), *Intención de uso* (*B13* usaría la herramienta para etiquetar mis videos, *B14* usaría la herramienta para describir mis videos). Junto al cuestionario se proporcionó acceso a la herramienta y se propuso un ejercicio solicitando que: (1) registrarán tres videos (uno de ellos, el usado en la Sección 4.3), (2) crearan el dominio de escenas de película indicado en la Sección 4.3 y (3) crearan al menos dos fragmentos y sus correspondientes anotaciones por cada video registrado. Puesto que la herramienta aún no dispone de gestión de usuarios, se les generó en el servidor una instancia individual de la misma a cada encuestado y se les facilitó su particular *url*. Los encuestados tuvieron un fecha límite para cumplimentar el cuestionario.

5.4 Demografía de los encuestados

El cuestionario fue pasado a alumnos de la Universidad de Murcia, mayoritariamente de la Facultad de Informática. Se obtuvo una participación total de 28 alumnos, donde el 78.57% fueron hombres y la media de edad fue de 21.34 años. Los encuestados promediaron un *muy alto* grado de experiencia en ordenadores y un *alto-muy alto* grado en el uso de aplicaciones web.

5.5 Resultados

La Tabla 1 muestra el resultado de las 14 cuestiones de la sección *B*, indicando la media y la desviación estándar de las respuestas. Las respuestas fueron proporcionadas si-

guiendo una escala *Likert* de 5 puntos (1=*Fuertemente en desacuerdo*, 5=*Fuertemente de acuerdo*).

Table 1: Media (M) y Desviación Estandar (DE) del cuestionario de la sección B

| Cuestiones | M | DE | Cuestiones | M | DE |
|------------|------|------|------------|------|------|
| B1 | 4.14 | 0.63 | B8 | 3.86 | 0.86 |
| B2 | 4.04 | 0.82 | B9 | 4.39 | 0.62 |
| B3 | 4.04 | 0.90 | B10 | 4.32 | 0.60 |
| B4 | 3.75 | 0.97 | B11 | 3.96 | 1.02 |
| B5 | 4.21 | 0.72 | B12 | 3.86 | 0.90 |
| B6 | 3.79 | 0.97 | B13 | 4.25 | 0.79 |
| B7 | 3.86 | 0.90 | B14 | 4.36 | 0.82 |

Las cuestiones diseñadas para medir la *Facilidad de uso* (B1-B6) promediaron un *3.99*, las de *Utilidad* (B7-B10) un *4.10*, las de *Actitud por el uso* (B11-B12) un *3.91* y las de *Intención de uso* (B13-B14) un *4.30*. Las cuatro dimensiones están próximas al valor *4* de la escala *Likert* usada, que se corresponde con la valoración *De acuerdo*, siendo así validada la hipótesis inicial que afirma que la herramienta *Instawatch* es fácil de usar (sencilla e intuitiva) y útil, quedando además patente la clara intención y actitud de uso por parte de los encuestados.

6. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

La herramienta gratuita presentada en este artículo implementa editores visuales de dominios y anotaciones sobre fragmentos de vídeo que usan dichos dominios. La herramienta ofrece al usuario un proceso de edición visual, sencillo e intuitivo, permitiendo a los expertos del dominio definir dominios y a los usuarios finales crear anotaciones ajustadas a esos dominios. Las anotaciones son asignadas a un rango de tiempo dentro de un vídeo mediante la definición de fragmentos lógicos de vídeo. La solución propuesta ha sido adoptada desde un enfoque web con el objetivo de aumentar su difusión y conseguir además una mayor compatibilidad con dispositivos y sistemas operativos. Además facilita la aplicación de actualizaciones (localizadas en el servidor) y promueve el desarrollo de flujos de trabajo colaborativo [8].

Actualmente se están desarrollando en el grupo de investigación los siguientes trabajos: (a) *Un lenguaje textual de consulta e inserción de datos*. Para el aprovechamiento de los datos creados en la herramienta es necesario ofrecer un lenguaje de consulta que permita realizar búsquedas de fragmentos de vídeo utilizando como elementos de consulta los elementos de un dominio. El usuario debería poder hacer búsquedas similares a las que ofrecen lenguajes de consulta como SPARQL [11]. (b) *Gestión de usuarios/roles y curación colaborativa de vídeos*. El término curación de vídeos se define como la habilidad de encontrar información valiosa entre un gran volumen de información audiovisual (uno de los retos en el manejo de la información multimedia [10]). La curación colaborativa de vídeos es un tema de gran interés, tal y como se puede comprobar en [9] [5]. Se debe incorporar la definición de flujos de tareas asignables a usuarios/roles, posibilitando establecer colaboraciones en la creación y edición de anotaciones y dominios.

Otros trabajos futuros aún no iniciados se centran en mejorar la operativa actual de la herramienta (e.g. reduciendo el número de clicks)

7. AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi agradecimiento a las colaboraciones recibidas durante el desarrollo del trabajo. A la asistencia de Jesús Fabre Cascales en la conceptualización de la herramienta y de Francisco Campillo Asensio en su desarrollo.

8. REFERENCES

- [1] R. Akerkar. *Big Data Computing*. Chapman & Hall/CRC, 2013.
- [2] O. Aubert and Y. Prié. Advenc: Active reading through hypervideo. In *Proc. of the 16th ACM Hypertext*, pages 235–244, NY, USA, 2005. ACM.
- [3] F. D. Davis. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Q.*, 13(3):319–340, Sept. 1989.
- [4] E. Gamma and et al. *Design Patterns*. Addison-Wesley, Boston, MA, 1995.
- [5] Y. Hoshen, G. Ben-Artzi, and S. Peleg. Wisdom of the crowd in egocentric video curation. In *CVPR Workshops*, pages 587–593. IEEE, 2014.
- [6] Y. Huang and T.-j. Luo. Nosql database: A scalable, availability, high performance storage for big data. In *ICPCA/SWS 2013, Chile, December 5-7, 2013*, pages 172–183, Cham, 2014. Springer Int. Pub.
- [7] A. Leff and J. T. Rayfield. Web-application development using the model/view/controller design pattern. In *EDOC*, pages 118–127. IEEE Computer Society, 2001.
- [8] M. Miller. *Cloud Computing: Web-Based Applications That Change the Way You Work and Collaborate Online*. Que Publishing Company, 1 edition, 2008.
- [9] A. Ortis and et al. Refcusion: Automatic video curation driven by visual content popularity. In *Proceedings of the 23rd ACM Int. Conf. Multimedia*, pages 1179–1182, NY, USA, 2015. ACM.
- [10] Á. Pethő. *Film in the Post-media Age*. Cambridge Scholars, 2012.
- [11] E. Prud'hommeaux and A. Seaborne. SPARQL query language for RDF, 2005.
- [12] P. Schallauer, S. Ober, and H. Neuschmied. Efficient semantic video annotation by object and shot re-detection. In *2nd Int. Conf. on Semantic and Digital Media Technologies*. SAMT, 2008.
- [13] R. Schroeter and et al. A synchronous multimedia annotation system for secure collaboratories. In *2d e-Science, Amsterdam*, page 41, 2006.
- [14] A. W. M. Smeulders and et al. Content-based image retrieval at the end of the early years. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, 22(12):1349–1380, 2000.
- [15] L. Soler. Los documentales en la era digital: la democratización de la producción audiovisual. *TELOS*, (96):93–95, Oct. 2013.
- [16] O. Sánchez Ramón, F. J. Bermúdez Ruiz, and J. García Molina. Una valoración de la modernización de software dirigida por modelos. In *Actas de las XIII JISBD*, pages 288–301, 2013.
- [17] C. Vondrick, D. Patterson, and D. Ramanan. Efficiently scaling up crowdsourced video annotation. *Int. J. Comput. Vision*, 101(1):184–204, Jan. 2015.
- [18] M. Völter and T. Stahl. *Model-Driven Software Development*. Wiley, 2006.

Sistemas Interactivos (II)

Alarm Trend Catcher: Proyectoando Condiciones de Operación en el Dominio de la Red Eléctrica mediante el Uso de Visualizaciones Interactivas

Rosa Romero-Gómez
Departamento de Informática
Universidad Carlos III de Madrid

Avda. de la Universidad 30, 28911, Leganés (Spain)
rromero@inf.uc3m.es

David Diez

Departamento de Informática
Universidad Carlos III de Madrid

Avda. de la Universidad 30, 28911, Leganés (Spain)
ddiez@uc3m.es

RESUMEN

La labor de operación de la red eléctrica es una actividad crítica en la cual operadores eléctricos supervisan el estado de la infraestructura eléctrica a fin de evitar situaciones indeseables. Una de las actividades más relevantes dentro de esta labor de operación es la de proyección del estado de la infraestructura eléctrica en tiempo real. Esta tarea de proyección está basada en la gestión de alarmas representadas mediante visualizaciones que los operadores eléctricos deben interpretar a fin de estimar la relevancia y evolución en el tiempo de dichas alarmas. Sin embargo, la revisión de los formatos de visualización de alarmas tradicionales pone de manifiesto sus limitaciones para asistir a los operadores eléctricos durante la actividad de proyección, lo cual puede desembocar en ineficiencias operativas o incluso en situaciones de operación graves. Guiados por un estudio de campo con expertos en el dominio de la red eléctrica, este artículo presenta Alarm Trend Catcher, un nuevo enfoque para la visualización de alarmas orientado a asistir a operadores eléctricos no solo en la percepción de las alarmas entrantes sino también en la proyección de los futuros estados de la red eléctrica. Un estudio con usuarios ha permitido validar la usabilidad de Alarm Trend Catcher para asistir en tales actividades.

Conceptos CCS

• Computación centrada en el humano → Visualización → Dominios de aplicación de la visualización → Visualización de la Información

Palabras Clave

Visualización de alarmas; múltiples vistas; visualización radial; operación de la red eléctrica.

1. INTRODUCCIÓN

La labor de operación de la red eléctrica es una actividad de vital importancia para la actividad socio-económica de un país. La pérdida de suministro eléctrico en instalaciones como los hospitales puede conllevar no solo grandes pérdidas económicas sino también la pérdida de vidas humanas. Esta labor de operación es llevada a cabo por operadores humanos situados en salas de control (de aquí en adelante, *operadores eléctricos*), los cuales se encargan de supervisar el estado de la infraestructura eléctrica a fin de evitar situaciones no deseadas tales como la planteada más arriba. Una de las actividades más relevantes dentro de esta labor de operación es la de la *proyección* en el futuro del estado de la infraestructura eléctrica en tiempo real, la cual está basada en la actualidad en la gestión de alarmas por parte de los operadores eléctricos. El operador eléctrico, en base a la información recibida

a través de visualizaciones de alarmas, estima el estado de la infraestructura eléctrica, así como su evolución en el tiempo. Una visualización de alarmas puede ser definida como “*el método visual por el cual la información asociada a una alarma es presentada al operador humano en la sala de control*” [1]. Consecuentemente, las visualizaciones de alarmas se han convertido en artefactos de control clave para la labor de operación. No obstante, la revisión de los principales formatos de visualización de alarmas existentes (ver Figura 1) revela ciertas limitaciones relacionadas con su naturaleza *estática* y la falta de continuidad ofrecida a la hora de visualizar la información. Tales limitaciones introducen una mayor carga cognitiva al operador, lo cual dificulta su labor de proyección pudiendo desembocar en ineficiencias operativas o incluso en problemas de operación graves.

2. ASISTENCIA A LA ACTIVIDAD DE PROYECCION A TRAVÉS DE ALARM TREND CATCHER

En lugar de ser alertados acerca de un incremento repentino en la temperatura de un transformador eléctrico, la provisión de visualizaciones de alarmas a operadores eléctricos que muestren como los ratios de activación de las alarmas han evolucionado con el tiempo puede ser inestimable. *¿Se trata de un incremento repentino de la temperatura o este incremento se ha desarrollado lentamente en el tiempo?* Con el propósito de abordar estas cuestiones y guiados por un estudio de campo con expertos en el



Figura 1. Listado de alarmas (arriba a la izquierda), panel anunciador (arriba a la derecha), y visualización topológica (abajo en el centro).

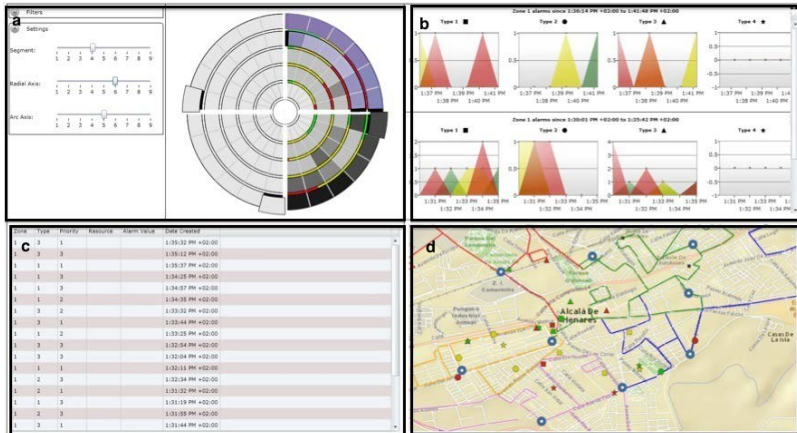


Figura 2. Interfaz de usuario de Alarm Trend Catcher la cual incluye un panel de configuración y una vista radial (a), una vista de tendencias temporales (b), una vista tabular (c), y una vista geográfica (d). Esta figura muestra la selección de dos periodos de seis minutos en la vista radial mediante el uso de un borde negro. Un mayor detalle acerca de las alarmas seleccionadas es desplegado en el resto de vistas.

dominio de la red eléctrica, este artículo presenta *Alarm Trend Catcher* (ver Figura 2), un nuevo enfoque para la visualización de alarmas orientado a asistir la actividad de proyección de futuras condiciones de operación en el dominio de la red eléctrica. En particular, este enfoque tiene por objeto la provisión de una guía visual interactiva a los operadores eléctricos que dichos operadores puedan utilizar a la hora de afrontar problemas potenciales de operación. Concretamente, dada la diversidad de atributos de una alarma tales como su *prioridad*, su *tipología*, o su *localización*, así como la necesidad de explorar diferentes volúmenes de alarmas en el tiempo, el enfoque propuesto en este artículo combina visualizaciones radiales, múltiples vistas y mecanismos de agregación como estrategias de visualización principales.

3. EVALUACIÓN Y CONCLUSIONES

A fin de determinar la usabilidad de *Alarm Trend Catcher*, un estudio con doce usuarios fue llevado a cabo. Como principales resultados de este estudio cabe destacar su utilidad a la hora de asistir tareas relacionadas con la identificación de periodos de tiempo con activaciones de alarmas simultáneas que ocurren en diferentes áreas de la infraestructura eléctrica.

Como trabajos futuros se pretende la incorporación de otros mecanismos de interacción que soporten un análisis temporal en profundidad. El desafío en la adición de estos nuevos mecanismos de interacción reside en realizarlo de manera que no introduzca una mayor complejidad visual al operador y facilite la labor de análisis de alarmas.

4. REFERENCIAS

- [1] EEMUA. 2007. *Alarm systems: A guide to design, management and procurement*. (Technical No. 191). London

Taxonomía de la Actividad: Selección de Elementos de Modelado para la Especificación de Sistemas Interactivos

Maria L. Villegas
U. del Cauca, U del Quindío,
Colombia

Grupo IDIS, Grupo SINFOCI

mvillegas@uniquindio.edu.co

César A. Collazos
U. del Cauca
Colombia

Grupo IDIS

ccollazo@unicauca.edu.co

William J. Giraldo
U. del Quindío
Colombia

Grupo SINFOCI

wjgiraldo@uniquindio.edu.co

Juan M. González,
Josefina Guerrero
BUAP, Grupo UsiXML
Puebla, Mexico

juan.gonzalez@cs.buap.mx

josequqa01@gmail.com

RESUMEN

En este trabajo se muestran los resultados obtenidos en el proceso de evaluar un conjunto de elementos de modelado para la especificación de Sistemas Interactivos, a partir de los clasificadores definidos en la Taxonomía de la Actividad (TxA). Se pretende encontrar una correspondencia entre los clasificadores definidos en la Taxonomía y los elementos de modelado seleccionados. La evaluación está orientada también a identificar los elementos de modelado más utilizados por la comunidad de expertos en Ingeniería de Software (IS) y en Interacción Humano Computador (HCI). No se intenta medir el nivel de separación que existe entre dichas comunidades, porque esto ya es algo obvio. Más bien lo que se pretende es, desde un elemento que es común para todos que es la Actividad, plantear la necesidad de acercar el HCI a la IS y viceversa, porque a fin de cuentas, ambas se enfocan en producir software. El propósito final de esta investigación es definir un lenguaje que sea suficientemente genérico para representar la Actividad y que sirva como base para definir lenguajes ejecutables, dentro del marco del diseño de sistemas interactivos.

Conceptos del CCS

• Human computer interaction (HCI) → HCI theory, concepts and models • Software and its engineering → Software system models.

Palabras Clave

Interacción Humano Computador (HCI), Ingeniería de Software, Taxonomía de la Actividad, Modelado de Sistemas Interactivos.

1. INTRODUCCIÓN

Los Sistemas de Información, así como los Sistemas Interactivos transaccionales son parte vital en las organizaciones modernas. Durante el desarrollo de este tipo de sistemas se capturan grandes volúmenes de información que contienen características y atributos tanto de la organización, como del sistema interactivo. La mayoría de profesionales en Desarrollo de Software comprenden que existe una división entre el lado del negocio, con sus requisitos, y entre el soporte que está siendo provisto para direccionar dichos requerimientos [1], [2]. Pero lo ideal no es que exista una división, sino más bien una trazabilidad entre estos dos niveles de abstracción, Negocio y Sistema.

Desde el punto de vista de la Ingeniería de Software (IS), lo que interesa es generar productos software completamente funcionales, es decir, se ha enfocado en el aspecto de la funcionalidad, dejando un poco de lado otros atributos inherentes al desarrollo de sistemas interactivos, como la colaboración, la usabilidad, entre otros [2]. Así, observamos que para la mayoría de propuestas metodológicas para desarrollo de software [3], [4], XP [5], ICONIX [6], SCRUM [7], la especificación de la labor, la actividad, es el punto de partida hacia la implementación de cualquier producto de software. Por esta razón, interesa en gran medida para esta investigación los aspectos relacionados a la labor, a la actividad, porque es el elemento de cohesión, de orquestación, la característica más importante desde el punto de vista del desarrollo de software.

Desde el punto de vista de la HCI, el interés se centra más en capturar el modelo mental de los usuarios y en otros aspectos relacionados a la psicología cognitiva y al factor humano [8]. Si toda esta información, tanto desde la Ingeniería de Software, como desde la HCI, pretende ser capturada para especificar y modelar productos software que además de ser funcionales, también sean usables, seguros, colaborativos, etc, se requieren entonces mecanismos y herramientas que lo soporten.

En trabajos anteriores, se propone una Taxonomía de la Actividad para Sistemas Interactivos (TxA) [9], [10], [11], la cual contiene un conjunto de clasificadores que permiten capturar la información a utilizar en la especificación y modelado de sistemas interactivos y mejorar tanto su proceso de desarrollo como la facilidad de uso.

El interés primario de este trabajo es analizar y evaluar un conjunto de elementos notacionales que se utilizan actualmente para modelar la actividad (labor) en los sistemas interactivos. La evaluación consiste en seleccionar los elementos que representan apropiadamente las categorías que conforman la TxA que tienen una mayor potencialidad de convertirse en componentes de un lenguaje integrador que permita expresar la temporalidad, la sincronización, la jerarquía, la estructura y demás aspectos que caracterizan los sistemas interactivos (y software en general) y así mismo definir su expresividad. El interés secundario consiste en plantear la necesidad de proponer mecanismos de incorporación de aspectos de HCI en el desarrollo de software, y viceversa, que permitan reducir la separación existente entre estas dos áreas.

El trabajo está estructurado de la siguiente manera: En la sección 2 se presentan los trabajos relacionados, en la sección 3 se describe la metodología del trabajo, en la sección 4 se presenta la discusión, y por último, en la sección 5 se presentan las conclusiones y trabajo futuro.

2. TRABAJOS RELACIONADOS

La literatura relacionada con la evaluación de notaciones utilizadas para modelar sistemas interactivos, en el área de HCI, es muy reducida. En trabajos como el de Haan [12], se comparan lenguajes de modelado enfocados a la HCI, pero su sintaxis concreta está especificada en forma textual. Por otro lado, los trabajos de García [13] y Limbourg [14] resultan muy interesantes, ya que realizan comparaciones entre notaciones, aunque sólo enfocadas en el modelado de tareas. Por esta razón los atributos que se comparan tienen que ver con la concurrencia, secuencialidad, respuesta del sistema, nivel operacional, etc.

Igualmente, Meixner [15] y Balbo [16] proponen taxonomías que permiten evaluar un conjunto de notaciones para modelado de tareas con el fin de seleccionar la mejor según las características del sistema que se desee modelar. Entre los criterios que definen estas propuestas para la evaluación de los modelos de tareas se encuentra particularmente el criterio de evaluación "Poder Expresivo", que relaciona la amplitud de lo que la notación evaluada puede expresar. Este criterio interesa para el presente trabajo, ya que uno de los atributos que se tienen en cuenta en la evaluación de las notaciones es "Expresividad".

En el Marco de Desarrollo de Sistemas Groupware Interactivos, CIAF, Giraldo [17] realiza una clasificación y comparación de propuestas metodológicas en relación a la notación, el proceso y el soporte mediante herramientas. Se destaca que la comparación incluye propuestas no sólo para el modelado de tareas sino también de modelado de sistemas software en general. Aunque no se evalúa la calidad de los diagramas.

Se encuentran interesantes también los trabajos de Ferre [18] donde se abordan aproximaciones que intentan disminuir la brecha existente entre la Ingeniería de Software y la HCI, orientando a los profesionales en materia de software, sobre la aplicación de técnicas y actividades relacionadas con HCI.

3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

El proceso de evaluación realizado en este trabajo inicia con la planeación de la evaluación, seguida de la preparación, de la captura de información y por último, del análisis de resultados.

3.1 Planeación de la evaluación

El diseño de la evaluación presentada en este trabajo surge de los resultados obtenidos en una evaluación anterior, con la participación de expertos en HCI y estudiantes de Ingeniería Informática. En dicha evaluación se analizó la selección de un conjunto de elementos notacionales más apropiados, según los encuestados, para modelar sistemas interactivos, teniendo en cuenta todos los clasificadores definidos en la TxA. Tanto los instrumentos de evaluación, como los resultados de las encuestas completas, se encuentran disponibles en el siguiente enlace: https://drive.google.com/open?id=0B2b_Bc_f66eSDFveUmbZUWF.

Según los resultados obtenidos en la evaluación anterior, se definieron algunas pautas para el presente trabajo, como se describe a continuación:

- Los instrumentos de evaluación necesariamente se deben complementar con un documento de contexto, donde se describa la estructura taxonómica de la TxA y se describan detalladamente los clasificadores con un caso de estudio. Una mejor contextualización permite capturar con mayor precisión los modelos mentales de los participantes y analizar su potencial para comprender lo relacionado con el modelado de los sistemas interactivos.

Adicionalmente, permite que los encuestados tengan el mismo nivel de conocimiento sobre los elementos notacionales a evaluar.

- Los elementos notacionales evaluados deben presentarse en el tamaño adecuado, es decir, como se apreciarían en un diagrama de diseño. Algunos elementos notacionales lucen con un nivel de detalle alto siempre y cuando sean presentados a gran tamaño, pero este nivel de detalle disminuye a medida que se diagraman de acuerdo al tamaño en el que normalmente se presentan los diagramas en el diseño de sistemas interactivos.
- Los perfiles de los encuestados deben estar clasificados teniendo en cuenta: Nivel de Experiencia, Nivel de Formación y Nivel de Conocimiento, tanto en IS como en HCI. Esto está dirigido a tener resultados más concluyentes porque en este tipo de estudios influye demasiado la subjetividad de los participantes.

Luego de definir los requisitos anteriores, se procede a decidir qué artefactos serán necesarios para llevar a cabo la evaluación. Particularmente, para este trabajo se decide que es necesario diseñar los siguientes artefactos: primero, un instrumento que permita clasificar los perfiles de los encuestados; segundo, un documento de contexto que permita de cierta forma, nivelar el conocimiento que tienen los encuestados acerca de los clasificadores que define la TxA para el modelado de la labor, la actividad en los sistemas interactivos; y por último, el documento que contiene las preguntas orientadas a la selección de los elementos de modelado.

3.2 Preparación de la evaluación

La preparación de la evaluación consiste en definir los instrumentos que se mencionaron en la sección 3.1. Se definen también las variables a medir a través de los cuestionarios.

El primer instrumento corresponde a una encuesta orientada a clasificar el perfil de los encuestados. Captura información sobre el nivel de experiencia, formación y conocimiento de los participantes, en Lenguajes de Modelado tanto en IS como en HCI. El interés principal de este instrumento era seleccionar los distintos perfiles, mediante las siguientes variables:

- Profesionales en informática o afin, expertos en HCI, **con y sin** experiencia en Desarrollo de Software.
- Profesionales en informática o afin, **NO** expertos en HCI, **con y sin** experiencia en Desarrollo de Software.

Y finalmente, tener resultados más concluyentes que en trabajos anteriores sobre el entendimiento que estas personas tienen sobre los elementos de modelado que seleccionen en las encuestas.

El segundo instrumento corresponde a un documento de contexto que contiene la información necesaria para responder las preguntas planteadas en los instrumentos de evaluación. Este documento se puede consultar en: https://drive.google.com/drive/folders/0B2b_Bc_f66e6f0pwOGIUUFIPZmc

El tercer instrumento corresponde a un documento separado en dos partes que contienen los elementos notacionales a evaluar a nivel de negocio y a nivel de sistema, respectivamente. Se separaron debido a la gran cantidad de clasificadores definidos por la TxA en cada nivel de abstracción. Estas encuestas se pueden acceder en el siguiente enlace: https://drive.google.com/drive/folders/0B2b_Bc_f66eWXFic2R5bNhYU

La información que se pretende capturar con las encuestas, tiene que ver con variables que miden el nivel de correspondencia entre los clasificadores definidos en la TxA y los elementos de modelado seleccionados, el nivel de cobertura de cada propuesta metodológica analizada con respecto a los clasificadores definidos en la TxA y el número de elementos de modelado más utilizados por la comunidad de expertos en IS y en HCI.

3.3 Captura de información

Se solicitó la colaboración de 17 profesionales en Ingeniería de Software, Informática y afines con amplia experiencia en desarrollo de software, que laboran en empresas desarrolladoras de software y que también producen aplicaciones software para el sector gubernamental. Algunos de ellos se consideran expertos en el área de HCI y también tienen experiencia en docencia universitaria en las áreas mencionadas.

Se indicó a cada participante la secuencia en la que debían contestar los cuestionarios. Primero, se debía contestar la encuesta sobre Perfil de los Encuestados; segundo, se debía estudiar el Documento de Contexto y; por último, se debía contestar la Encuesta sobre Selección de los Elementos de Modelado.

3.4 Análisis de resultados

El análisis de los resultados está orientado a concluir cuáles serían los elementos notacionales que potencialmente representarían mejor los clasificadores definidos para la TxA y también analizar si el nivel de separación entre las comunidades de IS y HCI permite diseñar mecanismos de incorporación de HCI en los procesos de desarrollo de software y viceversa. De esta forma se podría entender si amerita diseñar un lenguaje para la comunidad académica y para la industria.

Particularmente, los resultados para la definición de los perfiles de las personas encuestadas, permiten rescatar, entre otras cuestiones, lo siguiente:

- La mayoría de los encuestados tiene poca formación en HCI. Y sólo el 36% de los encuestados que se consideran expertos en HCI, han desarrollado productos de mercado, basado en un portafolio aplicando técnicas de HCI.
- Todas las personas que se consideran expertas en Desarrollo de Software (44%), aseguraron que el lenguaje de modelado que utilizaban en sus proyectos es UML [19]. En un porcentaje menor, aseguraron el haber utilizado BPMN [20] y unos cuantos aseguraron el haber utilizado CTT [21] y WISDOM [22]. Esto refleja una gran aceptación de la comunidad de IS por el lenguaje UML, pero también indica que quienes se desempeñan en el campo empresarial tienen gran nivel de desconocimiento acerca de los modelos necesarios en el desarrollo de sistemas interactivos, como los modelos de tareas, modelos de navegación, de diálogo, etc, definidos por la comunidad de expertos en HCI.

Por otro lado, los resultados obtenidos en la selección de los elementos de modelado y que corresponden con los clasificadores de la TxA, sólo a Nivel de Negocio, se muestran en la Figura 1. Lo que salta a simple vista en los resultados obtenidos es que la mayoría de encuestados seleccionaron los elementos de modelado del lenguaje UML, lo cual refleja que el nivel de conocimiento y familiaridad influye bastante a la hora de la selección. Se observa que en los casos en los que no seleccionaron UML, por ejemplo, para el Clasificador <Tarea que hace el Cliente>, de cual seleccionaron la propuesta de CIAN [23], posiblemente fue

porque el lenguaje UML no provee elementos de modelado para representar dicho clasificador.

| Cómo | | | | | |
|---------------------------|--------------|---------------------|----------------------|--------------------------|--------|
| Tarea que hace el Cliente | Inter-Acción | Feedback de Negocio | Awareness de Negocio | Tarea que hace el Worker | Datos |
| | | Ninguno | Ninguno | | |
| (CIAN) | (UML) | | | (CIAN) | (UML) |
| Meta | | Quién | | | |
| Objetivo | Regla | Cliente | Worker | Ubicación | Tiempo |
| Ninguno | | | | | |
| | (BPMN) | (UML) | (UML) | (UML) | (CIAN) |

Figura 1. Elementos de modelado seleccionados en el Nivel de Negocio.

Se nota también que la mayoría de los expertos encuestados escogieron los mismos elementos de modelado para representar los clasificadores <Cliente> y <Worker> a nivel de Negocio y los clasificadores <Regla> y <Tiempo> a nivel de Negocio y Sistema. Adicionalmente, que no se seleccionaron elementos de modelado para representar <Feedback y Awareness> a nivel de Negocio (Figura 1).

En algunos casos los elementos seleccionados por el nivel de experiencia, correspondían a los de UML, pero según la expresividad y lo que daba a entender a los encuestados, resultaban ser los de otras propuestas, como el caso del clasificador <Interacción>, para el cual se seleccionó el propuesto por HAMSTERS [24].

4. DISCUSIÓN

Un análisis más detallado de los resultados obtenidos permite concluir que para la especificación de la labor, las notaciones existentes no proveen elementos de modelado para especificar la interacción a nivel de negocio, como lo es el *feedback* y el *awareness*. Lo anterior puede ser debido a que la HCI se ha enfocado en proveer mecanismos, técnicas, herramientas en el nivel de la interacción con el sistema, pero no tanto en el nivel independiente de la tecnología. Esto, a pesar de que en la imagen representativa de los elementos que involucra el HCI, aparece el "Uso y Contexto" y el "Trabajo y Organización Social (UI)" [8], lo que involucra la interacción entre las personas y la organización.

Los participantes seleccionaron los mismos elementos de modelado para representar los clasificadores <Tarea que hace el Worker> y <Tarea que hace el Usuario>, lo que permite entender que la captura de información a nivel de la organización, de la interacción entre las personas, está co-relacionado con la captura de información a nivel del sistema informático. Existe entonces una trazabilidad y a la vez una separación entre los dos niveles de abstracción. Por esta razón se definen también en la TxA tareas de comunicación (Inter-Acción) en el nivel de Negocio.

Tanto en el nivel de negocio como en el nivel de sistema, se observa que los aspectos relacionados con la Labor se capturan a través de la técnica de Casos de Uso. Se han realizado trabajos anteriores donde se concluye que es necesario incorporar aspectos

de HCI a este tipo de artefactos [25]. Sería interesante ampliar este estudio a nivel de artefactos en lugar de elementos de modelado para concluir si sería necesario incluir, incorporar o trasladar algunas técnicas y mecanismos de HCI desde el nivel del sistema interactivo, hacia el nivel de Negocio.

5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Resulta más útil la incorporación de mecanismos y herramientas diseñadas desde la HCI, en el nivel de Negocio, que trabajar por separado ambos niveles de abstracción. Por esta razón, es tan importante entender los modelos mentales desde el HCI, como desde la IS para tener un lenguaje común que le dé articulación a dichos mecanismos de incorporación en ambos sentidos.

El presente estudio estaba orientado a entender si existe una trazabilidad entre los niveles de abstracción Negocio y Sistema, en lo que tiene que ver con la especificación de la Labor de los Sistemas Interactivos. Lo anterior, debido a que la HCI se ha enfocado en estudiar la parte la Interacción a nivel del Sistema Informático, pero no en la Interacción a nivel de la Organización, la interacción entre las personas.

Es importante destacar que las conclusiones y resultados de la experimentación se basan únicamente en la visión subjetiva de los participantes, lo cual tiene un sesgo importante. Sería conveniente plantear a futuro la obtención de información objetiva basada en comportamiento y en medidas fisiológicas.

Como trabajo futuro, se plantea especificar una evaluación que sea basada en los Diagramas de Lenguajes de Modelado. Esto porque el diseño de los sistemas interactivos se ve afectado por variables que deben medirse a partir de los Diagramas de los lenguajes de modelado, como Punto Focal, Continuidad, Balance, Equilibrio. Estas variables hacen que un diseño sea más expresivo, fácil de entender y de comunicar para los ingenieros.

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente apoyado por la "Red Iberoamericana de Investigación en Procesos de Enseñanza-Aprendizaje en el Área de Interacción Humano-Computador (HCI)" financiado por la AUIP.

7. REFERENCIAS

- [1] García, J.G.: 'A Methodology for Developing User Interfaces to Workflow Information Systems', Université catholique de Louvain, 2010
- [2] Trætteberg, H.: 'Model-based User Interface Design', Norwegian University of Science and Technology, 2002
- [3] IBM_Rational: 'Too Navigator (RUP)' (2003).
- [4] Balduino, R.: 'Introduction to OpenUP (Open Unified Process)', (IBM, 2007).
- [5] www.extremeprogramming.org/, accessed 05/05/2016.
- [6] www.iconixsw.com/jumpstart.html, accessed 05/05/2016.
- [7] <http://scrummethodology.com/>, accessed 05/05/2016.
- [8] Granollers, T.: '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
- [9] Villegas, M.L., Collazos, C.A., Giraldo, W.J., and Gonzalez, J.M.: 'Activity Theory as a Framework for

- Activity Taxonomy in HCI', *IEEE Latin America Transactions*, 2016, 14, (2), pp. 844 - 857
- [10] Giraldo, W.J., Villegas, M.L., and Collazos, C.A.: 'Incorporation of HCI: Classification of activity modeling', in 'Book Incorporation of HCI: Classification of activity modeling' (2014), pp. 150-155
 - [11] Villegas, M.L., Collazos, C.A., and William, J.G.: 'Activity Taxonomy: Analysis of Proposals for Development of Interactive Systems', (ACM, 2014).
 - [12] Haan, G.d., Veer, G.C.v.d., and Vliet, J.C.v.: 'Formal modelling techniques in human-computer interaction', in 'Book Formal modelling techniques in human-computer interaction' (1991), pp. 27-67
 - [13] García, J.G., Calleros, J.M.G., and Vanderdonck, J.: 'A Comparative Analysis of Task Modeling Notations', (Acta Universitaria, 2012).
 - [14] Limbourg, Q., and Vanderdonck, J.: 'Comparing Task Models for User Interface Design', in Diaper, D., and Stanton, N. (Eds.): 'The Handbook of Task Analysis for Human-Computer Interaction' (Lawrence Erlbaum Associates, 2004)
 - [15] Meixner, G., and Seissler, M.: 'Selecting the Right Task Model for Model-based User Interface Development', (2011).
 - [16] Balbo, S., Ozkan, N., and Paris, C.: 'Choosing the right task modelling notation: A taxonomy', in Diaper, D., and Stanton, N.A. (Eds.): 'The Handbook of Task Analysis for Human-Computer Interaction' (Lawrence Erlbaum Associates, 2004).
 - [17] Giraldo, W.J.: 'Marco de Desarrollo de Sistemas Software Interactivos Basado en la Integración de Procesos y Notaciones'. Doctoral, U. de Castilla-La Mancha, 2010.
 - [18] Ferre, X., Juristo, N., and Moreno, A.M.: 'Improving Software Engineering Practice with HCI Aspects', in 'Book Improving Software Engineering Practice with HCI Aspects'. (Springer-Verlag, 2004), pp. 349-363
 - [19] <http://www.uml.org/>, accessed 11-2008.
 - [20] Group, O.M.: 'Business Process Model and Notation (BPMN)', (2011).
 - [21] Paternó, F.: 'ConcurTaskTrees: An Engineered Notation for Task Models', (Lawrence Erlbaum Associates, 2004), pp. 483-501.
 - [22] Nunes, D.N.J.: 'Object Modeling for User-Centered Development and User Interface Design: The Wisdom Approach'. Doctorate, Universidade da Madeira, 2010.
 - [23] Molina, A.I.: 'Una Propuesta Metodológica Para El Desarrollo De La Interfaz De Usuario En Sistemas Groupware (CIAM)', Castilla-La Mancha, 2006
 - [24] Barboni, E., Ladry, J.-F., Navarre, D., Planque, P., and Winkler, M.: 'Beyond Modelling: An Integrated Environment Supporting Co-Execution of Tasks and Systems Models', (ACM, 2010).
 - [25] Villegas, M.L., Collazos, C.A., William, J.G., and Gonzalez, J.M.: 'Incorporación de HCI: Validación de la Usabilidad en Casos de Uso mediante la TxA'. Proc. I0CCC, Bogotá, Colombia, Septiembre de 2015. 2015

Distribución de las Capacidades Interactivas de la Web: The Web Interaction Hub

Felix Albertos-Marco
Universidad de Castilla-la
Mancha
Dpto. de Sistemas Informáticos
Albacete, España
felix.albertos@uclm.es

Victor M.R. Penichet
Universidad de Castilla-la
Mancha
Dpto. de Sistemas Informáticos
Albacete, España
victor.penichet@uclm.es

Jose A. Gallud
Universidad de Castilla-la
Mancha
Dpto. de Sistemas Informáticos
Albacete, España
jose.gallud@uclm.es

ABSTRACT

Actualmente, las tecnologías Web soportan nuevos mecanismos de interacción no disponibles cuando la Web fue creada. Las aplicaciones Web funcionan en multitud de dispositivos, como portátiles, teléfonos móviles o tablets. Estos dispositivos soportan multitud de capacidades interactivas como teclados, pantallas táctiles, vibración, o acelerómetro, entre otras. Siguiendo las tendencias actuales como el diseño Web "responsive", ¿por qué no hacer que la interacción con las aplicaciones Web se adapte y saque partido de las capacidades interactivas de los dispositivos disponibles en cada momento? Este trabajo presenta "Web Interaction Hub". Es un nuevo paradigma para diseñar la distribución de la interacción con las aplicaciones Web entre las capacidades interactivas de los usuarios y dispositivos disponibles. Para probar esta propuesta se ha desarrollado una herramienta: el "Web Interaction Hub Plugin". Su cometido es la distribución de la interacción con cualquier aplicación Web sin necesidad de ser modificada. También se presenta en este trabajo como el "Web Interaction Hub" funciona en aplicaciones Web existentes, como Moodle, donde se han implementado distintas técnicas de interacción como "Point&Click" y "Speech-to-Text".

CCS Concepts

•Human-centered computing → Human computer interaction (HCI); •Information systems → Web applications;

Keywords

IPO; Aplicaciones Web; Interacción Distribuida; Capacidades Usuarios/Dispositivos

1. INTRODUCCIÓN

Combinar interacción distribuida y aplicaciones Web es desafiante porque no hay consenso en cómo distribuir la in-

teracción en aplicaciones Web. La mayoría de los desarrollos son soluciones "ad-hoc" basadas en casos de estudios particulares y/o intuiciones de los desarrolladores. Por ejemplo, la aplicación Spaceship Pilot¹ permite jugar simplemente moviendo el dispositivo móvil o la tableta para controlar la nave espacial. Pero, ¿y si queremos interactuar con la voz? o ¿y si quiero controlar el ratón en mis aplicaciones Web moviendo el dispositivo? Los desarrolladores debería de reescribir la aplicación para soportar este nuevo proceso de interacción a través de las nuevas capacidades interactivas y traducirlas a la entrada de la aplicación Web.

Relacionada con esta problemática existe una corriente muy cercana en la forma en cómo la Web está evolucionando. Interacción Distribuida se refiere al proceso de interacción donde el/los usuario/s usa/n de forma dinámica la entrada/salida de los dispositivos. Algunos ejemplos de este paradigma interactivo podrían ser un visor de documentos [2] [3], un juego similar a la serpiente [2], la exploración de mapas distribuidos [3] [1] o aplicaciones de vídeo en "streaming" [2] [3] [1].

Pero siguiendo las tendencias actuales como el diseño Web "responsive", ¿por qué no hacer que la interacción con las aplicaciones Web se adapte para sacar partido de los dispositivos disponibles en cada momento? Este trabajo presenta "Web Interaction Hub", una nueva forma de distribuir la interacción en las aplicaciones Web.

A continuación se presenta el "Web Interaction Hub" junto con las técnicas de interacción implementadas para terminar con las conclusiones y el trabajo futuro.

2. EL WEB INTERACTION HUB

El "Web Interaction Hub" (WIH) no es una propuesta para el diseño y la construcción de nuevas aplicaciones Web. El WIH saca partido de cómo está diseñada la Web para distribuir la interacción entre las capacidades interactivas de los usuarios y dispositivos. Se define como una nueva forma de diseñar e implementar la interacción en aplicaciones Web.

WIH sigue la filosofía de lo que denominamos "Responsive Cross-Device Applications" (RCDA). Este enfoque está enfocado al soporte de las tareas de los usuarios en entornos multi-dispositivos adaptando la interacción según las capacidades interactivas. Los pilares para el diseño de RCDA son: 1) Caracterización de las capacidades; 2) Responsabilidad de las adaptaciones; 3) Adaptaciones en tiempo de ejecución y 4) Patrones de los usuarios.

¹<http://www.webdigi.co.uk/fun/space/>

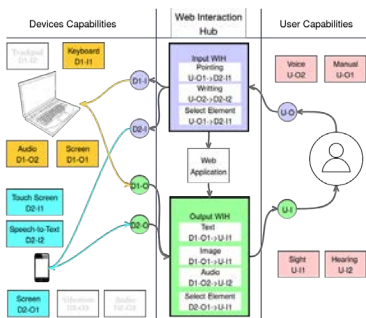


Figure 1: Añadiendo un nuevo método de interacción al "Web Interaction Hub": capacidad "Speech-to-Text" del teléfono móvil para editar texto en la aplicación Web.

El WIH, siguiendo la filosofía RCDA, mapea las capacidades interactivas de los usuarios y dispositivos con los elementos interactivos de la Web a través de los diagramas Capacidad-Interacción (Figura 1). Funciona como una nueva capa en la aplicación. Su funcionalidad se podría equiparar a la de un concentrador USB. Permite la conexión de las capacidades interactivas de usuarios y dispositivos con la aplicación Web. De esta forma, la aplicación queda ajena a la forma en que estas capacidades interactivas se mapean a sus elementos interactivos.

Para validar nuestra propuesta, se ha desarrollado una herramienta, el "Web Interaction Hub Plugin", que puede ser utilizada en cualquier aplicación Web. Se ha probado en Moodle², una de las plataformas de enseñanza en línea más populares. En ella se ha incluido soporte para tres mecanismos de interacción distribuida: "Point&Click", "Select" y "Speech-to-Text". La primera permite la interacción con las aplicaciones Web usando la pantalla táctil de un dispositivo móvil como ratón o "trackpad". La segunda permite utilizar el elemento Web "select"³ de forma que la interacción con los elementos disponibles se realice de forma distribuida. Por último, la técnica "Speech-to-Text" permite utilizar la característica que incorporan la mayoría de dispositivos móviles para transformar la voz a texto y así escribir en la aplicación Web de forma distribuida utilizando el dispositivo móvil, tal y como se muestra en la Figura 2. En la Figura 1 se muestra cómo la capacidad interactiva "Speech-to-Text" del dispositivo móvil es mapeada con el mecanismo de interacción denominado "Writing" de la aplicación Web.

3. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este artículo se presenta el "Web Interaction Hub", una nueva forma de distribuir la interacción en aplicaciones Web entre las capacidades de los usuarios y dispositivos. Soporta el mapeo entre las capacidades de los usuarios y dispositi-

²<https://moodle.org/>

³<https://www.w3.org/TR/html-markup/select.html>

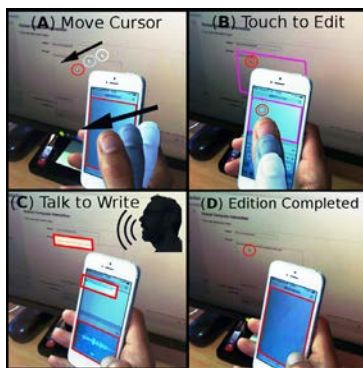


Figure 2: Uso de la capacidad "Speech-to-Text" en el teléfono móvil para editar texto en la aplicación Web utilizando el "Web Interaction Hub Plugin".

tivos con los elementos de la Web. También se presentan los diagramas Capacidad-Interacción utilizados para describir cómo se produce el mapeo descrito. Finalmente, se valida la propuesta con la herramienta que puede ser utilizada en cualquier aplicación web y que soporta la incorporación de diferentes técnicas de interacción, como las descritas en el artículo: *Point&Click*, *Select* y *Speech-to-Text*.

Como trabajo futuro, se van a realizar test con usuarios para evaluar el impacto de nuestra propuesta y mejorarla. Los resultados servirán de guía para detectar nuevas técnicas de interacción susceptibles de ser distribuidas en las futuras aplicaciones Web.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por una beca pre-doctoral 2014/10340 de la Universidad de Castilla-La Mancha.

4. REFERENCES

- [1] P. Hamilton and D. J. Wigdor. Conductor: Enabling and understanding cross-device interaction. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '14, pages 2773–2782, New York, NY, USA, 2014. ACM.
- [2] M. Schreiner, R. Rädle, H.-C. Jetter, and H. Reiterer. Conchiwa: A framework for cross-device web applications. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '15, pages 2163–2168, New York, NY, USA, 2015. ACM.
- [3] J. Yang and D. Wigdor. Panelrama: Enabling easy specification of cross-device web applications. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '14, pages 2783–2792, New York, NY, USA, 2014. ACM.

Diseño de una arquitectura de interacción por escenarios para personas Sordas

Rojano-Cáceres José Rafael
Universidad Veracruzana
Av. Xalapa s/n
Xalapa-Veracruz
+52 (228) 8421700 ext. 14183
rrojano@uv.mx

Sánchez-Barrera Héctor
Universidad Veracruzana
Av. Xalapa s/n
Xalapa-Veracruz
+52 (228) 8421700
zs15019631@estudiantes.uv.mx

Martínez-Gutiérrez Manuel Eleazar
Universidad Veracruzana
Av. Xalapa s/n
Xalapa-Veracruz
+52 (228) 8421700
zs15019632@estudiantes.uv.mx

Molero-Castillo, Guillermo
Universidad Veracruzana
Av. Xalapa s/n
Xalapa-Veracruz
+52 (228) 8421700
ggmolero@conacyt.mx

Ortega-Carrillo, José Antonio
Universidad de Granada
Campus Universitario de Cartuja
Granada
jaorte@ugr.es

RESUMEN

En la vida diaria las personas son capaces de interactuar entre sí ya sea en actividades de entretenimiento, tales como son ir al cine o ir a una cafetería, o bien en actividades que aquejan la salud o la seguridad, tales como asistir al médico o bien presentar una denuncia ante la policía. Lo anterior se puede realizar sin obstáculos gracias a la existencia de un lenguaje, ya sea oral o escrito, que le permite a los seres humanos interactuar libremente y expresar sus necesidades fundamentales. Sin embargo no todas las personas tienen la posibilidad de interactuar por igual en dichos escenarios ya sea por la carencia de una lengua común, como puede ser por pertenecer a grupos indígenas, o bien por causas relacionadas con alguna discapacidad que les impida hablar, escuchar, o incluso leer. En este artículo se plantea una propuesta acerca de cómo mejorar la integración para aquellas personas que tienen una discapacidad auditiva profunda y que por consiguiente requieren de un sistema de expresión por signos viso-espaciales generados mediante las manos y gestos conocido formalmente como Lengua de Señas para poder comunicarse. Tal propuesta consiste en la definición de una arquitectura modular que asume que es posible adquirir y procesar la Lengua de Señas para generar un sistema de interacción basado en escenarios como los planteados inicialmente (diversión, salud o seguridad) los cuales forman unidades de contenidos que pueden ser recuperadas y presentadas mediante un sistema informático a fin de permitir que una persona que se exprese en Lengua de Señas pueda recibir información específica y con ello sea posible generar una sociedad más incluyente.

Descriptor de Sujeto y Categorías

K.4.2 [Computers and Society]: Social issues – *Assistive technologies for persons with disabilities*

Keywords

Lengua de Señas; Inclusión; Minería de Datos.

1. INTRODUCCIÓN

En México, así como en el resto del mundo, hoy en día nos consideramos como sociedades incluyentes, entre otros factores, debido a la promulgación de diversas leyes que confieren derechos y garantías a todos por igual sin importar la raza, el sexo y sobre todo la discapacidad [1], [2]. Sin embargo la mera promulgación de leyes y decretos no bastan para la construcción de una sociedad incluyente, sino que también es necesario la construcción de herramientas que permitan sensibilizar a la población [3], mejorar las prácticas de enseñanza, proponer metodologías para el desarrollo de sistemas, y coadyuvar a los procesos de interacción de las personas con discapacidad [4]–[8]. En México una de las discapacidades que mayormente aquejan a dicha población es la sordera, la cual ocupa el tercer puesto detrás de la discapacidad motriz y visual [9], sin embargo en el día a día las personas oyentes no se percatan de tal situación ya que son capaces de interactuar libremente entre sí debido al uso de una lengua común que bien se puede transmitir mediante la expresión oral o bien escrita. En contraparte, las personas con discapacidad auditiva, o bien como ellos mismos prefieren denominarse sordos, son personas que requieren de un sistema de comunicación basado en signos creados con las manos y gestos, a dicho sistema se le conoce formalmente como Lengua de Señas. En este sistema de comunicación al igual que otros como el español, el inglés o el francés, posee su propia gramática y sintaxis, y como tal dicho sistema es propio de cada país. Cabe mencionar que incluso entre países hispanohablantes la Lengua de Señas difiere enormemente por lo cual se la cataloga correctamente como una lengua poseedora de su propia complejidad y riqueza cultural.

En México otro problema asociado a la integración de personas sordas está relacionado con la capacidad para brindarles una educación de calidad y acceso a los servicios. Por un lado no existen intérpretes certificados suficientes en ningún ámbito ya sea porque no cuentan ellos mismos con los estudios que los avalen, o bien porque la enseñanza formal de la lengua tampoco existe, tan solo se da a partir de asociaciones [10]. De esta forma para las personas sordas que pueden asistir a la escuela aproximadamente, solo el 20% de la población de sordos en México, no cuentan con profesores que interactúen y les transmitan en su propia lengua los conocimientos. De esta forma una gran mayoría de personas sordas en México son analfabetas [11]–[13].

Así, una vez presentada una visión general acerca de las motivaciones de los autores y los antecedentes para abordar esta

problemática, en las secciones posteriores nos enfocaremos a describir la propuesta de una arquitectura modular donde para ello se hablará primeramente de lo que constituye un escenario, posteriormente la arquitectura en sí misma, y finalmente una propuesta de prototipo junto con las conclusiones del artículo.

2. DEFINICIÓN DE ESCENARIOS

Tal y como se presentó en la sección anterior, la interacción en la vida diaria puede verse como una serie de episodios donde los diversos actores se relacionan entre sí y se comunican para lograr algún objetivo. Por ejemplo, si una persona desea desplazarse a alguna provincia deberá para ello acudir a comprar el billete correspondiente de autobús. En este escenario una persona pudiese interactuar con el despachador quien le interrogará acerca del destino, fecha, lugar de preferencia y forma de pago. Claro está que este escenario bien puede ser dado entre dos personas o bien entre una persona y un automóvil (máquina expendedora) en donde en todo caso en ambas situaciones la comunicación se podrá dar entre los dos interlocutores mediante una lengua común ya sea de forma oral o bien escrita.

Así, el concepto de escenarios de interacción [3] hace referencia a aquellas situaciones episódicas en donde ocurre algún tipo de interacción entre dos entes con un propósito particular. Bien se puede concretizar la idea de escenario como un instante en la vida diaria en donde al menos dos personas interactúan entre sí. Con ello podemos concluir que un escenario podrá tener también una variedad de abstracciones o complejidades en su desarrollo. Por ejemplo una situación como la compra de un periódico puede requerir el mínimo de comunicación tanto oral como escrita e incluso reducirse únicamente a expresión corporal. Mientras que la interacción en una cafetería, pudiese tener un grado medio de complejidad, hasta el caso de asistir al médico donde el grado de interacción sería muy elevado. Considerando lo anterior en la Figura 1 se expone una pirámide con los tres grados de interacción identificados asociados al proceso de la comunicación en los escenarios.



Figura 1. Tres niveles de interacción en la vida diaria.

Descrito el concepto de escenario como aquella unidad de interacción mínima que se da mediante episodios entre dos interlocutores y con cierto grado de interacción, corresponde ahora argumentar brevemente su relación con los problemas asociados a la discapacidad. Primero, se debe recordar que en la parte introductoria se habló de los grandes problemas que se enfrentan en México, lugar donde se sitúa la presente investigación, para la comunidad de personas sordas. Por un lado encontramos que la formación y escolaridad básica para el sordo es prácticamente inexistente por lo cual algunos de ellos aunque tengan escolaridad concluida no cuentan con las competencias lectoras/escritoras suficientes. En dicho caso la expresión de interacciones basadas en un escenario donde el sordo interactúa con un automatá puede ser muy limitado ya que se requerirá de un cierto grado de adquisición

de la lengua castellana para alcanzar el objetivo. Por otro lado, encontramos que dado que un gran porcentaje de personas que presentan problemas de audición tales como puede ser la sordera (pérdida total de audición) o la hipoacusia (pérdida gradual de la audición), comúnmente tiende a adquirir un lenguaje de comunicación basado en señas, que en el caso de México este se denomina Lengua de Señas Mexicana (LSM). En dicha situación, el grupo de personas sordas que hablan LSM en México se estiman son entre 400 mil y 600 mil personas [14] que pasan a formar de una minoría lingüística según Palacios en [15].

De esta forma, el concepto de escenarios propuesto se construye como un medio para tratar la complejidad derivada de la comunicación y la interacción, en donde aún en situaciones complejas se plantea la idea de “divide y vencerás” en la cual mediante la construcción de pequeños escenarios haga tratables la interacción. Por ejemplo, al asistir a un centro de atención médica el escenario puede ser dividido naturalmente en: a) recepción, b) motivo de la consulta, c) anamnesis próxima, d) anamnesis remota y e) revisión [16], sin embargo para una persona sorda siquiera pasar el punto de recepción será imposible si solamente sabe Lengua de Señas Mexicana (LSM) y es que ello implica que la persona de recepción también debe saber LSM. Por tanto un escenario de interacción básico requeriría el establecimiento de un diálogo tal como el que se muestra en la Figura 2, en este caso se presenta solo la parte de un interlocutor interrogando, en donde tales preguntas (corpus de videos) formen parte de un escenario completo como el que podría denominarse “recepción médica”. Finalmente, se puede considerar que con este planteamiento modular de escenarios es posible re-usarlos en situaciones en donde exista una serie de elementos comunes, por ejemplo el dialogo asociado a la recepción se puede emplear para cualquier otro escenario que requiera proporcionar datos generales de parte de una persona sorda.

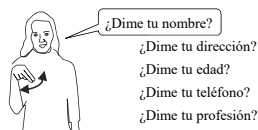


Figura 2. Diálogo ejemplificado con lengua de señas y texto.

3. LA ARQUITECTURA PROPUESTA

A partir de la propuesta de los escenarios y definido ampliamente los diversos problemas que afronta la población con discapacidad auditiva en México se presenta en este apartado una arquitectura modular cuyo objetivo es sentar los mecanismos que permitan construir aplicaciones interactivas encaminadas a mejorar la interacción entre personas con y sin discapacidad auditiva.

Tal arquitectura se denomina modular por ser constituida por componentes que pueden ser fácilmente extendidos para brindar diversas funcionalidades incluso en otros contextos. En particular la arquitectura consta de a) un módulo de adquisición, b) un módulo de aprendizaje, c) un repositorio de modelos, d) un motor de interacción y e) un módulo de escenarios, cuya interconexión entre módulos se visualiza en la Figura 3. A continuación se describe de forma general cada módulo.

3.1 El módulo de adquisición

El módulo de adquisición tiene como propósito de ser un mediador entre la tecnología de adquisición de imágenes y la aplicación de usuario final. Para esta caso se considera el uso de una tecnología

que emplee una cámara con un sensor IR y un proyector laser IR para la obtención de las posiciones espaciales de las señas en tiempo real. El módulo proveerá de una representación comprensible para el motor de interacción y el módulo de aprendizaje independiente de la tecnología de adquisición.

3.2 El módulo de aprendizaje

El módulo de aprendizaje se concibe como un elemento a emplear a priori de la interacción mediante el cual se crean modelos que son entrenados mediante técnicas de Minería de Datos aplicadas a un conjunto de señas capturadas en un ambiente controlado. Los modelos se construyen de forma previa con base en los vocabularios que se habrán de desarrollar para cada escenario, así una vez generalizados pueden ser empleados por el motor de interacción.

3.3 El repositorio de modelos

El repositorio de modelos, es simplemente el mecanismo de persistencia en donde se almacena la información sobre los modelos generalizados que se generan a partir del aprendizaje.

3.4 El motor de interacción

Este módulo es una pieza medular de la arquitectura ya que se responsabiliza de coordinar la información obtenida por el módulo de adquisición y posteriormente conciliar las respuestas que se habrán de entregar al usuario que maneje Lengua de Señas Mexicana (LSM) para la interacción. Para ello tiene comunicación directa con el módulo de escenarios del cual trae por ejemplo el video o el material gráfico apropiado para responder a la interacción con el usuario con discapacidad y por otro lado procesar la información del módulo de adquisición para decidir a qué se refiere la información ingresada desde el exterior en forma de LSM.

3.5 El módulo de escenarios

En el presente módulo se almacena información etiquetada para el contexto de uso. Tal información puede corresponder a videos o imágenes estáticas que representen, planteen o expliquen alguna situación particular. Por ejemplo si el contexto es relacionado a la presentación (véase Figura 2), entonces se tendrá un banco de videos que interroguen al usuario de Lengua de Señas empleando dicha lengua. Cabe mencionar que si se considerara una situación cultural diferente y existe un banco de videos previamente grabados en otra lengua bien podría ser interrogado un usuario de Lengua de Señas Española o Americana. De esta forma el módulo de escenarios viene a integrar el conocimiento en torno a un conjunto de hechos sobre diversas situaciones salud, diversión seguridad, etc.

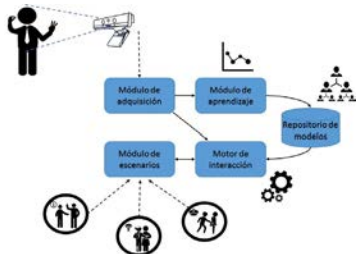


Figura 3. Arquitectura de interacción por escenarios.

4. PROTOTIPADO

Con el propósito de comprobar empíricamente el funcionamiento de la arquitectura se realizó un prototipo que implemente el escenario de interacción ya descrito y denominado como "presentación", el cual como se ha dicho es posible de utilizar en diversas circunstancias por la generalidad de su contenido. Para esta versión se utilizó un sistema de reconocimiento basado en el dactiloteo de señas, o lo que es igual, al uso de un modelo dactilológico en donde cada letra corresponde a una determinada posición de la mano.

El guion del prototipo consiste en inicialmente se tiene un usuario que sabe Lengua de Señas Mexicana (LSM), al menos en su nivel más básico. Dicho usuario podrá interactuar con el sistema mediante las explicaciones presentadas en forma de videos acerca de lo que deberá hacer. Finalizada la explicación se le solicitará responder empleando LSM.

En la Figura 4 se muestra el diseño del prototipo de interacción en donde el usuario de LSM realiza por ejemplo la captura de su nombre. En dicha figura se identifican tres elementos principales a) el área para indicar las instrucciones en LSM, b) el área donde se muestra la letra identificada una vez realizada la captura del gesto y c) el recuadro de texto en donde se forma el nombre de la persona.

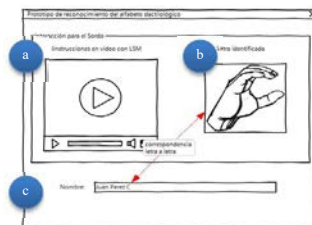


Figura 4. Diseño del prototipo, reconocimiento del alfabeto.

4.1 Pruebas conducidas

Como se explicó anteriormente para poder interactuar con el sistema se requiere de un conocimiento mínimo de la Lengua de Señas Mexicana (LSM) para por un lado entender la explicación que se presenta en video y por otro lado responder al sistema de forma efectiva. En este caso basta con tener el nivel básico de LSM y debido a que el sistema debe estar abierto tanto para usuarios novicios como expertos se inició realizando las pruebas con un grupo de estudiantes de LSM básico, mismos que cuentan con las competencias para la interacción básica en dicha lengua, de esta forma se asegura que el sistema sea robusto ya que el ingreso de señas no necesariamente es realizado mecánicamente en la misma forma.

Así, primeramente mediante el módulo de adquisición se realizó la captura de un conjunto corpus con un conjunto inicial de señas que representan las letras del alfabeto dactilológico. En dicha captura participaron tres estudiantes y un sordo. Posteriormente, mediante el módulo de aprendizaje se aplicó el algoritmo Random Forest [17] sobre el conjunto de datos obtenido en la etapa anterior. La selección del algoritmo se hizo considerando que Random Forest (RF) generalmente tiene un desempeño mejor que la aplicación un único árbol de clasificación como C4.5 [18], ya que RF es un ensamble de árboles que seleccionan características aleatoriamente para el proceso de inducción. El consenso de los mejores árboles se

lograrán por votación de mayoría [19]. Para el caso del modelo de escenarios se realizó entonces la creación de un pequeño corpus con las preguntas mostradas previamente para el escenario "presentación", en todas las grabaciones cuentan con la participación activa de personas sordas y con el auxilio de intérpretes de LSM. Con base en ello el motor de interacción se encarga de gestionar a los usuarios del sistema para con base en un estilo pregunta respuesta se realice la interacción con el sistema. Como soporte a la interacción el módulo de interacción provee un refuerzo de su comprensión presentando al usuario la letra reconocida mediante una imagen estática que la representa (véase Figura 4b), finalmente para efectos de su uso el sistema almacenará las respuestas capturadas en una BD, no sin antes realizar una verificación de que lo captura es adecuado mediante el nuevo detección del texto completamente capturado.

5. CONCLUSIONES

En este artículo se presentó la definición de una arquitectura modular para la interacción con usuarios que hablan Lengua de Señas Mexicana. Dicha arquitectura se compone de módulos que se comunican para llevar a cabo tareas específicas como son a) la adquisición de información tridimensional sobre la seña, b) el entrenamiento para el reconocimiento de señas, c) el proceso para la creación de escenarios basados en LSM y d) el motor que permite coordinar y ensamblar la arquitectura en una aplicación específica para el usuario final, como el caso prototipado y denominado "presentación". Cabe resaltar que se presentó también un sustento de las razones por una arquitectura como la presentada podría ser útil no solo en el contexto mexicano, sino también aplicado a cualquier otro contexto cultural que emplee para la comunicación Lengua de Señas. Asimismo, es importante decir que en todos los procesos de desarrollo de software orientado a atender a una población con discapacidad los usuarios finales deben participar, en nuestro caso se tuvo una amplia capacitación con profesores sordos para la formación del equipo de desarrollo, pero además contamos con su valioso apoyo para las diversas grabaciones tanto de videos como de corpus de datos. Finalmente, consideramos que mediante la presente propuesta estamos coadyuvando a mejorar el proceso de integración entre personas con y sin discapacidad auditiva, cuando menos abriendo la posibilidad para brindar la pauta para acceder a diversos servicios en donde no se cuenta con el servicio de interpretación de la Lengua de Señas.

6. RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo al programa federal mexicano "Programa para el Desarrollo Profesional Docente, para el tipo superior (PRODEP)" por su apoyo económico.

7. REFERENCIAS

- [1] D. O. de la Federación, "Ley Federal para Prevenir y Eliminar la Discriminación," *D. Of. la Fed.*, 2003.
- [2] D. O. de la Federación, "Ley General para la Inclusión de las Personas con Discapacidad," *D. Of. la Fed.*, 2011.
- [3] J. R. Rojano-Caceres, C. Morales Luna, G. Rebollo-Mendez, J. A. Ortega-Carrillo, and J. Muñoz-Arteaga, "Raise awareness in society about deafness: A proposal with Learning Objects and Scenarios," in *The Second International Conference on Higher Education Advances (HEAd'16)*, 2016.
- [4] A. A. Mutalib, S. N. A. Salam, M. Mahmuddin, M. Ahmad, and S. N. S. Yahya, "A concept of assistive courseware for hearingimpaired learners," *ARPJ N. Eng. Appl. Sci.*, vol. 10, no. 2, pp. 728–739, 2015.

- [5] V. López-Ludeña, C. González-Morcillo, J. C. López, E. Ferreiro, J. Ferreiros, and R. San-Segundo, "Methodology for developing an advanced communications system for the Deaf in a new domain," *Knowledge-Based Syst.*, vol. 56, pp. 240–252, 2014.
- [6] R. San-Segundo, J. M. Montero, J. Macías-Guarasa, R. Córdoba, J. Ferreiros, and J. M. Pardo, "Proposing a speech to gesture translation architecture for Spanish deaf people," *J. Vis. Lang. Comput.*, vol. 19, no. 5, pp. 523–538, 2008.
- [7] D. Giakoumis, N. Kaklanis, K. Votis, and D. Tzovaras, "Enabling user interface developers to experience accessibility limitations through visual, hearing, physical and cognitive impairment simulation," *Univers. Access Inf. Soc.*, vol. 13, no. 2, pp. 227–248, 2014.
- [8] P. Ornela and B. Stéphanic, "Universal Design for mobile phones: A case study," in *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, 2006, pp. 1229–1234.
- [9] INEGI, "Porcentaje de la población con limitación en la actividad según tipo de limitación para cada entidad federativa," 2010. [Online]. Available: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/sisept/default.aspx?t=mdis03&s=est&c=35212>.
- [10] C. Pérez-Stadelmann, "Discriminados ante la falta de intérpretes en todos los sectores," *El Universal.mx*, 2010. [Online]. Available: <http://archivo.eluniversal.com.mx/cultura/62751.html>. [Accessed: 20-May-2016].
- [11] M. G. Adams, *Historia de la educación de los sordos en México y Lenguaje por Señas Mexicano: una esperanza para hispanos sordos: incluye la primer reseña histórica de la educación de los sordos en México*. Fundación de Sordos Hispanos, 2003.
- [12] L. Poy Solano, "Margina el sistema educativo a niños con problemas de lenguaje," *La Jornada*, 2011. [Online]. Available: <http://www.jornada.unam.mx/2011/07/05/sociedad/036n1soc>. [Accessed: 19-May-2016].
- [13] A. M. León, "Urgen se atienda sordera en México," *Rev. Espac.*, no. 54, 2014.
- [14] M. C. Aldrete, "Gramática de la lengua de señas mexicana," *Estud. lingüística del español*, no. 28, p. 1, 2009.
- [15] D. M. Haquin, O. I. Pérez, M. A. Pastene, and P. H. Letelier, "Medios semióticos y definiciones multimodales en las clases de Ciencias Naturales y Ciencias Sociales en una escuela para jóvenes sordos," *Onomázein*, pp. 37–56, 2014.
- [16] R. Gazitúa, *Manual de Semiología*. Pontificia Universidad Católica de Chile, 2007.
- [17] L. Breiman, "Random forests," *Mach. Learn.*, vol. 45, no. 1, pp. 5–32, 2001.
- [18] J. R. Quinlan, *C4. 5: programs for machine learning*. Elsevier, 2014.
- [19] C. Chen, A. Liaw, and L. Breiman, "Using random forest to learn imbalanced data," *Univ. California, Berkeley*, 2004.

Sesion conjunta con Educacion

Afrontando los retos de transformar un curso de Accesibilidad Universal online en un curso MOOC

Covadonga Rodrigo, Ana García-Serrano, José Luis Delgado
ETSI Informática
Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED),
España
{covadonga, agarcia, idelgado}@lsi.uned.es

Francisco Iniesto
Institute of Educational Technology
The Open University, Reino Unido
francisco.iniesto@open.ac.uk

RESUMEN

Aunque hay algunas similitudes cuando se desarrolla un curso online de enseñanza superior y un curso MOOC (*Massive Open Online Courses*), ya que los principios de enseñanza son muy parecidos, en los MOOC los estudiantes deben ser continuamente “animados” con nuevas informaciones, interacciones sociales o experiencias de aprendizaje diferentes, lo que obliga a los profesores que diseñan el curso a utilizar nuevas ideas, aproximaciones y herramientas pedagógicas para conseguir un curso que tenga aceptación. En este resumen se presenta el proceso de MOOCifying un curso online en Accesibilidad Universal, así como el modelo de calidad planteado.

Palabras clave

MOOC; diseño; aprendizaje online; accesibilidad universal; modelos de calidad; múltiples inteligencias.

1. CALIDAD EN MOOCs

Para construir un MOOC en general y a partir de un curso online en particular es necesario disponer de un modelo de calidad que permita afrontar con éxito los retos que surgen durante el proceso. Por ello, cuando en 2011 la UNED lanzó la iniciativa de ofertar diferentes MOOC, se encontró con que la heterogeneidad de las temáticas de los cursos propuestos y la forma con la que los equipos docentes querían abordarlo eran tan diversas que era claramente necesario definir un modelo de control de calidad sistemático y simple, complementando su experiencia previa en enseñanza online, con un control de calidad refinado durante más de quince años.

Revisando la literatura que empezaba a aparecer sobre este tema, se observó que no había consenso en cómo abordar el control de calidad de los MOOC, ni si tenía sentido tratar de buscar medidas de evaluación [1, 2]. El proyecto MOOC Quality Project [3], de la *European Foundation for Quality*, aportó algunos factores relacionados con lo que se percibe como calidad en los MOOC, como son: la noción de elección, la información previa disponible, las aproximaciones pedagógicas utilizadas, el nivel exigido de compromiso del estudiante, si el curso está programado o no, sus requisitos técnicos, el papel del equipo docente, su disponibilidad y nivel de interacción, si hay certificación o no, y otros. Downes [4], apuntó que el hecho de que un MOOC tenga éxito o no en un contexto dado y con un grupo determinado de estudiantes (según las calificaciones, analizando los tests, y las encuestas) no indica nada sobre la calidad del mismo, solo sobre el éxito en esa instancia del MOOC. Daniel [5] incluso sugirió que los MOOC debían ser evaluados por profesores y por los comentarios en las redes sociales. Mudler [6] propuso un modelo de calidad basado en los cinco componentes básicos de un MOOC: *Open Educational Resources* (OER), *Open Learning Services* (OLS), *Open Teaching Efforts* (OTE), *Open to Learner's Needs* (OLN) y *Open to*

Employability & Capabilities development (OEC). Las medidas de estos cinco aspectos formarían la “huella” de calidad del curso.

Otra iniciativa que aparece en 2013 es la de valorar a los MOOC con el *Quality Code* de la QAA (*Quality Assurance Agency for Higher Education* de UK) [7], que influciona a la reciente etiqueta *OpenupEd* [8], basada en la aproximación *Excellence* utilizando *benchmarks* para evaluación de la calidad y que ha sido utilizado ya en los MOOC de la UNED [9]. *OpenupEd* tiene el apoyo de la Comisión Europea y está coordinado por la *European Association of Distance Teaching Universities* (EADTU). Han acordado un entorno de ocho características para el nivel más alto de educación a distancia y 32 *benchmarks* que representan un buen avance hacia el control de calidad de los MOOC.

En este contexto la decisión de la UNED fue utilizar un modelo de calidad basado en su experiencia previa y en el *OpenupEd* [10], definido sobre la base de dos tipos de control:

1. La coherencia estructural y funcional de un curso, definida sobre los objetivos y un conjunto de características de diseño.
2. Un modelo flexible de certificación (*freemium model*), que mediante una evaluación de tipo test demuestre que el curso ha alcanzado tanto sus objetivos como los estudiantes han alcanzado sus objetivos de aprendizaje.

Para el segundo punto es necesaria una métrica en el MOOC sobre cómo se ha estructurado, los recursos incorporados, y cómo las actividades, la interacción y la evaluación fueron integradas. En concreto la métrica contempla los siguientes aspectos [11]:

1. Tema: Cada curso debe ser tan específico como sea posible.
2. Contenidos: los materiales se pueden reutilizar de un curso online pero adaptándolos al formato MOOC (i.e., videos con una duración de 5 min, guías comprensibles sin ayuda de los profesores, actividades con autoevaluación o mediante alguna forma de interacción o en el foro, etc.).
3. Duración: entre 25 y 125 horas de trabajo del estudiante.
4. Estructura: Los MOOC de la UNED se dividen dependiendo de la duración y los objetivos.
5. Guías específicas: los cursos se diseñan como retos, no como meras presentaciones de contenidos y las evaluaciones han de hacerse automáticamente sobre la gran cantidad de información generada. También es necesario autoevaluaciones para que los estudiantes comprendan su aprendizaje.
6. Canales sociales: El foro de OpenMOOC es el canal de interacción principal, aunque puede usarse cualquier otra herramienta asociada a la Web 2.0.
7. En los MOOC de la UNED los roles de enseñanza están únicamente asignados a los facilitadores digitales y a los curadores de contenidos.

2. DISEÑO DE UN MOOC EN ACCESIBILIDAD UNIVERSAL

Se presenta a continuación cómo se transforma una parte del curso online de tercer grado en Informática de la UNED en un MOOC de Accesibilidad Universal. Sus objetivos de aprendizaje, consisten en que el estudiante aprenda sobre:

- Las dificultades con las que algunos discapacitados tienen que enfrentarse para acceder a los servicios en internet.
- Estrategias para mejorar la accesibilidad.
- Los principios de Diseño Universal Acceso para Todos y Diseño Centrado en el Usuario.
- Un entorno para accesibilidad web que elimine barreras,
- Tecnología asistente en el acceso a los servicios en internet.

Los profesores seleccionaron el contenido que se necesitaba incorporar en el MOOC:

- MODULO 1.** Conceptos básicos sobre usabilidad y accesibilidad Web
- 1.1. Comprendiendo la Accesibilidad, sus problemas y los retos pendientes
 - 1.2. Concepto de Usabilidad frente a Accesibilidad
 - 1.3. Tipología de Discapacidades
- MODULO 2.** Trabajando con diseño universal, diseño para todos y diseño centrado en el usuario
- Concepto de diseño universal, diseño para todos y diseño centrado en el usuario
- 2.1. Diseño Universal. Diseño para todos
 - 2.2. Diseño Centrado en el Usuario
 - 2.3. Ayudas técnicas y ajustes razonables
- MODULO 3.** Diseño del interfaz y de los contenidos
- 3.1 Tipología de acceso a la web para personas con discapacidad
 - 3.2 Diseño del interfaz y de los contenidos en función del tipo de discapacidad

A continuación seleccionaron los recursos pedagógicos online necesarios para los contenidos y siguiendo el modelo de calidad de la UNED definieron:

- Una descripción general (nombre, duración y área).
- Los estudiantes a los que el curso va dirigido.
- Las aproximaciones pedagógicas que se van a seguir.
- Los objetivos concretos y las competencias.
- Los textos que se dejarán a disposición del estudiante.
- Las actividades de evaluación.
- Y las tecnologías complementarias de apoyo del MOOC.

Como en el caso del contenido, las actividades fueron adaptadas usando el modelo de Gardner, que considera que las personas poseen múltiples inteligencias y que pueden utilizarlas para aprender. De las nueve que se aceptan habitualmente, se han seleccionado: la lingüística, la espacial, la intrapersonal, y la interpersonal. En la tabla siguiente se muestra la correlación entre las 12 actividades (A.1, ..., A.12) re-factorizadas según Gardner.

| | ESTILO DE APRENDIZAJE | ACTIVIDAD DOCENTE | MATERIALES DE ENSEÑANZA | ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA |
|------------------|-----------------------|--------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| MODULO 1. | | | | |
| 1.1 | Lingüística | Leer sobre ello, escribir sobre ello | Documentos en la Web | A.1 Debate, participación en foros |
| 1.2 | Interpersonal | Estudio independiente | Material autoevaluado | A.2 Actividades personales |
| | Interpersonal | Estudio independiente | Material autoevaluado | Test 1 Auto-evaluación |
| 1.3 | Interpersonal | Juego de roles. Reuniones sociales | Software de accesibilidad | A.3 Empatía social, estudio de casos |

| MODULO 2. | | | | |
|------------------|---------------|---|----------------------------------|-------------------------------------|
| 2.1 | Espacial | Presentaciones visuales | Graficos, mapas, diapositivas | A.4 Mapas conceptuales, graficos |
| | Espacial | Presentaciones visuales | Mini-video modular | A.5 Video |
| 2.2. | Lingüística | Lecturas, debates. Leer y escribir sobre ello | Documentos en la Web | A.6 Debate, participación en foros |
| | Interpersonal | Estudio independiente | Comprobar accesibilidad Web | A.7 Practicas |
| | Interpersonal | Estudio independiente | Material autoevaluado | Test 2 Auto-evaluación |
| 2.3 | Interpersonal | Aprendizaje cooperativo, técnica de retroalimentación | Rellenar tablas | A.8 Lluvia de aprendizaje en equipo |
| | Interpersonal | Estudio independiente | Navegación Web | A.9 Búsqueda de objetos |
| | Interpersonal | Estudio independiente | Desarrollo de Audio- descripción | A.10 Proyecto auto diseñado |
| | Interpersonal | Estudio independiente | Material autoevaluado | Test 3 Auto-evaluación |
| MODULO 3. | | | | |
| 3.1 | Lingüística | Leer y escribir sobre ello | Documentos en la Web | A.11 Debate, participación en foros |
| | Interpersonal | Estudio independiente | Material autoevaluado | Test 4 Auto-evaluación |
| 3.2 | Interpersonal | Estudio independiente | Material autoevaluado | A.12 Actividades personales |

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo de la Cátedra en Tecnología y Accesibilidad UNED - Fundación VODAFONE y del proyecto MUSACCES (S2015/HUM3494).

REFERENCIAS

- [1] Haggard, S. 2013. *Massive open online courses and online distance learning: review*. GOV.UK Research and analysis.
- [2] Weller, M. 2013. *MOOCs & Quality*. MOOC Quality Project, week 7.
- [3] Ehlers, U.D., Ossiannilsson, E. and Creelman, A. 2013. *The MOOC Quality Project*.
- [4] Downes, S. 2013. *The Quality of Massive Open Online Courses*.
- [5] Daniel, J. 2012. *Making Sense of MOOCs: Musings in a Maze of Myth, Paradox and Possibility*.
- [6] Mudry, F. 2013. *OER reflections on Opening up Education (OuE)*. Neth-ER Seminar EU Parliament Brussels Oct.
- [7] Rosewell J. and Barefoot, H. 2013. *MOOCs and Quality Issues* – QAQE Steering Group. QAA.
- [8] Rosewell, J. 2013. *E-xcellence / OpenupEd Quality benchmarks for MOOCs*.
- [9] Williams, K., Kear, K. and Rosewell, J. 2012. *Quality Assessment for E-learning: a Benchmarking Approach* (2nd Ed.). Heerlen, The Netherlands: European Association of Distance Teaching Universities (EADTU)
- [10] Rodrigo, C., Read, T., Santamaria, M. and Sánchez-Elvira, A. 2014. OpenupEd Label for MOOCs Quality Assurance: UNED COMA Initial Self-Evaluation. *In V Congreso Int. Calidad y Accesibilidad de la Formación Virtual CAFVIR*
- [11] Read, T. and Rodrigo, C. 2014. *Toward a quality model for UNED MOOCs*. eLearning Papers

LEGA: Un Framework de Diseño de Gamificación Centrado en el Estudiante

J. Baldeón
johan.baldeon@puccp.edu.pe

I. Rodríguez
inma@maia.ub.edu

A. Puig
anna@maia.ub.edu

Grupo Avatar, Departamento de Ingeniería
Pontificia Universidad Católica del Perú
Lima, Perú

Departamento de Matemáticas e Informática
Universitat de Barcelona
Barcelona, España

RESUMEN

En los últimos años, la gamificación del aprendizaje se ha utilizado para incluir el pensamiento basado en juegos y las mecánicas de juegos dentro del aula, sirviendo al propósito de motivar e involucrar a los estudiantes durante el proceso de aprendizaje. Gamificar no es una tarea trivial para los educadores, es por ello que los frameworks de diseño de gamificación (GDF) pueden ser utilizados como guías durante el proceso. Los GDF actuales no se enfocan en aspectos educacionales tales como los resultados esperados de aprendizaje, estilos de aprendizaje, actividades y mecánicas de aprendizaje, ni tampoco consideran los roles que, como jugadores, pueden desempeñar los estudiantes, esto es, sus estilos a la hora de jugar. Este trabajo articula los enfoques educacionales y de gamificación, proponiendo un framework de diseño de gamificación centrado en el estudiante para el diseño de actividades de aprendizaje gamificadas. Además, se proporciona una guía orientada a los profesores para que a partir de los resultados esperados de aprendizaje y las actividades de aprendizaje, puedan identificar las mecánicas adecuadas de aprendizaje gamificadas que serán implementadas durante el proceso de gamificación.

CCS Concepts

•Human-centered computing → User centered design;

Palabras claves

Framework de Diseño de Gamificación; Gamificación del Aprendizaje.

1. INTRODUCCIÓN

El aprendizaje en los dominios cognitivo (desarrollo de nuestras habilidades mentales y la adquisición de conocimientos) y afectivo (sentimientos o emociones) se puede reforzar por medio de la 'gamificación del aprendizaje' - la aplicación

del pensamiento basado en juegos y las mecánicas de juegos en el ámbito educativo - que sirve al propósito de motivar (intrínseca e extrínsecamente) e involucrar a los estudiantes durante el proceso de aprendizaje [4]. Una forma de mejorar el aprendizaje gamificado es tener en cuenta que las actividades de juego pueden corresponder a una cierta taxonomía cognitiva como la de Bloom [1].

Una vez que el profesor decide aplicar gamificación en el aula, surge la pregunta, ¿cómo puede empezar? La mayoría de los GDF definen los pasos para diseñar actividades gamificadas en diferentes contextos y áreas [7]. También se pueden encontrar recomendaciones generales y soluciones tecnológicas para la gamificación de actividades típicas en un aula [2, 5], pero son frecuentemente abandonadas por los maestros, debido a que no definen específicamente cómo relacionar los resultados esperados de aprendizaje con las actividades gamificadas, y lo más importante, no toman en cuenta los diferentes perfiles de los estudiantes como sus estilos de aprendizaje y tipos de jugadores. Este trabajo tiene como objetivo cubrir un vacío en la literatura proponiendo un GDF centrado en el estudiante que permita ayudar a los maestros en la gamificación del aprendizaje considerando el enfoque de educación basada en resultados (OBE) [8]. A partir de los resultados esperados de aprendizaje, actividades, estilos y mecánicas de aprendizaje, se derivan las actividades de aprendizaje gamificadas.

2. GDF CENTRADO EN EL ESTUDIANTE

LEGA es un GDF que permite ayudar a los profesores en la aplicación de la gamificación en el aula, considerando aspectos de la OBE y etapas estándar propuestas en diferentes GDFs. Además, LEGA se centra en las características de los estudiantes como son sus estilos de aprendizaje [3] y tipologías de jugador [6], que permiten llegar a mecánicas de gamificación que mejor se ajustan a los estudiantes (Ver figura 1). LEGA define las siguientes etapas:

Etap 1. Identificar los resultados esperados de aprendizaje a ser gamificados. El maestro debe identificar los contenidos y competencias transversales a ser asimilados por los estudiantes mediante la gamificación.

Etap 2. Conocer a los estudiantes/jugadores y el contexto. Debido a que la gamificación se aplicará en actividades educacionales, se debe considerar a los alumnos como estudiantes y jugadores, es por ello que, antes de definir las actividades a ser gamificadas, los maestros necesitan conocer cómo aprenden sus estudiantes, qué tipos de jugadores son y cuáles son las características del entorno a

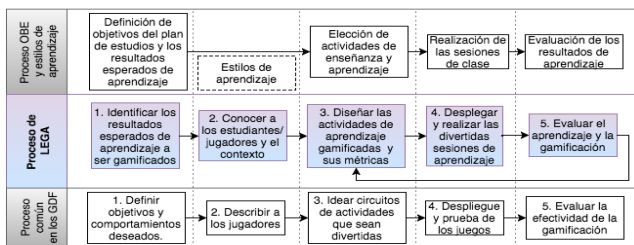


Figura 1: En el centro de la figura y en azul, se presenta el Framework de Diseño de Gamificación Centrado en el Estudiante (LEGA). Arriba y abajo se presentan respectivamente, los enfoques educacional (OBE) y de gamificación alineados con nuestro GDF.



Figura 2: Proceso para la obtención de las mecánicas de aprendizaje gamificadas.

gamificar.

Etapas 3. Diseñar las actividades de aprendizaje gamificadas y sus métricas. El objetivo de esta etapa es definir las mecánicas de aprendizaje y las mecánicas de gamificación. Para ello, LEGA propone una guía que permite identificar las mecánicas de aprendizaje gamificadas de acuerdo con el proceso mostrado en la figura 2¹.

Etapas 4. Desplegar y realizar las divertidas sesiones de aprendizaje. En esta etapa se define cómo se realizará la sesión de aprendizaje gamificada, considerando los recursos necesarios, las plataformas de despliegue, la planificación del inicio de la participación de los estudiantes, etc. Esta etapa debe ser monitorizada para facilitar la evaluación formativa y una continua retroalimentación.

Etapas 5. Evaluar el aprendizaje y la gamificación. Este paso implica la recogida y medición de los datos obtenidos en la etapa anterior, para analizarlos, utilizarlos y refinar el proceso mediante la adaptación y enriquecimiento del sistema de aprendizaje gamificado.

Finalmente, y de acuerdo con los datos obtenidos durante la sesión desplegada, los profesores pueden proceder a una nueva iteración, incorporando nuevas actividades de aprendizaje gamificadas o rediseñando las anteriores. Es decir, adaptar o cambiar las mecánicas de aprendizaje y de gamificación relacionadas con las actividades probadas.

3. CONCLUSIONES

¹ Mayor detalle de LEGA se encuentra en la versión completa de la publicación en inglés

Este artículo presenta LEGA, un framework de diseño de gamificación (GDF) que tiene como objetivo ayudar a los maestros en la gamificación del aprendizaje. LEGA considera las etapas que proponen los diferentes GDF, pero además, adopta un enfoque educativo (basado en OBE - Outcomes Based Education) que se centra en los resultados esperados de aprendizaje, estilos de aprendizaje y mecánicas de aprendizaje. Como trabajo futuro se propone desarrollar una solución tecnológica que diera soporte al profesor en el diseño, implementación y despliegue de la gamificación diseñada.

4. AGRADECIMIENTOS

A los proyectos TIN2012-38876-C02-02, 2014SGR623, TIN2015-66863-C2-1-R (MINECO/FEDER) y la Fundación Carolina.

5. REFERENCIAS

- [1] L. W. Anderson, D. R. Krathwohl, P. W. Airasian, K. A. Cruikshank, R. E. Mayer, P. R. Pintrich, J. Raths, and M. C. Wittrock. *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. 2001.
- [2] J. Baldeón, M. Lopez-Sanchez, I. Rodríguez, and A. Puig. Gamification of multi-agent systems theory classes. In *Workshop CARE for Digital Education (AAMAS)*, 2016.
- [3] P. Honey, A. Mumford, et al. *The manual of learning styles*. Peter Honey Publications, 1982.
- [4] K. M. Kapp. *The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education*. John Wiley & Sons, 2012.
- [5] K. M. Kapp. *The gamification of learning and instruction fieldbook: Ideas into practice*. Wiley, 2013.
- [6] A. C. Marczewski. *Even Ninja Monkeys Like to Play*. CreateSpace Independent Publishing Platform, 2015.
- [7] A. Mora, D. Riera, C. González, and J. Arnedo-Moreno. A literature review of gamification design frameworks. In *Games and Virtual Worlds for Serious Applications*, pages 1-8. IEEE, 2015.
- [8] W. G. Spady. *Outcome-Based Education: Critical Issues and Answers*. ERIC, 1994.

EnGendering Technologies

Género y Pensamiento Computacional: Revisión sistemática de literatura

Elisenda Eva Espino Espino
Personal Docente Investigador
Departamento de Ingeniería
Informática y de Sistemas
Instituto Universitario de Estudios de
las Mujeres (IUEM)
Universidad de La Laguna (Spain)
eespinoe@ull.edu.es

Carina González González
Profesora Titular
Departamento de Ingeniería
Informática y de Sistemas
Instituto Universitario de Estudios de
las Mujeres (IUEM)
Universidad de La Laguna (Spain)
cigonza@ull.edu.es

RESUMEN

Las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) han contribuido significativamente al surgimiento de la Sociedad del Conocimiento. Sin embargo, existe una fuerte brecha de género en el ámbito científico y tecnológico debido a la influencia de la cultura androcéntrica que persiste hasta la actualidad. El pensamiento computacional se presenta como una vía para desarrollar en los niños y niñas desde edades tempranas la capacidad de resolver problemas, diseñar sistemas y comprender la conducta humana haciendo uso de los conceptos fundamentales de la informática. Esto permite acercar a las niñas a la tecnología, de forma lúdica y significativa, con el propósito de equilibrar la presencia masculina y femenina en la ciencia y tecnología, logrando un sistema más igualitario. En este artículo se presenta una revisión sistemática de la literatura que denota, que aunque hay países que ya han apostado por el aprendizaje de la informática en el aula, existen muy pocos estudios que trabajen el pensamiento computacional desde una perspectiva de género. Asimismo, la revisión muestra algunas metodologías que utilizan lenguajes y herramientas de programación aptas para el trabajo del pensamiento computacional que pueden servir de base para una propuesta que integre la perspectiva de género. A su vez, se apuesta por la creación de una guía metodológica que fomente esta enseñanza en los centros educativos nacionales e internacionales.

Palabras Claves

Género, Pensamiento Computacional, Metodología, Revisión

1. INTRODUCCIÓN

La realización de revisiones sistemáticas de la literatura sobre áreas específicas de estudio es una tarea permanente en la ciencia. Este procedimiento permite la localización de vacíos de

conocimiento en dichas áreas por medio de la disposición de estrategias objetivas y metódicas que permiten revisar el volumen exponencial de estudios que se publican en los ámbitos académicos de interés [1]. Por ello, se plantea en este estudio una revisión sobre el estado de la enseñanza del pensamiento computacional desde una perspectiva de género como procedimiento de búsqueda con rigor metodológico y científico que parte de una serie de preguntas de investigación.

En la actualidad, las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) han evolucionado a grandes pasos y han adquirido una significativa importancia en todos los ámbitos de la vida, principalmente, en el educativo y laboral. Se han impuesto como medio para el acceso a un mundo de rigurosa complejidad y cada vez más exigente. El surgimiento del concepto de *pensamiento computacional*, que se basa en la capacidad de resolver problemas, diseñar sistemas y comprender la conducta humana haciendo uso de los conceptos fundamentales de la informática [2], aporta numerosos beneficios para el proceso de enseñanza-aprendizaje en distintas áreas educativas [3], ya que mejora la capacidad de atención, se obtienen mejores resultados en pruebas de matemáticas, razonamiento y resolución de problemas, aporta mayor autonomía y aumenta el placer por el descubrimiento de nuevos conceptos en los niños y niñas [4]. Sin embargo, pocos estudios focalizan su atención en desarrollar el pensamiento computacional en los niveles de educación infantil y primaria. La mayoría dan prioridad a su enseñanza a partir de la etapa de educación secundaria obligatoria con un enfoque directo al desarrollo profesional de los interesados e interesadas [5].

Este avance científico y tecnológico no ha tenido la misma repercusión en chicos que en chicas. Habitualmente, el interés hacia la informática que muestra el primer grupo es mayor que el segundo [6]. Esta situación puede deberse a la influencia de la cultura y los procesos de socialización experimentados por las personas desde su infancia que animan más al género masculino que al femenino a la hora de pertenecer a estos sectores [7].

Existen multitud de iniciativas para lograr que los y las estudiantes dejen de relacionar la informática con sentimientos de aburrimiento, confusión y dificultad de dominación de conceptos [8]. E incluso otras, a nivel nacional e internacional, que promueven la incorporación de las mujeres, jóvenes y niñas a la tecnología ante la fuerte brecha de género existente en este campo [9].

Sin embargo, existe carencia de metodologías centradas en profundidad en el desarrollo del pensamiento computacional. Hay algunas que sientan las bases como es el caso de Childprogramming [10], un modelo de desarrollo de software en el que se pretende ofrecer un espacio a los niños y niñas para desarrollar sus habilidades lógico-matemáticas y sociales y, por otro lado, otorgarles libertad para facilitar el surgimiento de nuevas formas de trabajo que respondan a retos de la industria del software bajo un contexto lúdico, de colaboración y de principios ágiles.

Ante esta situación, este estudio tiene como objetivo averiguar:

- Los estudios y políticas educativas que se están aplicando para el desarrollo del pensamiento computacional en las aulas
- Metodologías diseñadas específicamente para la enseñanza del pensamiento computacional para niños con edades comprendidas entre 3-9 años y la posibilidad de incorporar perspectiva de género
- Lenguajes y herramientas de programación más utilizados para enseñar a programar a niños y niñas de las etapas educativas de infantil y primaria
- Diferencias de género existentes en el trabajo de la informática
- Existencia o inexistencia de un manual o guía metodológica que diseñe un proceso de pensamiento computacional con perspectiva de género.

2. MÉTODO

En esta revisión sistemática se ha seguido el método de Revisión Sistemática de la literatura de Kitchenham [11], adaptado por Bacca [12] y Torres-Carrion [13], que consta de las siguientes etapas y tareas asociadas:

- **Planificación**
 - *Identificación de las necesidades que motivan esta revisión* (estado actual de la temática de género y pensamiento computacional en la educación, preguntas de investigación y selección de revistas de impacto centradas en esas áreas)
 - *Definición de un protocolo de revisión* (definición de los criterios de inclusión y exclusión de revistas especializadas, preparación de datos susceptibles de análisis)
- **Procedimiento de la revisión**
 - *Identificación de la investigación*
 - *Selección de los estudios primarios*
 - *Evaluación de la calidad de los estudios*
 - *Extracción de datos y seguimiento*
 - *Síntesis de los datos y seguimiento*
- **Discusión y conclusiones del estudio**

A continuación se describirán como se ha desarrollado cada una de estas tareas de revisión.

2.1 Planificación

2.1.1 Identificación de las necesidades que motivan esta revisión

2.1.1.1 Estado actual de la temática

Aunque muchos estudios dan importancia a la enseñanza del pensamiento computacional en niveles de enseñanza superior como se ha citado anteriormente, también hay otros que afirman la importancia de desarrollar dicho pensamiento en los niños y niñas desde edades tempranas (comenzando desde la etapa infantil) teniendo en cuenta los beneficios que aporta a los alumnos y alumnas y la repercusión positiva que se evidencia en la mejora de los resultados académicos en otras áreas de aprendizaje que no están íntimamente relacionadas con la informática [13].

Con frecuencia la enseñanza de la materia de Informática se relaciona únicamente con metodologías ágiles (serie de técnicas para la gestión de proyectos que se manifiestan como contraposición a los métodos clásicos de gestión como CMMI o SCRUM) [14] o la metodología extrema XP que tiene como principal objetivo aumentar la productividad a la hora de desarrollar un Proyecto software [15]; pero estas no son aconsejables para el desarrollo del pensamiento computacional en los pequeños y pequeñas.

A su vez, a lo largo de la historia apenas se ha atendido a la variable género a la hora de desarrollar un proceso metodológico. No se ha profundizado en el conocimiento de las preferencias por parte de chicos y chicas ni se ha atendido a sus centros de interés, siendo este un factor relevante a la hora de motivar al alumnado hacia el aprendizaje de la informática.

Al mismo tiempo, diversidad de estudios demuestran que las chicas han experimentado un ascendente rendimiento en el aprendizaje de materias como física, tecnología y matemáticas, siendo incluso mayor que el de sus compañeros varones. Sin embargo, su representación y visualización es notablemente inferior [3], suceso que ha pasado desapercibido en la sociedad mereciendo ser cuestionado y estudiado, pues es un factor oculto que influye significativamente en conceptos tan cercanos como el autoestima y el autoconcepto.

2.1.1.2 Preguntas de investigación

Este artículo ha sido guiado por las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Qué estudios y políticas educativas se están aplicando para el desarrollo del pensamiento computacional?
2. ¿Existen metodologías diseñadas específicamente para la enseñanza del pensamiento computacional con niños de entre 3-9 años?
3. ¿Las citadas metodologías incorporan la perspectiva de género?
4. ¿Cuáles son los lenguajes de programación y herramientas de programación más utilizados para enseñar a programar a niños y niñas de las etapas de infantil y/o primaria?
5. ¿Existen diferencias de género en niños y niñas cuando trabajan informática?
6. ¿Se ha publicado algún manual o guía metodológica que diseñe un proceso de enseñanza de pensamiento computacional desde una perspectiva de género?

2.1.1.3 Selección de revistas de impacto relacionadas con la temática

El objetivo a lograr en esta sub-etapa consiste en seleccionar las revistas con mayor índice de impacto en las áreas de educación, tecnología y género, en las que se hayan podido publicar la mayor cantidad de artículos sobre enseñanza de pensamiento computacional con perspectiva de género o en la que exista alguna relación aparente.

En un primer momento se procede a realizar una búsqueda y un filtrado de las bases de datos que contienen información referente a los temas a abordar haciendo uso de la plataforma *Primo de Ex Libris* de la biblioteca de la Universidad de La Laguna, específicamente por medio de su motor buscador *Punto Q*. Para ello, se utilizan las siguientes combinaciones terminológicas:

- Computational thinking AND Gender
- Computational thinking AND Child
- Learning AND Computational thinking AND Teaching programming AND Scratch AND Gender
- Gender AND HCI AND Child
- Learning AND Computational thinking AND Teaching methods
- Learning AND Computational Thinking AND Scratch
- Child Computer Interaction AND Gender AND Technology
- STEM AND Gender AND Computational thinking

Para su selección se utilizan dos filtros adicionales escogiendo únicamente revistas *peer-reviewed* y mediante la consulta a expertos de las áreas tratadas. Este procedimiento fue realizado durante el mes de marzo de 2016.

Las Bases de Datos se utilizarán como filtro para realizar una validación cruzada, donde las variables principales han sido la cantidad de artículos y el factor de impacto que presentan. Por tanto, en este caso se han considerado las siguientes bases de datos: Web of Science con su correspondiente índice JCR, Scopus Compare Journals con su índice SJR y Google Scholar con su índice h5. Luego se han organizado de forma descendente en base al cuartil JCR, SJR y h5 y por su índice de impacto hasta el año 2014 (Tabla 1).

Tabla 1. Listado de revistas organizadas por índice de impacto

| Journals | SJR | JCR | h5 | Mediana h5 |
|---|-------|-------|----|------------|
| Journal of research in science teaching | 5,236 | 3,162 | 42 | 63 |
| Computers and Education | 2,578 | 2,556 | 88 | 126 |
| Computers in Human Behaviour | 1,598 | 2,694 | 75 | 108 |
| Educational Research | 2,84 | 0,667 | 45 | 81 |
| Gender and Society | 1,595 | 1,956 | 29 | 41 |
| Journal of Sex research | 1,182 | 2,695 | 35 | 47 |
| Gender and Education | 0,593 | 0,841 | 20 | 28 |

2.1.2 Definición de un protocolo de revisión

2.1.2.1 Definición de los criterios de inclusión y exclusión de revistas especializadas

Con el propósito de lograr los fines de la investigación, es necesario establecer criterios para la selección de los artículos

relacionados con nuestros objetivos y preguntas de investigación planteadas [13].

Los criterios de inclusión han sido:

1. Artículos exclusivamente focalizados en la enseñanza de pensamiento computacional y metodología con perspectiva de género o íntimamente relacionados con estas temáticas
2. Estudios publicados desde el año 2009 hasta la actualidad, año 2016
3. Estudios centrados en las etapas educativas de infantil y primaria
4. Artículos referentes a lenguajes y herramientas de programación para la enseñanza del pensamiento computacional.
5. Artículos accesibles.
6. Artículos revisados por pares.

Los criterios de exclusión han sido:

1. Artículos que no se relacionan con el contexto de estudio
2. Publicaciones que no sean catalogadas como artículos científicos: editoriales, revisiones de libros, informes técnicos, *data set*.
3. Estudios anteriores al año 2009.
4. Estudios que se centran en etapas superiores a infantil y/o primaria.
5. Artículos no accesibles.

2.1.2.2 Preparación de datos susceptibles de análisis

Haciendo referencia a la cantidad de artículos que se han obtenido siguiendo las combinaciones terminológicas anteriormente expuestas es de un total de 84 resultados. En el transcurso del estudio y siguiendo los patrones de inclusión y exclusión teniendo en cuenta los patrones anteriormente señalados en el apartado anterior 2.1.2.1 de este artículo se fueron reduciendo a 39, 30 hasta llegar al resultado final correspondiente a 24 artículos disponibles en línea que servirán para responder las preguntas de investigación planteadas en este artículo y dar cuerpo al mismo.

3. RESULTADOS

En esta sección, se resumen los resultados de los trabajos seleccionados para esta revisión con respecto a las preguntas de investigación citadas anteriormente en este artículo:

1. ¿Qué estudios y políticas educativas se están aplicando para el desarrollo del pensamiento computacional?

Desde hace unos años, han surgido muchos estudios nacionales e internacionales que evalúan competencias y habilidades de diversas áreas, entre ellas, las que están relacionadas con la informática [17]. A su vez, se han aprobado diversas normativas en España y en el resto del mundo sobre la enseñanza de la programación.

A nivel nacional, en la Comunidad de Madrid ha arrancado en 2015 una nueva asignatura llamada *Tecnología, Programación y Robótica* aunque se enfoca sólo en los primeros cursos de la educación secundaria Obligatoria. También, desde el año 2014, Navarra integra la programación en primaria como una herramienta transversal a materias como las matemáticas.

Cataluña, Andalucía, Galicia, Ceuta y Melilla están en proceso de transformar a su profesorado en esta dirección.

A nivel europeo Reino Unido, ha planteado una asignatura llamada *Computing*. Se pretende que los ciudadanos y ciudadanas sean activos en el mundo digital y, para ello, enseñan una serie de habilidades desde las etapas de educación primaria y educación secundaria. Francia es otro de los países que ha comenzado a introducir la programación en el currículo educativo. En Alemania, hay tres regiones que enseñan a programar desde primaria: Saxonia, Mecklenburg-Western Pomerania y, especialmente, Bavaria. En el año 2012, Estonia comenzó a introducir a su alumnado en programación con el proyecto ProgeTiger de forma experimental, y a partir de 2013, se puso disponible para todas las escuelas. En el caso de Finlandia, será obligatorio que todos los alumnos de primaria aprendan a programar a partir del curso 2016/17.

A nivel internacional, Australia comenzó a enseñar programación a partir del quinto grado de educación primaria. Estados Unidos no cuenta con esta disciplina en su currículo escolar pero, en concreto Chicago y Nueva York, han generado escuelas Q2L *Quest to Learn*. Tienen la visión de que el pensamiento computacional no debería estar limitado dentro de una asignatura de un currículo, sino implícita en todas las áreas. Hay que destacar que en Estados Unidos ha tenido mucha repercusión el movimiento code.org y muchos seguidores pretenden que la informática se establezca como una materia principal más de la enseñanza. Canadá es el país que mejores puntuaciones ha obtenido en este tipo de educación, pues existe una sección en el currículo educativo de la provincia de Ontario destinada exclusivamente a la informática, denominada *Computer Studies*. Es seguido por Israel donde existe desde hace años un currículo ministerial para secundaria realizado por expertos en el que se muestran cursos de informática optativos. Japón también un buen lugar en este informe ya que tiene una asignatura obligatoria en secundaria denominada *Estudio de la Información* que propone el desarrollo de competencias relacionadas con la resolución de problemas y el logro de una ciudadanía digital [18]. Singapur tiene intención de introducir la impresión 3D y la programación en el currículo de sus escuelas públicas, donde ya están disponibles como actividades extraescolares. Además, se destaca la existencia de iniciativas de fomento del desarrollo del pensamiento computacional por parte de países como Argentina, Colombia, China, pero aún no se han hecho oficiales.

2. ¿Existen metodologías diseñadas específicamente para la enseñanza del pensamiento computacional con niños de entre 3-9 años?

Existen muy pocas metodologías que se relacionan con la enseñanza del pensamiento computacional. Una de ellas es Childprogramming [10], un modelo para la enseñanza de la programación de software en niños y niñas a través de estrategias colaborativas de impacto social implementado por el grupo de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Software IDIS perteneciente a la Facultad de Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca, para ser puesto en marcha en las instituciones educativas con el fin de impulsar la formación en este área desde edades tempranas en la escuela primaria y la reducción de la brecha de conocimiento a través del aprovechamiento de la tecnología en las instituciones.

La metodología de ChildProgramming [10] está centrada en el marco de trabajo propuesto por Scrum [19], XP [20] y Lean [21]. Esta forma de trabajo plantea, además, que estas prácticas las puedan desarrollar de forma divertida, como un juego para que los

niños y las niñas logren asimilar mejor los conceptos que se den dentro del proceso. Se basa en 3 componentes principales: lúdico, ágil y colaborativo (Figura 1).



Figura 1. Principales componentes conceptuales de la metodología Childprogramming.

Existe un enfoque de enseñanza de habilidades de pensamiento computacional llamado CTArcade [22] que presta gran atención al juego como motor de aprendizaje. Se basa en tres objetivos principales: Integrar el conocimiento tácito dentro de la interfaz de juego, ir de un pensamiento concreto a un pensamiento abstracto y reducir la carga cognitiva y la atención dividida. Por último, destacaremos los trabajos de la profesora Marina Bers del Kinderlab Robotics, co-creadora del lenguaje Scratch Jr. y del Kibo Robot (Figura 2), quien trabaja en el desarrollo de la enseñanza de la programación para la etapa de infantil, con metodologías innovadoras basadas en interfaces tangibles, la creatividad y la ingeniería [23, 24, 25].



Figura 2. Guía didáctica con actividades para enseñar robótica en la etapa de infantil del KinderLab [26]

3. ¿Las citadas metodologías incorporan la perspectiva de género?

Mediante el desarrollo de esta revisión hemos podido comprobar que ninguna de las pocas metodologías existentes que están

relacionadas con la enseñanza del pensamiento computacional, incorporan una perspectiva de género.

Es cierto que se utilizan mucho las metodologías de aprendizaje cooperativo asistido por ordenador o Computer Supported Cooperative Learning (CSCL) y/o el aprendizaje basado en problemas también llamado Problem Based Learning (PBL), además del aprendizaje cooperativo como forma de atender y fomentar la equidad de género [18], pero ninguna de las encontradas se relaciona directamente con el objeto de estudio.

A su vez, se han encontrado diversas estrategias que aumentan el acceso y participación de niños y niñas en la educación computacional. Se trata de la enseñanza de la computación a través de la UDL Framework [19]. Este tipo de enseñanza se corresponde con un marco de planificación de alumnos y alumnas que se centra, principalmente, en fomentar el aprendizaje desde un enfoque de atención a la diversidad. Los principios por los que se rigen son:

- Principio 1. Hacer hincapié en que los maestros y maestras deben presentar en el proceso de enseñanza múltiples formas didácticas para que los y las estudiantes puedan acceder a la información.
- Principio 2. Establecer múltiples métodos para permitir a los y las estudiantes expresar lo que han comprendido.
- Principio 3. Afirmación de que los maestros y maestras deben incluir múltiples opciones para involucrar a los estudiantes.

4. ¿Cuáles son los lenguajes de programación y herramientas de programación más utilizados para enseñar a programar a niños y niñas de las etapas de infantil y/o primaria?

Para responder esta pregunta, no se seguirán estrictamente los artículos seleccionados para la revisión sistemática, dado que, muchos de estos lenguajes o herramientas no han aparecido tratados por la academia de forma estricta, pero creemos que es importante hacer referencia a aquellos lenguajes y herramientas más utilizados en la actualidad para la enseñanza de la programación en las escuelas.

Haciendo referencia a los lenguajes de programación, existen varios pero el lenguaje de programación más utilizado es Scratch [29]. Scratch es un entorno de aprendizaje de lenguaje de programación que se puede utilizar en modo online y de forma simple y eficiente. Fue creada por el laboratorio MediaLab del MIT y está basada en el lenguaje de programación Logo. Este último fue creado por Seymour Papert y se basa en un lenguaje de programación que permite a los niños y niñas usar los ordenadores para crear juegos, componer música o realizar recursos gráficos y dibujos [30]. Otro lenguaje de programación muy utilizado es Blockly [31] que pertenece a Google. Es un entorno gráfico experimental en línea. Los usuarios y usuarias pueden arrastrar los bloques juntos para construir una aplicación sin necesidad de usar el teclado.

Lego Wedo es una herramienta fácil y divertida para iniciarse en la robótica y la programación, ideal para fomentar el aprendizaje colaborativo, aprender disciplinas paralelas a la tecnología, matemáticas, arte, etc. Además de aprender a superar retos investigando posibles soluciones por sí mismo [32]. También existe Lego Mindstorms que es una línea de juguetes de robótica para niños y niñas fabricado por la empresa LEGO, que posee elementos básicos de las teorías robóticas, como la unión de piezas y la programación de acciones en forma interactiva [33]. También existen otros como Alice que se trata de un entorno de programación 3D centrado en la creación de animaciones y la

narración de historias centrándose en los conceptos relacionados con la programación.

Asimismo, podemos encontrar sitios web como Khan Academy [34] que muestra fundamentos básicos de programación a través de modelos avanzados como Java Script, HTML y CSS incluyendo dibujos, juegos y simulaciones. Además contiene contenido acerca de ciencias de la computación. Otro es CS Unplugged, es un conjunto de actividades de aprendizaje gratuito que enseñan Ciencias de la Computación de acoplamiento a través de juegos y rompe cabezas que utilizan tarjetas, cuerdas, lápices de colores, etc. [35].

También existe Code.org [36] es una organización sin fines de lucro que lanzó una campaña para estimular la enseñanza de programación. Utiliza actividades que enseñan a los y las estudiantes conceptos de informática tales como números binarios, algoritmos y la comprensión de datos a través de juegos de cartas, cuerdas, vasos y otros objetos manuales.

5. ¿Existen diferencias de género entre niños y niñas cuando trabajan informática?

Mediante esta revisión se ha podido comprobar que los chicos utilizan más los ordenadores y muestran mayor interés que las chicas por la tecnología, teniendo una gran influencia la cultura que repercute en una mayor inseguridad en el segundo grupo. A la hora de escoger recursos, ellos suelen decantarse por programas prácticos y juegos y ellas por programas relacionados con la informática [37].

Aludiendo a las competencias informacionales y tecnológicas, niños y niñas alcanzan las mismas independientemente de su edad y género, aunque se denota que las féminas necesitan de mayor tiempo de entrenamiento [38].

En relación a las estrategias que utilizan para resolver problemas, las niñas tienden a usar estrategias más concretas como es el caso del modelado y adoptan más algoritmos estándar. Prestando atención a los chicos, tienden a elegir estrategias más abstractas que reflejan mayor comprensión conceptual y, por último, con respecto a la fluidez en el uso de la informática, los niños obtienen mejores puntuaciones [39].

Haciendo referencia a los elementos visuales al trabajar con interfaces, los chicos suelen desarrollar actividades con elementos más sobrios, existe menos interés por la decoración de entornos que en las niñas y utilizan personajes reales y/o masculinizados como policías, bomberos, animales, etc. Sin embargo, las chicas se esmeran más en la presentación de escenarios, predominan más los colores vivos en sus creaciones, utilizan personajes más relacionados con mundos fantásticos, etc. En estos factores influyen, muchas veces, procesos relacionados con la socialización y la educación que reciben desde sus primeros años [40].

6. ¿Se ha publicado algún manual o guía metodológica que diseñe un proceso de enseñanza de pensamiento computacional desde una perspectiva de género?

En la revisión de esta temática no se ha encontrado ningún manual o guía metodológica que diseñe un proceso de enseñanza de pensamiento computacional desde una perspectiva de género. Existen varios artículos que pretenden demostrar cómo enseñar a los niños y niñas como es el caso del artículo *Learn to code, code to learn* [41] pero no llega a desarrollar una metodología específica ni incorpora la perspectiva de género.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Este estudio presenta una revisión de la literatura de publicaciones científicas relacionadas con metodologías para la enseñanza del pensamiento computacional desde una perspectiva de género dirigidas a niños y niñas de entre 3-9 años. Para desarrollar la citada metodología se hace imprescindible la incorporación de recursos, por ello se ha indagado acerca de los lenguajes y las herramientas de programación más utilizadas para enseñar a programar al alumnado de las etapas educativas de infantil y/o primaria y se ha profundizado acerca de las diferencias de género emergentes en el uso de programas informáticos. A su vez, se ha prestado atención a la existencia de estudios y políticas de distintos países que incorporan el desarrollo del pensamiento computacional en sus currículos educativos.

Se ha comprobado que cada vez hay más países que apuestan por la enseñanza del pensamiento computacional y lo incorporan en sus currículos educativos pero aún son minoría. Además se ha visto que existen muy pocas metodologías diseñadas específicamente para la enseñanza del pensamiento computacional en etapas educativas tempranas, algo que sorprende teniendo en cuenta la cantidad tan numerosa que se presenta de lenguajes y herramientas de programación que poseen esta finalidad. Al mismo tiempo, no se ha encontrado ninguna que incorpore la perspectiva de género y tampoco se ha percatado la existencia de un manual o una guía metodológica que diseñe un proceso de estas características, abriéndose una necesidad importante de diseño de una metodología que vaya acompañada de un manual o guía didáctica que pueda ser utilizada, principalmente, por profesorado de educación infantil y primaria y que también sea accesible para padres y madres que deseen enseñar a sus hijos e hijas nociones básicas de programación.

Teniendo en cuenta todo lo citado, a la hora de diseñar cualquier propuesta metodológica desde una perspectiva de género que se dirija a centros educativos, pretendemos aportar algunas sugerencias incidiendo en la importancia de atender al currículo explícito y al currículo oculto. Con respecto al primero, es interesante visibilizar nombres de figuras femeninas y masculinas relevantes en la materia que se imparta, utilizar materiales que incorporen un lenguaje no sexista, realizar agrupamientos mixtos e igualitarios en su práctica real, distribuir los espacios de forma que favorezcan la colaboración entre chicos y chicas garantizando un clima de trabajo con buenas prácticas y efectuar una evaluación libre de sesgos construyendo instrumentos de evaluación que eviten la transmisión de prejuicios. Atendiendo al segundo, se recomienda adoptar una actitud inclusiva evitando la segregación o marginación, fomentar que exista la misma representación tanto de chicos como de chicas en el espacio oral y animando la adquisición de una actitud proactiva por parte del alumnado, principalmente, en las niñas.

Esta revisión de la literatura confirma la existencia de diferencias de género en procesos informáticos entre niños y niñas pero recalca que todos y todas pueden desarrollar habilidades relacionadas con el pensamiento computacional, pues adquieren por igual competencias informacionales. Atender a estas diferencias es fundamental a la hora de llevar a cabo procesos de enseñanza-aprendizaje, ya que conociendo los intereses del alumnado se pueden desarrollar actividades que aumenten su motivación y repercutan en la mejora de los resultados y en un proceso de interiorización y asimilación más significativo.

Con respecto a esta investigación, nos ha abierto puertas para poder seguir trabajando en aspectos relacionados con la enseñanza-aprendizaje de la programación desde una perspectiva

de género, ha dejado clara la necesidad de indagar y crear metodologías y recursos específicos relacionada con estas áreas y a fortalecido la idea de incluir lenguajes de programación en las aulas y las distintas materias. A su vez, consideramos que aporta datos susceptibles de seguir profundizando ya que su abordaje es justificable en otros contextos, siendo solo un eslabón más de una larga cadena con gran proyección de futuro. De este modo, deseamos que dicho estudio preliminar pueda servir de base para posteriores investigaciones sobre el desarrollo del pensamiento computacional.

5. AGRADECIMIENTOS

Deseamos agradecer al Ministerio de Educación, Cultura y Deportes del Gobierno de España por el apoyo financiero recibido a través de su programa de Formación del Profesorado Universitario (FPU), con referencia FPU 14/02177

6. REFERENCIAS

- [1] Sánchez, M. (2010). Cómo realizar una revisión sistemática y meta-análisis. *Aula abierta*, 38 (2), 53-64
- [2] Wing, J.M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49 (3), 33-35
- [3] Espino, E., González, C. (2015). Influencia del Género en el Pensamiento Computacional. In: Proceedings in XVI International Conference on Human Computer Interaction 2015, Sep 7-9, Vilanova i La Geltrú, Spain.
- [4] Yee, S., Hwee, J. (2014). Review on teaching and learning of computational thinking through programming: What is the next for K12? *Computers in Human Behavior*, 41, 51-61
- [5] Maya, I., Pearson, J., Tapia, T., Werhelf, Q., Reese, G. (2015). Supporting all learners in school-wide computational thinking: a cross-case qualitative analysis. *Computers & Education*, 82, 263-279
- [6] Paderewski, P., García, M., Gil, R., González, C., Ortigosa, M., Padilla, N. (2015). Acercando a las mujeres a la Ingeniería: Iniciativas, estrategias que favorecen su inclusión. *XVI Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador, Workshop Engendering Technology (II)*
- [7] Espino, E., González, C. (2015). Estudio sobre diferencias de género en las competencias y las estrategias educativas para el desarrollo del pensamiento computacional. *RED: Revista de Educación a distancia*, 46 (12)
- [8] Wilson, A., Moffat, D. (2010). Evaluating Scratch to introduce younger school children to programming. In Proceedings of the 22nd Annual Psychology of Programming Interest Group (Universidad Carlos III de Madrid, Leganes, Spain)
- [9] Espino, E., González, C. (2016). Educación, Mujeres y Tecnología: Análisis de preferencias formativas según el género. *10^o edición de la Revista I+T+C- Investigación, Tecnología y Ciencia*
- [10] Hurtado, J., Collazos, C., Cruz, T., Rojas, E. (2012). 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 (1). ISSN: 2227-3735.

- [11] Kitchenham, B. (2004) Procedures for Performing Systematic Reviews. *Joint Technical Report*. Keele, UK
- [12] Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R. (2014). Augmented Reality Trends in Education: A systematic review of research and applications. *Educational Technology & Society*, 17 (4), 133-149
- [13] Torres-Carrion, P. (2016). A Systematic Review of Research and Applications for Inclusive Education. Research report. University of La Laguna.
- [14] Torres, L., Orlando, P., Penadés, C. (2006). Metodologías ágiles para el desarrollo de software: eXtreme Programming (XP). *Técnica administrativa*, 5 (26)
- [15] Zapata, M. (2015). Pensamiento Computacional: Una alfabetización digital. Revista de Educación a Distancia (RED), 46 (4). <http://www.um.es/cad/red/46/zapata.pdf>
- [16] Rodríguez, G., Soria, A., Campo, M. (2015). Virtual Scrum: A teaching aid to introduce undergraduate software engineering students to scrum. *Computer Applications in Engineering Education*, 23 (1), 147-156
- [17] Sáez, J., Román, M., Vázquez, E. (2016). Visual programming languages integrated across the curriculum in elementary school: A two year case study using "Scratch" in five schools. *Computers & Education*, 97, 129-141
- [18] Informe Español (2015). Panoramas de la Educación. Indicadores de la OCDE. Instituto Nacional de Evaluación Educativa, Madrid.
- [19] Cockburn, A. *Agile Software Development*. Addison-Wesley, 2002.
- [20] Beck, B. *Extreme Programming Explained: Embrace Change*. AddisonWesley, 1999.
- [21] Mary Poppendieck and Tom Poppendieck. 2003. *Lean Software Development: An Agile Toolkit*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., Boston, MA, USA.
- [22] Yeon, T., Louis, M., Ahn, J., Bederson, B. (2014). CTArcade: Computational thinking with games in school age children. *International Journal of Child Computer Interaction*, 2, 26-33
- [23] Bers, M.U., Flannery, L.P., Kazakoff, E.R., & Sullivan, A. (2014) Computational thinking and tinkering: Exploration of an early childhood robotics curriculum. 72, 145-157.
- [24] Bers, M. U. (2014). Tangible kindergarten: Learning how to program robots in early childhood. In Snieder, C. I. (Ed.), *The Go-To Guide for Engineering Curricula PreK-5: Choosing and using the best instructional materials for your students* (pp. 133-145). Thousand Oaks, CA: Corwin.
- [25] Elkin, M., Sullivan, A., & Bers, M. U. (2014). Implementing a robotics curriculum in an early childhood Montessori classroom. *Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice*, 13, 153-169.
- [26] Guía didáctica de enseñanza de la robótica en infantil del KinderLab. Disponible en: <http://resources.kinderlabrobotics.com/wp-content/uploads/sites/2/2015/10/Kibo-Guide-and-Activities-opt.pdf>
- [27] Sheridan, P., Frankosky, M., Boyer, K. Wiebe, E., Bradford, W., James, C. (2016). Collaboration and Gender Equity in Game-Based Learning for Middle School Computer Science. *Computing in Science & Engineering*, 18, 18-28
- [28] Marino, M. Gotch, C., Israel, M. Vasquez, E. Basham, J. Becht, K. (2014) UDL in the middle school science classroom: Can video games and alternative text heighten engagement and learning for students with learning disabilities?. *Learning Disability Quarterly*, 37, 87-89
- [29] Moreno, J., Robles, G. (2016). Code to learn with Scratch? A systematic literature review. *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, Abu Dhabi, UAE
- [30] Papert, S., Solomon, C. (1971) Twenty things to do with a computer. In E. Soloway and J.C. Sohrer, editors, *Studying the Novice Programmer*. Lawrence Erlbaum Associates, Inc. New Jersey
- [31] Straker, L., Pollock, C., Maslen, B. (2009). Principles for the wise use of computers by children. *Ergonomics*, 61 (11), 1386-1401
- [32] Shaundra, B., Leonard, A., Jörg, A., Babu, S., Gundersen, K., Parmar, D. (2014). *Embodying Computational Thinking: Initial Design of an Emerging Technological Learning Tool*, 20 (1), 79-84
- [33] Huang, W., Deng, Z., Dong, R. (2009). Programming courses teaching method for ability enhancement of computational thinking. *International Association of Computer Science and Information Technology- Spring Conference*, 182-185
- [34] Murphy, R., Gallagher, L., Krumm, A. E., Mislevy, J., & Hafter, A. (2014). Research on the use of Khan Academy in schools: Research brief.
- [35] Bell, T., Alexander, J., Freeman, I., & Grimley, M. (2009). Computer science unplugged: School students doing real computing without computers. *The New Zealand Journal of Applied Computing and Information Technology*, 13(1), 20-29.
- [36] Kalelioglu, F. (2015). A new way of teaching programming skills to K12 students: Code.org. *Computers in Human Behavior*, 52, 200-210
- [37] Golumbia, D. (2013). Computation, Gender and Human Thinking. *Differences: A Journal of Feminist Cultural Studies*, 14 (2), 27-48
- [38] Atmatzidou, S., Demetriadis, S. (2016). Advancing student's computational thinking skills through educational robotics: A study on age and gender relevant differences. *Robotics and Autonomous Systems*, 75, 661-670
- [39] Fennema, E., Carpenter, T., Jacobs, V. (2016). A longitudinal study of gender differences in young children's mathematical thinking. *Educational Researcher*, 27 (5), 6-11
- [40] Horwath, I., Waltraut, E. (2014). *Gender in Science and Technology. Interdisciplinary approaches*. Gender Studies, Verlag, Bielefeld
- [41] Resnick, M. (2013). Learn to code, code to learn. How programming prepares kids for more than math. *EdSurge*, 8.

Inclusión de la Perspectiva de Género En los Entornos del Diseño y las Tecnologías de la Información

Ana M. González Ramos
Universitat Oberta de Catalunya
Parque Mediterráneo de la Tecnología
08860 Barcelona (España)
034934505265
agonzalezram@uoc.edu

Teresa Rojas-Rajs
Investigadora – Desarrolladora
Béjar 66
08014 Barcelona (España)
03934316311
trojas2010@gmail.com

RESUMEN

La inclusión de las mujeres en las Tecnologías de la Información es un reto para la economía del futuro. Aunque las mujeres conforman la mitad de la población, la mayoría de los diseñadores y tecnólogos son hombres influyendo decisivamente en la metodología y objetivos de los productos tecnológicos. Los entornos dominados por los hombres implican desventajas para las mujeres, quienes usualmente adoptan una perspectiva masculina al trabajar en la tecnología. El presente artículo se centra en algunos ejemplos pasados y presentes que explican por qué la tecnología debería adoptar una perspectiva de género que influya en los diseños y su contenido. Además, examinamos cómo los ambientes poco amigables impactan en las personas y los procesos de innovación tecnológica.

Por favor considere que la presente versión es un resumen, y que si desea más detalle y referencias deberá referirse al artículo completo.

Palabras clave

Inclusión de género; discriminación; ambientes amigables.

Palabras claves de clasificación para ACM

H5: Information interfaces and presentation: Misceláneas. K.4.0: Computación y Sociedad: General. K.7.1: La profesión de la computación- Ocupaciones - K.7.4: Ética Profesional.

Términos Generales

Teoría

1. DISEÑO NEUTRO

Aunque en los últimos años se han incorporado más mujeres a las áreas de ciencia y tecnología, en los 28 estados miembros de la Unión Europea, en 2012 representaban sólo el 28% de los graduados de doctorado en ingeniería, por tanto, los hombres exceden la proporción de mujeres científicas e ingenieras en 1,3 puntos porcentuales.

Ello dificulta la participación de las mujeres en la toma de decisiones sobre el diseño en las tecnologías [1, 2, 3] y mantiene el número reducido en un ambiente hostil predominantemente masculino [4, 5, 6]. A continuación, presentaremos ejemplos donde las necesidades de las mujeres son ignoradas porque sólo se considera un modelo de usuario único supuestamente neutral y

también ejemplos donde las mujeres han creado diseños óptimos que mejoran los puntos de vista originales.

Aunque la tecnología y la sociedad se construyen mutuamente [7, 8, 9, 10], las innovaciones tecnológicas se consideran neutras, sin género. Esto lleva a ignorar el género también a nivel de necesidades del usuario. Mención aparte merece la “industria rosa”, que simplemente colorea de rosa pálido los dispositivos tecnológicos con el fin de compensar la supuesta “tecnofobia” femenina.

La inclusión de mujeres como diseñadoras puede corregir estos problemas. El género es una categoría que influye tanto la pregunta a investigar, como el diseño y la solución final. Ejemplos de ello son: el diseño de tres puntos de soporte en los cinturones de seguridad para las mujeres embarazadas; o aplicaciones que velan por la seguridad de las usuarias o identifican casos de acoso tecnológico (“cyberbullying”).

Los métodos de diseño e investigación participativos [11, 12, 13, 14] persiguen incluir la comunidad, los usuarios, los investigadores y las organizaciones en la construcción de la tecnología, incluyendo diferentes perspectivas en el proceso de innovación.

2. MUJERES EN ENTORNOS POCO AMIGABLE

De acuerdo a la Comisión de Igualdad y Derechos Humanos [15], hay cuatro tipos de discriminación sexual: directa, indirecta, acoso y victimización. Un ejemplo claro de discriminación directa es la brecha salarial; las discriminaciones indirectas son más sutiles, por ejemplo, cuando las mujeres ocupan categorías laborales peor pagadas en las compañías; el acoso incluye abuso verbal, insinuaciones y contacto físico no deseado. Finalmente, las mujeres son objeto de victimización cuando son discriminadas por quejarse o denunciar casos de discriminación sexual [16].

A pesar de la legislación vigente, estas situaciones son comunes en los lugares de trabajo, especialmente en aquellas dominados por los hombres. Por ejemplo, en “Elephant in the Valley” [17] se analizaron las respuestas de 200 mujeres en el sector tecnológico, y el 65% reportaba insinuaciones sexuales no deseados de sus superiores. Laurie Penny reclama contra la utopía de equidad de género en Internet [18]. La realidad es que las mujeres son tratadas igualmente sólo si se esconden detrás de un apodo, el Ciberespacio

acoge a una programadora sólo cuando los compañeros hombres desconocen su sexo. El lenguaje sexista y las "micro agresiones" se mantienen en los contenidos de los sitios web. Por lo tanto, en el proceso de socialización la identidad femenina se borra, se disfraza, se diluye en una hegemonía supuestamente neutral que realmente es únicamente masculina.

3. CONCLUSIONES

Este trabajo trata el círculo vicioso que opera en el contexto contemporáneo de las tecnologías. Las ideas estereotipadas desaniman a las mujeres para convertirse en programadoras e ingenieras. El bajo número de mujeres decrece aún más en la industria de alta tecnología. La falta de mujeres entre los creadores de la tecnología refuerza el dualismo de los roles por géneros e ignora a las mujeres como usuarias finales de la tecnología. Los productos creados para mujeres se reducen a la "industria rosa". El aumento del número de mujeres en la toma de decisiones sobre el diseño y la creación de la tecnología puede transformar esta realidad. Por otra parte, las escasas mujeres que se encuentran en el sector tecnológico se sienten presionadas por la cultura machista que socava la incorporación de pensamientos diversos basados en una perspectiva de género.

La segunda sección de nuestro artículo explora los ambientes poco amigables donde las ingenieras desarrollan sus ideas. Las mujeres enfrentamos diversos tipos de discriminación, algunos implícitos y poco evidentes para terceros, lo que crea situaciones de victimización. La neutralidad de los ambientes tecnológicos esconde una cultura dominada por los hombres, como también se evidencia en el lenguaje sexista y el número de casos de acoso y conductas inapropiadas que sufren las mujeres. Insistir en mantener una identidad femenina es un riesgo en una cultura hegemónicamente masculina.

La presente situación prevé cambios y transformaciones que son un reto para los entornos tecnológicos. Las compañías admiten que deberían incorporarse más mujeres para incentivar la innovación. El aumento del número de mujeres en posiciones de toma de decisiones es una condición necesaria para generar una mayor participación de las mujeres en el diseño y contenido de las tecnologías. Una segunda condición es la incorporación de la diversidad de perspectivas mediante métodos de investigación participativos en los diseños tecnológicos. Finalmente, se necesita un ambiente amigable donde se tome en consideración el género como un factor clave en la tecnología. También es necesario combatir las situaciones de discriminación y micro agresiones de los entornos laborales y en el Ciberespacio.

4. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo pertenece al proyecto GENTALENT, 2014ACUP00013, financiado por la ACUP (Asociación Catalana de Universidades Públicas) y la Fundación La Caixa; también al proyecto GENCPOLIS CSO2014-55556-P financiado por el Ministerio Español de Economía.

5. REFERENCIAS

- [1] Rommes, E., Bos, M. and Geerdink, J. O. 2011. Design and Use of Gender Specific and Stereotypical Toys. *International Journal of Gender, Science and Technology*, 3(1): 184-204.
- [2] Schiebinger, L. 2014. Gendered Innovation: Harnessing the Creative Power of Sex and Gender Analysis to Discover New Ideas and Develop New Technologies. *Triple Helix: A*

Journal of University-Industry-Government Innovation and Entrepreneurship, 1(9): 1-17.

- [3] Sørensen, K. H., Faulkner, W. and Rommes, E. 2011. *Technologies of Inclusion: Gender in the Information Society*. Tapir Academic Press.
- [4] Ayre, M., Mills, J. and Gill, J. 2013. 'Yes, I Do Belong': The Women Who Stay in Engineering. *Engineering studies*, 5 (3): 216-232.
- [5] Cockburn, C. 1983. *Brothers: Male Dominance and Technological Change*. London: Pluto Press.
- [6] Faulkner, W. 2007. Nuts and Bolts and People: Gender-Troubled Engineering Identities. *Social Studies of Science*, 37(3): 331-353.
- [7] Bijker, W. E., Hughes, T. and Trevor, P. (eds.) 1987. *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge: MIT Press.
- [8] Lie, M. 1996. 'Excavating' the Present: The Computer as Gendered Material Culture. *Knowledge and Society* 10: 51-68.
- [9] Lie, M. (Ed.). 2003. *He, She and IT Revisited: New Perspectives on Gender in the Information Society*. Oslo: Gyldendal Akademisk.
- [10] Wajcman, J. 2000. Reflections on gender and technology studies: In what state is the art? *Social Studies of Science* 30, no. 3: 447-464.
- [11] Bergold, J. and Thomas, S. 2012. [Online]. Participatory Research Methods: A Methodological Approach in Motion. *Forum: Qualitative Social Research/Sozialforschung* 13 (1) 30. Available: <http://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/view/1801/3334> [Accessed: 2 May 2016].
- [12] Institute of Development Studies, May 2016 [Online]. Participatory Research Methods. Available: <http://participate2015.org/methods/> [Accessed: 2 May 2016].
- [13] Szebeko, D. and Tan, L. 2010. Co-designing for society. *AMJ* 3, 9, 580-590. DOI: <http://10.4066/AMJ.2010.378>
- [14] Bodker, K., Kensing, F., and Simonsen, J. 2004. *Participatory IT design: Designing for business and workplace realities*. Cambridge, MA, USA: MIT Press.
- [15] Equality and Human Rights Commission, May 2016 [Online]. Available: <http://www.equalityhumanrights.com/vour-rights/equal-rights/sex-discrimination> [Accessed: 2 May 2016].
- [16] Kelan, E. K. 2009. Gender Fatigue: The Ideological Dilemma of Gender Neutrality and Discrimination. *Organisations, Canadian Journal of Administrative Sciences* 26: 197-210.
- [17] Trae Vassallo, Ellen Levy, Michele Madansky, Hillary Mickell, Bennett Porter, Monica Leas, Julie Oberweis, Stanford University, May 2016. [Online]. Available: <http://elephantinthevalley.com/> [Accessed: 2 May 2016].
- [18] Penny, L. 2014. *Unspeakable Things. Sex, Lies and Revolution*. Bloomsbury Publishing

Sensibilización en torno a la brecha digital de género: una experiencia pedagógica

Adriana Gil-Juárez
Universitat Rovira i Virgili
Campus Secelades. Dep. Psicologia.
43007 Tarragona
+34 977 55 82 07
adriana.gil@urv.cat

Joel Feliu i Samuel-Lajeunesse
Universitat Autònoma de Barcelona
Fac. Psicologia. Dep. Psicologia Social
08193 Bellaterra
+34 935 814 502
joel.feliu@uab.cat

Montse Vall-Ilovera
Universitat Oberta de Catalunya
Rambla del Poblenou, 156
08018 Barcelona
+34 326 28 86
mvall-llovera@uoc.edu

ABSTRACT

En este texto describimos una experiencia pedagógica, desarrollada a lo largo de los últimos tres años académicos en el Practicum del Grado de Psicología de la Universitat Oberta de Catalunya. Esta ha consistido en el desarrollo de investigaciones cualitativas sobre las relaciones entre género y tecnología. El trabajo realizado con los y las estudiantes, conjuntamente con nuestro equipo de investigación, se ha mostrado como una forma de intervención adecuada dirigida a la sensibilización de los y las futuras psicólogas sobre la fractura digital de género.

CCS Concepts

•Social and professional topics→User characteristics
→Cultural characteristics; Gender

Keywords

Practicum de investigación; Diseño de intervención; Brecha digital de género.

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de estos últimos años, una gran cantidad de investigación se ha focalizado en analizar la exclusión de las mujeres de los campos de la ciencia y la tecnología. Pero también encontramos, cada vez con más frecuencia, líneas de investigación centradas en identificar los procesos de inclusión de género y sus impactos, indagando en torno a las motivaciones, acciones y factores que ayudaron a la inclusión de las mujeres en los diferentes campos tecnológicos. En este sentido, los resultados de la exploración de cómo el género y las tecnologías se conforman entre sí haciéndose y deshaciéndose, señalando el carácter mutuamente constitutivo del género y las tecnologías de la información y la comunicación [1], nos encaminan al diseño de intervenciones que atiendan y tengan en cuenta dichos resultados, y que nos permitan cambiar la manera en que estamos interviniendo en la “brecha digital de género”. Dichas intervenciones pueden llevarse a distintos niveles y en distintas áreas (cultural, social, educativa), y es en una de ellas, la educativa, y más en concreto en la educación superior, en donde hemos focalizado nuestros esfuerzos como grupo de

investigación.

En este artículo presentamos nuestra experiencia pedagógica con los y las estudiantes de las dos asignaturas de Practicum de investigación del Grado en Psicología de la Universitat Oberta de Catalunya (UOC) del curso 2010-2011 al curso 2015-2016. Debe destacarse que se trata de una asignatura realizada de forma no-presencial usando las herramientas del campus virtual de la universidad.

El trabajo que desarrollamos conjuntamente con los y las estudiantes del Practicum tiene un triple objetivo:

1. Formar a nuevas psicólogas sensibilizadas con la brecha digital de género.
2. Proporcionarles herramientas de investigación útiles que las introduzca a la problemática y amplíe su conocimiento sobre la misma.
3. Involucrarlas en la investigación en torno a los factores psicosociales implicados en la brecha digital.

Para ello, y en congruencia con la psicología social que se enseña en el Grado de Psicología de la UOC, retomamos las aportaciones del Interaccionismo Simbólico (que las personas nos orientamos hacia las acciones y las cosas por su significado y no por lo que puedan ser) y del construccionismo social (que nuestra subjetividad está construida a través de las relaciones de poder que conforman nuestro momento socio-histórico). De forma más concreta, trabajamos con nuestras estudiantes las aportaciones de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología y el pensamiento feminista [2].

En consecuencia, a nivel metodológico, acompañamos a los y las estudiantes hacia una comprensión de las personas como seres insertos en tramas de significado que ellas mismas han construido [3], y que para conocerlas hay que comprenderlas más que explicarlas. Ello significa generar un conocimiento que sea relacional y afectivo al mismo tiempo: conocer para empatizar, empatizar para ayudar, y ayudar cambiando marcos de comprensión. Para ello, las introducimos en los estudios del discurso y las técnicas cualitativas.

2. LA EXPERIENCIA DEL PRACTICUM DE INVESTIGACIÓN EN GÉNERO Y TECNOLOGÍA

El Practicum de investigación, como asignatura situada al final del Grado en Psicología, tiene por objetivo familiarizar a los estudiantes en el desarrollo y aplicación de un proyecto de investigación; focalizando sus aprendizajes en la adquisición de

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.
Conference '16, September 13–16, 2016, Salamanca, Spain.
Copyright 2010 ACM 1-58113-000-0/00/0010 ...\$15.00.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/12345.67890>

competencias para su diseño y aplicación, así como en el desarrollo de habilidades relacionadas con las estrategias de trabajo para las diferentes etapas del proceso de investigación [4].

Este enfoque, unido a la posibilidad de que las estudiantes se incorporen de *facto* al grupo de investigación, nos ha permitido, a lo largo de sucesivos cursos académicos, desarrollar los objetivos mencionados en la introducción a este artículo, y para los que describimos las acciones llevadas a cabo a continuación.

2.1 Sensibilización (inicial) hacia la brecha digital de género

El plan de estudios del grado de Psicología de la UOC no incorpora la perspectiva de género en ninguna de sus asignaturas, lo cual dificulta, a lo largo del currículum académico de las estudiantes, que puedan generar conocimientos y prácticas en la adquisición de sus aprendizajes en las que el género se encuentre, ya sea de manera implícita o explícita, en ellas.

Por ello, nuestro primer objetivo al incorporar a las estudiantes a nuestro grupo de investigación es el de sensibilizarlas hacia el objeto de estudio a través de lecturas que incorporen la perspectiva de género. Dichas lecturas se basan en artículos y libros de referencia relevantes en la temática, así como también en los resultados de nuestra producción científica (i.e. [2] y [5]). De este modo, favorecemos por un lado que puedan desvelar por sí mismas y también a través del debate con los miembros del equipo de investigación- estereotipos y sesgos que contribuyen a definir prácticas masculinas muy alejadas de las mujeres [6], y por otro su incorporación a la propia dinámica de nuestro trabajo de investigación.

En este sentido, la experiencia nos permite construir conocimiento conjunto, partiendo de la lectura reflexiva y crítica que las estudiantes llevan a cabo y su debate posterior, generándonos nuevas preguntas en torno a los resultados obtenidos en investigaciones previas y actuales.

A modo de ejemplo, reproducimos a continuación algunos fragmentos de las conversaciones que hemos ido manteniendo en los debates que hemos desarrollado, en el aula virtual, con nuestras estudiantes a lo largo de los años (en este caso en relación con la lectura de una de las obras que se les proporciona como marco teórico de referencia, *El tecnofeminismo* [2]¹).

Estudiante A: ¿que entendemos por tecnología? Es un término muy ambiguo y que abarca muchísimos campos y áreas totalmente diferentes. [...] Creo que no se puede generalizar el término y deberíamos analizar las infinitas vertientes de tecnología.

Estudiante B [en respuesta a A]: Yo también me he planteado lo mismo en la lectura, entiendo que tecnología podría hacer referencia hasta al descubrimiento de la rueda. De todas formas, entiendo que se basa más en la relación del término desde el patriarcado (visión bastante estable en el tiempo) y el capitalismo (término más propio de la época moderna). Tal y como comentas, quizá se habría de trabajar la idea desde las TIC, puesto que hay diversos apartados que se focalizan en la era postmoderna y creo que es donde se apoya nuestro trabajo de investigación. De todas formas, la heteronormatividad, el machismo y la visión patriarcal en

base a la tecnología siempre ha quedado latente e incluso de manera más explícita en cualquier libro de historia, reforzando de esta manera los mismos valores.

Respuesta por parte del tutor de Practicum (miembro de nuestro grupo de investigación): *Si, este es un buen apunte [dirigido al estudiante B], tengamos en mente patriarcado y capitalismo y ya puliremos más...Pero retomando lo que comentaba A, [...] y para profundizar en el debate, una definición que suelo hacer de Tecnología cuando me preguntan esto mismo en charlas y congresos, es que Tecnología es la forma de almacenar, circular y compartir la producción simbólica de una sociedad en un momento histórico determinado. Así, la oralidad es una tecnología, la escritura es una tecnología, la imprenta lo es, las TIC lo son... Creo que no sólo hay que definir tecnología, si no tener claro quién define la tecnología, para qué, cuándo y a quien beneficia cada definición en un momento dado. Efectivamente ha corrido tinta para argumentar que "la tecnología" actualmente está definida desde el patriarcado y el capitalismo justamente, y eso excluye a las mujeres del control, diseño y decisión de la tecnología, pero también a más gente...*

Estudiante C: *Analizando las opiniones de la autora sobre la relación de las mujeres con las ingenieras y la ciencia en general, nos habla de la ingeniería y la ciencia como bastión de los hombres, lo cual es cierto en gran medida, pero no veo, o no recuerdo haber leído, que la razón fundamental es que el acceso a la universidad y por lo tanto hacia las profesiones relacionadas con la ciencia, estaba vedada a las mujeres.*

Estudiante B [en respuesta a C]: [...] Tal y como expone el libro, 2 de las variables a tener en cuenta son la posibilidad de acceso a nivel social y la visión de la tecnología como una nueva herramienta que permite, si no cambiar los términos en los que se configura la realidad, sí su significado. Por tanto, se puede encontrar en ello otro camino por el cual, facilitando el acceso, se pueda configurar una realidad más cercana a la igualdad deseada. De esta manera, las variables personales creo que pasan a un segundo plano ya que la primera implicación desde las teorías de ciborg o constructivistas utilizan una visión social.

Respuesta por parte del tutor de Practicum (miembro de nuestro grupo de investigación): [...] *Estamos hablando de un problema cultural muy específico, por lo tanto la política tiene todo que ver, en la producción del problema y por supuesto en su resolución. El hecho de pensar que política y conocimiento científico o cualquier otro conocimiento son ámbitos separados de la vida, es efectivamente un pensamiento politizado, y tamizado de ideología, positivista por ejemplo, igual como dice A que el Tecnofeminismo lo está, pero dentro de las ciencias sociales esto no se considera malo o un problema, sino simplemente lo que es. [...].*

A través de este intercambio de ideas, así como de la discusión del estado del arte sobre lo que queremos investigar, entre nuestras estudiantes y nosotros construimos no solamente el marco de referencia en el que trabajaremos, sino que definimos el problema que nos ocupará, a la vez que identificamos conjuntamente nuevas preguntas, y las respuestas que puedan ofrecer el trabajo empírico que desarrollaremos en el Practicum.

¹ Consideramos que este texto permite dotar a nuestros estudiantes de contexto y argumentos que les ayuden a repensar las relaciones entre tecnología y género desde el punto de vista de que se hallan interconectados y se modifican mutuamente.

2.2 Facilitar herramientas para la investigación

Nuestro interés, en el contexto de investigación que nos ocupa, se centra en conocer “qué dicen las mujeres” y, en consecuencia, “escuchar lo que dicen, lo que dicen que hacen y el sentido que le dan”, por ello, nuestro enfoque metodológico es cualitativo y guiado por los estudios del discurso.

Dado que las estudiantes ya disponen de una formación básica previa en métodos cualitativos y técnicas de recogida de datos y su análisis, nuestro objetivo es el de introducir las mismas en el uso intensivo de las mismas a través del trabajo de campo. En concreto llevan a cabo entrevistas en profundidad. Ello implica: consensuar los criterios de selección de las personas a entrevistar; preparar y acordar el guión de las entrevistas; transcribir las; y analizar las entrevistas a la luz de los conceptos teóricos que hemos tratado, para finalmente, poder transferir los resultados que hemos obtenido a la comunidad científica. En este sentido, las estudiantes en el Practicum, actúan y son miembros investigadores del grupo, y forman parte de la comunicación de los resultados obtenidos.

En la Figura 1 presentamos la organización del desarrollo del trabajo en el aula virtual. Como puede verse en la figura, el aula se estructura de tal modo que permita, por un lado, el debate conceptual (los estudiantes elaboran fichas de lectura a partir de lecturas de referencia que les facilitamos así como otras lecturas relacionadas escogidas por ellos mismos a partir de los criterios que les proporcionamos), y por otro, se crean los espacios de discusión necesarios para trabajar y elaborar finalmente un artículo de investigación para su publicación en una revista científica (en el aula se crean espacios correspondientes a los apartados propios de un artículo científico – justificación y marco teórico, método, resultados, discusión y conclusiones).



Figura 1. Estructura de la organización del Practicum de investigación en Género y Tecnología.

Mediante el asesoramiento y guía de los miembros del grupo de investigación, cada estudiante realiza una entrevista que

transcribe, comparte con el resto de compañeros del aula, y analiza, conjuntamente con el resto de estudiantes, mediante herramientas de trabajo colaborativo virtual. Tanto el guión de la entrevista, como la recogida de información, y los análisis posteriores los llevan a cabo en base al problema y las preguntas que han identificado previamente. A lo largo de estos años, y en consonancia con las líneas de trabajo de nuestro grupo de investigación, el problema y las preguntas de investigación que se han planteado nuestras estudiantes se han centrado en identificar los recorridos y trayectorias de vida de las mujeres en relación con las tecnologías. Así, en los últimos cinco cursos académicos, las estudiantes (15) han realizado entrevistas a mujeres, tecnólogas y no tecnólogas, con el objetivo de conocer sus trayectorias de vida tecnológica.

La codificación de las entrevistas se lleva a cabo de forma cruzada, en tanto que las realizadas por unas estudiantes son codificadas por otras. Ello permite que validen, entre ellas mismas, la codificación que han establecido, sugerir modificaciones, duplicaciones, o la aparición de nuevos códigos no identificados en un primer análisis. De este modo podemos asegurarnos, en la medida de lo posible, que no ha quedado nada que no cupiera en una categoría (o código), al tiempo que detectar elementos emergentes imprevistos (por quedar fuera del guión acordado) y que merecen ser tenidos en consideración por constituir elementos que aportan nuevos datos al objeto de estudio.

Es en este punto del desarrollo del Practicum donde consideramos que la “intervención educativa” dirigida a la concienciación de la inclusión del género en el diseño, desarrollo y uso de la tecnología, se pone más claramente de manifiesto, dado que el análisis en profundidad de las entrevistas permite a las estudiantes aflorar conceptos y categorías de análisis que las lleva a una mejor comprensión de la brecha digital. Asimismo, el proceso de análisis y reflexión en torno a los resultados de las entrevistas, permite a las estudiantes, por un lado acceder a la construcción de las experiencias, opiniones, creencias y emociones de las mujeres en sus relaciones con las TIC, y por otro, identificar aspectos y responder a preguntas tales como, por ejemplo: en qué momento del recorrido vital de las mujeres se produce la fractura digital; cuál es su percepción de distanciamiento o de falta de competencia respecto de la tecnología, y el contenido que le dan las mujeres entrevistadas a esta percepción; o los mecanismos y factores que atribuyen a la construcción de esta percepción personal o de género de desafección por lo tecnológico.

En esta línea, expresiones como: “Quizá si difumináramos las fronteras de género (sin referirse al sexo), también ayudaríamos a eliminar sus brechas”, manifestadas por un estudiante durante los análisis de las entrevistas, en el aula virtual, son indicativas de que a través de su implicación en nuestra investigación sobre género y tecnología estamos interviniendo en la sensibilización en torno a la “brecha digital de género”.

2.3 Implicación en la investigación

De lo dicho hasta aquí se deduce fácilmente que todo ello no sería posible si no involucrásemos a nuestras estudiantes en los distintos proyectos que desarrollamos. Desde que inician la asignatura les damos a conocer nuestros objetivos y proyectos de investigación, tanto los finalizados –de los que les pedimos su lectura y análisis crítico– como los que se encuentran en curso, y compartimos con ellas nuestro enfoque de investigación.

Nuestras estudiantes no solo han compartido nuestra perspectiva, sino que han aportado, con su trabajo e implicación, nuevas preguntas de investigación; recogido y analizado nueva

información para responder a las mismas; y revertido los resultados de la investigación a la comunidad científica. Todo lo cual, se ha traducido en una publicación relacionada con los factores implicados en la opción por una carrera tecnológica [7], y otra en preparación en torno a la relación de las mujeres de ámbitos no especialmente tecnológicos con las tecnologías de la información y la comunicación.

3. CONCLUSIONES

El Practicum de investigación en Género y Tecnología no solo ha contribuido y sigue contribuyendo a generar conocimiento en relación a cómo el género y las tecnologías se conforman entre sí, sino que, además, constituye una forma de intervención que contribuye a formar a nuevas psicólogas sensibilizadas con la fractura digital de género y con herramientas metodológicas para su estudio y análisis. Prueba de ello son algunos de los comentarios, relacionados con sus aprendizajes, que las estudiantes nos han hecho llegar:

Estudiante X: *Aunque desde mi propia experiencia ya conocía temas relacionados con esta investigación, el análisis que hemos hecho me ha permitido ir mucho más allá y constatar una serie de cuestiones que yo sólo "imaginaba". Este tema de la tecnología me toca muy de cerca y los relatos de las entrevistas me han sorprendido y emocionado en muchos casos.*

Estudiante Y: *El tema de la informática concretamente no es que me apasione, pero como estaba entrelazado con el género he disfrutado mucho haciendo el análisis de la cotidianidad, de los discursos que nos definen...*

Estudiante J: *En cuanto a la metodología para mí ha sido un primer contacto con la metodología cualitativa, que aunque con sus pros y sus contras, la verdad, es que hemos podido hacer este estudio con un presupuesto muy reducido y con unos resultados más que aceptables.*

Estudiante K: *[...] este trabajo ha servido para aprender los rudimentos del proceso de investigación, cosa que puede servir para aplicarlo a cualquier tema y que a mí en concreto que ha gustado mucho -revisión de la literatura, fichas, entrevistas cualitativas.*

Además, en sus diálogos durante los debates, expresiones como: "...entendiendo que se basa más en la relación del término desde el patriarcado...y...el capitalismo... (en relación a lo que hace referencia a la tecnología)"; o "...variables a tener en cuenta...la posibilidad de acceso a nivel social y la visión de la tecnología como una nueva herramienta que permite, si no cambiar los términos en los que se configura la realidad, sí su significado..."; nos dan prueba de su concienciación en torno a su proceso de construcción de los significados en relación a la construcción social entre el género y la tecnología, que se ha traducido en sus contribuciones a publicaciones en las que han participado directa o indirectamente [7][5], participando en al avance del conocimiento en este campo.

En este sentido, la valoración positiva de nuestra experiencia, nos lleva a afirmar que las Universidades necesitan incluir en sus planes de estudio y en sus estrategias pedagógicas y políticas de acción la perspectiva de género, favoreciendo así la concienciación de la necesidad de inclusión de las mujeres en los campos tecnológicos, ayudando a disminuir, a su vez, la brecha digital de género.

4. AGRADECIMIENTOS

A todos los estudiantes de Psicología de la UOC que a lo largo de estos años han optado por cursar nuestro Practicum en Género y Tecnología. Agradecemos sus valiosas aportaciones y su generosa implicación en nuestras investigaciones.

5. REFERENCIAS

- [1] Vergés, N. 2014. De las ausencias a las presencias de las mujeres en las TIC. Un acercamiento a sus mecanismos de autoexclusión. En Castaño, C. y Webster, J. (Directoras) (2014). *Género, ciencia y tecnologías de la información*. Barcelona: Editorial Aresta.
- [2] Wacjman, J. 2006. *El tecnofeminismo*. Madrid: Editorial Cátedra.
- [3] Geertz, C. 1992. *La Interpretación de las culturas*. Barcelona: Gedisa.
- [4] Guia de Pràcticum del Grau en Psicologia. Document per a l'estudiant. 2016. http://cv.uoc.edu/estudiant/_resources/docs/secretaria/matricula/tfc/Guia_Practicum_Estudians_Grau_CAT_R20161.pdf.
- [5] Gil-Juárez, A.; Feliu, J.; Vall-llovera, M.; Biglia, B. 2013. *Trayectorias de vida tecnológica y género: factores psicosociales implicados en el acceso a las titulaciones de ingeniería informática*. Disponible en: http://www.inmujer.gob.es/areasTematicas/estudios/estudios/inea2014/docs/Trayectorias_vida_tecnologica_genero.pdf.
- [6] Castaño, C. y Webster, J. 2014. Entender el género en la ciencia y la tecnología. En Castaño, C. y Webster, J. (Directoras) (2014). *Género, ciencia y tecnologías de la información*. Barcelona: Editorial Aresta.
- [7] Sánchez Vadillo, N.; Ortega Esteban, O.; Vall-llovera, M. 2012. Romper la brecha digital de género. Factores implicados en la opción por una carrera tecnológica. *Athenea Digital*, 12, 3 (Nov., 2012), 115-128. DOI=<http://dx.doi.org/10.5565/rev/athenea/v12n3.1133>.

Diferencias de Género en Programas de Informática: Estudio de Caso Colombiano

Beatriz Eugenia Grass Ramírez
Universidad de San Buenaventura
Grupo LIDIS
Cali, Colombia
beagrass@gmail.edu.co

Cesar A. Collazos
Universidad del Cauca
Grupo de Investigación IDIS
Popayán, Colombia
ccollazo@unicauca.edu.co

Carina Soledad González
Universidad de la Laguna
Grupo ITED. Instituto Universitario de
Estudios de las Mujeres (IUEM). España
Canarias, España
cjgonza@ull.edu.es

RESUMEN

El presente artículo analiza la información que se ha recogido a partir de dos grupos focales con las estudiantes en formación como Ingenieras de Sistemas. En él se recogen datos relacionados con su proceso de selección de su carrera y su proceso de formación. Se entrevistaron estudiantes de género femenino entre edades de 16 y 24 años y en todos los semestres de dos Universidades de Cali: Universidad de San Buenaventura y Universidad ICESI. Se identifican elementos y comunes, relacionados con la influencia ejercida por sus padres para tomar la decisión de estudiar su carrera, los juegos poco habituales para las niñas en su infancia y adolescencia, así como las serias dificultades encontradas en los cursos de programación en su proceso de formación como Ingenieras.

Conceptos CCS

Artículo para EnGendering Technology

La clasificación de los trabajos usada por ACM Computing es Social and professional topics-Software engineering education.

Palabras Clave

Género; Mujeres en Ingeniería; selección de Carrera en las mujeres; Diferencia de Género.

1. INTRODUCCIÓN

Desde épocas remotas, siempre que se piensa en ingeniería, se piensa en un área que requiere mucha fortaleza física y mental, y que comúnmente es asumida y liderada por personas del género masculino, sin embargo dentro de estas áreas existe una minoría de personas del género femenino, que desempeña su labor de manera satisfactoria. En el orden mundial las carreras de Ingeniería de Sistemas y carreras afines, reciben una participación de mujeres que alcanza un promedio del 10%.

Este artículo pretende identificar porqué sucede esto, haciendo su foco de estudio en Cali, porqué las mujeres asumen esta profesión como de características masculinas, cuando en la historia, las mujeres que lo han aceptado como proyecto de vida, lo han realizado de manera satisfactoria y han recibido salarios superiores a los que se reciben en otras profesiones que tienen el mercado laboral saturado, cuales elementos han influido para decidirse por su formación como Ingenieras de Sistemas y cuáles han sido las dificultades y estrategias para superar esas dificultades a lo largo de su proceso de formación.

El documento se encuentra organizado de la siguiente manera, en la sección dos se presentan los trabajos relacionados con el tema; la sección tres relaciona el escenario de motivación para

abordar este tema, en la sección cuatro se presenta el estudio de caso, la elección de la estrategia de recolección de datos, la población con la que se trabajó y la metodología usada para la recolección de la información; la sección quinta describe el análisis de los datos relacionados con su proceso de elección de la carrera de Ingeniería de Sistemas y carreras afines. La sección sexta presenta el análisis de su proceso de Formación como Ingenieras de Sistemas y afines, sus dificultades, las estrategias usadas para superarlas. Posteriormente en la última sección, se presentan algunas conclusiones relacionadas con las reflexiones hechas y se proponen trabajos futuros relacionados con el tema de la formación de las mujeres en Ingeniería de Sistemas.

2. TRABAJOS RELACIONADOS

Se han realizado trabajos relacionados con el comportamiento de las mujeres en cursos de Programación de diversas Universidades y países; uno de ellos "Situación de género en la carrera de Ingeniería Informática de la Universidad Nacional y su desempeño en los cursos de programación", de la Universidad Nacional en Costa Rica.[1]

Un trabajo denominado "Computer Programming skill and gender Difference: An Empirical Study", relacionado con el comportamiento y la forma en que aprenden las mujeres, los cursos de programación son trabajos que brindan información de gran importancia.[2]

Existe un trabajo de gran importancia "El Rol del Género dentro del proceso de Aprendizaje Colaborativo".[3] Este trabajo brinda información relacionada con el impacto del trabajo colaborativo en las mujeres.

Estos trabajos realizados, proporcionan información relacionada con los comportamientos de las mujeres en los cursos de Programación; asumiendo que las dificultades se basan solamente en el aprendizaje. El presente trabajo relaciona las razones fundamentales de la selección de las mujeres de sus carreras en Ingeniería de Sistemas y carreras afines, además, se proporciona información de las mayores dificultades a nivel de cursos y/o asignaturas en su malla curricular, las estrategias utilizadas para salir adelante frente a sus dificultades, pero también los cursos en los que han sentido mayor motivación.

3. ESCENARIO DE MOTIVACIÓN

Identificar por qué razones las mujeres no se constituyen un número importante de profesionales en carreras como Ingeniería de Sistemas ha generado múltiples hipótesis, dado que las mujeres desarrollan unas competencias que son requeridas en la industria de Software, y que los hombres no desarrollan de la

misma manera. La decisión de estudiar una carrera de Ingeniería se traduce en la fuerte influencia de sus padres o familiares cercanos para que las mujeres accedan a profesiones y ámbitos que antes estaban destinados, casi exclusivamente, a los hombres. Aun así, la brecha de género sigue proporcionando datos preocupantes: en Estados Unidos, por ejemplo, solo el 14% de los ingenieros que salen cada año de la universidad son mujeres y un porcentaje mucho menor, para las ingenierías afines a los sistemas e informática. En Colombia este porcentaje alcanza máximo el 10% de la población total de Ingenieros de Sistemas, traducido en un déficit importante de ingenieros de esta rama, que lleva a la industria de software a contratar profesionales de otras ingenierías para asumir tareas propias de los Ingenieros de Software.

Se pueden buscar multitud de razones que justifiquen esta disparidad, pero la más importante es, sin duda, la educación [4]. Históricamente las mujeres son educadas para asumir un rol diferente en la sociedad, dando prioridad a profesiones como Psicología, Enfermería, Odontología, Derecho, entre otras. Profesiones que han sido definidas como de servicio a la sociedad, carreras catalogadas más para ser desempeñadas por mujeres. Las carreras de Ingeniería no son las más pensadas para ser asumidas como proyecto de vida de las mujeres, pues socialmente se les ha inculcado que son carreras masculinas.

Se busca identificar las razones que socialmente sesgan a las mujeres para asumir carreras de Ingeniería. Profesiones que son castigadas por una concepción equivocada de la profesión y que ha determinado un déficit de ingenieros, cuando la necesidad de la sociedad en áreas de informática y tecnología obliga a aumentar la población de estos profesionales, teniendo en cuenta los grandes avances en temas de tecnología y el posicionamiento de estas profesiones en la actualidad y a futuro.

4. DEFINICIÓN DE ESTUDIO DE CASO

4.1 Objetivos del Estudio de Caso

Al diseñar el estudio de caso, se propone tener un diagnóstico relacionado con dos aspectos bien definidos:

- Identificar los factores influyentes en las mujeres para la selección de su carrera, específicamente en las Universidades del Suroccidente Colombiano.
- Identificar hallazgos relacionados con el proceso de formación de las estudiantes de los programas de Ingeniería de Sistemas.

Este estudio de caso, se clasifica como exploratorio y Descriptivo. Exploratorio porque se busca enterarse de lo que está sucediendo con las mujeres que toman la decisión de emprender su formación como ingenieras de Sistemas o carreras afines. Y Descriptivo porque detalla a fondo un fenómeno o situación detectada.

4.2 Método de Recolección de Datos

Se propone la aplicación de grupos focales con el grupo de mujeres estudiantes por Universidad, teniendo en cuenta que las poblaciones de mujeres en los programas de Ingeniería de Sistemas son pequeños y este método es pertinente y ajustado al objetivo del estudio de caso. Un grupo focal es un grupo de discusión organizado alrededor de una temática o fenómeno. Los grupos focales otorgan grandes beneficios a la investigación y a la sociedad.

David Morgan define el grupo focal como una técnica de investigación que recolecta información producto de la interacción de un grupo de personas, sobre un tópico determinado por el investigador. Morgan parte del supuesto de que esta sería la esencia de los grupos focales, pues el investigador tiene sumo interés de analizar e interpretar la información obtenida de la interacción del grupo.

Leonard Cargan por su parte, define el focus group “como un proceso sistemático de entrevista para la obtención de información, mediante una entrevista de discusión previamente estructurada por el moderador del grupo”. Se menciona que el grupo focal es un método cualitativo de investigación, que utiliza la discusión grupal como técnica para la recopilación de información, por lo que puede definirse como una discusión cuidadosamente diseñada para obtener percepciones de un grupo de personas, en este caso las estudiantes mujeres de programas de Ingeniería de Sistemas, del suroccidente colombiano, sobre una particular área de interés: en este caso, su proceso de selección de carrera y su proceso de formación como Ingenieras de Sistemas.

Todas las definiciones encontradas tienen un común denominador y es que el estudio de grupo focal sirve para la recopilación de información con base en experiencias personales sobre un tema específico, basado en el intercambio de opiniones en una reunión de personas.

El grupo focal permitirá recoger información cualitativa, pero al hacerse grupo focal en cada Universidad, se podrán determinar tendencias y datos cuantitativos para analizarse, además de que los grupos focales son pequeños, permitiendo un nivel mayor de detalle por participante.

La idea del instrumento es detectar prácticamente los siguientes elementos:

Relacionados con su proceso de elección de carrera

¿Desde su etapa previa a la elección, sintió inclinación por estudiar una carrera de Ingeniería? Explique

¿Qué tipo de juegos jugaba en su época de niñez y adolescencia?

¿Cuáles eran sus juguetes preferidos?

¿En el momento de decidirse por una profesión, qué elementos tuvo en cuenta para inscribirse e iniciar su carrera?

Alguien influyó en la decisión de elección de su carrera?

Relacionados con su Proceso de Formación

¿Cómo ha sido su proceso de formación?

¿Cuáles han sido mayores dificultades encontradas en el proceso de formación como Ingeniera?

¿Qué estrategias ha aplicado para superar sus dificultades?

Actividades de colaboración se consideran estrategias para superar las dificultades?

¿Cuáles son las materias que le causan (causaron) mayores dificultades para entender y aprobar?

¿Cuáles materias han sido más atractivas y causan mayor satisfacción en su proceso de formación como ingeniera?

Este instrumento se aplicó a estudiantes (mujeres) de diferentes semestres y con edades diferentes (datos que se tomaron en el

momento de realizar el grupo focal). Se recogen datos cualitativos, sus sentimientos, su forma de analizar la situación frente a su proceso de formación, pero así mismo, esto permite hacer análisis cuantitativos para determinar tendencias en las respuestas de las mujeres con las que se realizó el grupo focal en las dos Universidades.

4.3 Selección de los Datos

Se propone la aplicación de una entrevista a través de grupos focales en programas de Ingeniería de Sistemas acreditados de alta calidad en Cali y Popayán (para hablar de datos de suroccidente colombiano). Esto proporciona las siguientes Universidades:

- Universidad del Cauca (Universidad Pública)
- Universidad del Valle (Universidad Pública)
- Universidad de San Buenaventura (Universidad Privada)
- Universidad Icesi ((Universidad Privada)
- Universidad Javeriana (Universidad Privada)
- Universidad Autónoma (Universidad Privada).

En este artículo se presenta el análisis recogido de dos Universidades: Universidad Icesi y Universidad de San Buenaventura. En las otras Universidades se está en proceso de ser acordados los espacios de los grupos focales, pero todos con el mismo interés de enriquecer esta temática.

4.4 Consideraciones Éticas

Las estudiantes que hicieron parte del grupo focal, fueron consultadas y todas aprueban mediante consentimiento informado la utilización de sus respuestas para los análisis relacionados con la elección de la carrera y su proceso de formación como Ingenieras de Sistemas y carreras afines.

En las dos Universidades fueron invitadas el 100% de las estudiantes mujeres de Ingeniería de Sistemas, convocadas a través de correo electrónico enviado desde la Dirección Académica de su Programa. En la Universidad de San Buenaventura participan el total de las estudiantes (12) y en la Universidad Icesi el 93% del total (14 estudiantes de 15 que se constituyen el total de mujeres en la carrera).

El 100% de los datos analizados, suman 26 respuestas entre las dos Universidades. Los porcentajes dados en las siguientes secciones, se relacionan con el total de las 26 mujeres que participaron de los grupos focales.

4.5 Análisis de Datos

Se analizan los datos de forma individual y luego se hacen análisis grupales para identificar respuestas, sentimientos y posiciones comunes de las estudiantes de los Programas de Ingeniería de Sistemas y carreras afines, a partir de las grabaciones recogidas en los espacios de los dos grupos focales.

5. ANÁLISIS DE DATOS RELACIONADOS CON SU PROCESO DE SELECCIÓN DE CARRERA

A las mujeres se les preguntó si durante su niñez o adolescencia sintieron inclinación por estudiar una carrera de Ingeniería. En sus respuestas se analizan un porcentaje significativo de respuestas relacionadas con la importancia de sus habilidades con las matemáticas y su interés creciente por las tecnologías que las llevó a decidirse por estudiar su carrera actual. De esta manera el 46% tuvo claridad en decidirse por una carrera de Ingeniería, mientras que el otro 54% pensaba en formarse en otra profesión, como diseño gráfico por habilidades en dibujo, odontología, entre otras. Un número importante de respuestas (38,4%) hacen alusión a la fuerte influencia de adelantar una carrera en Ingeniería por el ejemplo cercano de un familiar exitoso en esta área.

Figura 1. Inclinación hacia el estudio de una carrera en Ingeniería por parte de las estudiantes



Cuando se abordó con las mujeres el tema relacionado con el tipo de juegos que jugaban en su niñez, es sorprendente analizar que el 93% de las mujeres no jugaron los juegos tradicionales de las niñas, no fueron atraídas por las muñecas, peluches o los castillos. Un gran porcentaje de ellas respondieron que sus juegos preferidos eran relacionados con juegos en la calle, con otros amigos y amigos, juegos de mesa como dominó, escalera, cubo rubick, y con juegos en computadores o en consolas de video juegos. Solamente el 7% de ellas manifestó jugar con muñecas y peluches en su niñez.

Figura 2. Juegos de la niñez y adolescencia de las mujeres que estudian Ingeniería de Sistemas



Para la pregunta relacionada con los aspectos que se tuvieron en cuenta para la elección de su carrera, las mujeres respondieron de manera dispersa, algunas hablan de la facilidad durante su época escolar con los números, su atracción por la tecnología y herramientas de cómputo, además por el tema salarial. Otras de ellas manifestaron haberse sometido a pruebas de orientación profesional, sus gustos por mantenerse muchas horas frente al computador, pero un porcentaje importante (46%) manifestó su influencia, sobre todo por parte de su padre para escoger esta

carrera, teniendo en cuenta las oportunidades laborales y los salarios importantes en el momento de egresar como profesionales.

6. ANÁLISIS DE DATOS RELACIONADOS CON SU PROCESO DE FORMACIÓN COMO INGENIERAS DE SISTEMAS

A las estudiantes se les indagó sobre su proceso de formación hasta el momento, es importante hacer énfasis en que dentro de las 26 estudiantes se entrevistaron mujeres de todos los semestres, esto proporciona miradas diferentes. Así por ejemplo, las estudiantes de primer semestre (23% de la población total) no dan una apreciación tan completa como las estudiantes que se acercan a los últimos semestres en su proceso de formación.

Estos fueron los hallazgos relacionados con su proceso de formación:

Se aborda el tema de cómo perciben su proceso de formación, para lo cual el 100% de ellas responde que ha sido un proceso promedio, es decir que si se comparan con sus compañeros hombres, tienen promedios y calificaciones similares, excepto por algunas asignaturas o áreas que se detallan en la siguiente pregunta.

Cuando se les indaga sobre sus mayores dificultades en su proceso de formación el 77% de las estudiantes hace alusión a los cursos relacionados con Programación, el otro 23% no responde al respecto, pues son estudiantes de primer semestre y no han comenzado de manera oficial con sus asignaturas propias de Programación.

Figura 3. Cursos que les causaron mayores Dificultades a las mujeres estudiantes de Ingeniería de Sistemas



Al preguntarles por qué creían que les causaban tantas dificultades estos cursos de programación, que análisis hacían frente a esa situación, ellas consideran que en sus asignaturas del colegio, no recibieron una fundamentación de estos conceptos, por tal razón al llegar a la Universidad, les cuesta mayores dificultades. El 35% no ha recibido ningún tipo de curso en el colegio que le diera unas bases relacionadas con los conceptos de programación. [5] El otro 35% manifiesta haber recibido curso de informática, pero enfocada hacia el aprendizaje de herramientas ofimáticas y algunos conceptos intermedios en Excel para realizar conteos, u otros conceptos básicos, pero para ellas insuficientes para introducirse de manera apropiada a un

curso de Programación. El otro 30% si recibió algunos conceptos iniciales de programación.[6]

Es importante hacer énfasis que no solo el colegio debe proporcionar conocimientos básicos en programación, también sus juegos pueden influir en la apropiación de algunos conceptos que más tarde se formalizan en este tipo de asignaturas.

Figura 4. Conocimientos recibidos en el colegio relacionados con Programación



Así mismo manifiestan que sienten que son asignaturas de difícil comprensión, por ser enseñados sus conceptos de manera teórica, sin explicarle la aplicabilidad y mostrarles ejemplos de la vida real.[1]

En esta pregunta, además, el 15% de las mujeres participantes de los grupos focales manifiestan que se han sentido discriminadas por sus compañeros de género masculino, todas ellas en semestres superiores a sexto semestre.

Cuando se les indagó sobre cuáles estrategias han empleado para superar sus dificultades, las estudiantes respondieron de la siguiente manera: El 54% buscaron ayuda, con sus profesores y/o monitores en los temas no entendidos. El 46% trabajaron con otros compañeros o compañeras para entender el concepto y trabajar en solucionar sus dificultades.[3]

Figura 5. Estrategias para resolver las dificultades presentadas en su proceso de formación



Cuando se les consulta sobre las asignaturas que más han disfrutado y obtenido mejores resultados, ellas responden (cuando van terminando su proceso de formación), las relacionadas con Ingeniería de Software e Ingeniería de Requisitos (en Universidad de San Buenaventura), Gerencia de Proyectos (en Universidad Icesi). Cursos en los que pueden

interrelacionarse de manera más cercana con clientes, donde pueden aprovechar sus habilidades comunicativas para obtener información relacionada con el desarrollo de un Proyecto de Software.[7]

Se les facilita trabajar en equipos, asumiendo un rol asignado, con el que definitivamente se sientan a gusto; de esta manera están dispuestas a aportar más de lo esperado; siempre y cuando en el equipo no se sientan discriminadas y se les valore su trabajo. Esto fue el común denominador en el 100% de las mujeres que participaron en los dos grupos focales. Las mujeres motivadas pueden ser piezas clave en el éxito de un proyecto en equipo.[8]

7. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Para presentar las conclusiones, se abordarán desde las dos temáticas consultadas con las mujeres estudiantes de Ingeniería de Sistemas: su elección de la carrera y su proceso de formación.

Las estudiantes de Ingeniería de Sistemas con las que se realizaron los grupos focales, no jugaron de la misma manera que otras mujeres en su época de niñez y adolescencia. Un muy alto porcentaje de ellas, prefirió jugar en la calle, juegos de mesa y videojuegos en computador o en consolas, juegos que de alguna manera promovieron una educación diferente y una preparación para asumir una profesión en el área de conocimiento en Ingeniería.

Estas mujeres tomaron la decisión de formarse como ingenieras por sentirse preparadas para esta profesión, en sus fundamentos matemáticos y en su gusto por la informática. Pero así mismo, inclinadas por una fuerte influencia para proyectarse como una Ingeniera exitosa, tras ver ejemplos de vida de familiares y amigos cercanos.

Las mujeres identifican las asignaturas de Programación, como las que mayores dificultades les generan en su proceso de su formación como Ingenieras. Todas las estudiantes, independientemente de haber recibido fundamentos en programación o no, definen estos cursos como poco entendibles, de difícil comprensión, por no encontrarle aplicabilidad a problemas de la vida real, no encuentran la significancia, pues no perciben como aplicarlos para ayudarle a la sociedad. Esto se ve traducido en una estrategia no apropiada en la enseñanza de estos cursos.[2]

Ellas identifican que el trabajo se les facilita cuando reciben un acompañamiento personalizado de sus profesores o monitores; o incluso un trabajo en equipo con sus compañeros de curso.

Por último se identifica que los cursos en los que las mujeres pueden asumir un rol claramente definido y que además, disfrutan asumir, mejora el rendimiento y el disfrute del aprendizaje. Cursos como Ingeniería de Software, Ingeniería de Requisitos y Gerencia de Proyectos permiten a la mujer, comprender que su formación como Ingenieras de Sistemas, vale la pena.[9]

Para las mujeres que participaron en el grupo focal, la motivación y ser valoradas al interior de un equipo de trabajo, juega un papel relevante para que la mujer evidencie claramente sus competencias y conocimientos adquiridos en los cursos de su carrera.[10]

Como trabajo futuro, se propone estudiar el comportamiento de las mujeres cuando en los cursos de programación, se usan estrategias de enseñanza innovadoras y que fomenten su motivación y trabajo. Estas pueden ser las estrategias de colaboración y de gamificación, ajustando los conceptos y definiciones de estos cursos, a los problemas de la vida real, en los que pueden ser mejor entendidos, teniendo en cuenta que las estrategias de colaboración se ajustan a las formas en que mejor se desempeñan las mujeres y las que más disfrutaron.[11]

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. J. V.-M. Mag. Sonia Mora-Rivera, Dra. Mayela Coto-Chotto, "Situación de género en la carrera de Ingeniería Informática de la Universidad Nacional y su desempeño en los cursos de programación," 2016.
- [2] Solomon Olalekan, "Computer Programming Skill and Gender Difference: An Empirical Study," *Am. J. Sci. Ind. Res.*, 2015.
- [3] J. Collazos, César; Guerrero, Luis A.; Llana, Mónica; Oetzel, "El rol del género dentro del proceso de aprendizaje colaborativo," *Int. Conf. Nanotechnol. Environ. Eng.*, 2016.
- [4] Marah Villaverde, "De princesa a ingeniera: ayuda a tu hija a desarrollar todo su potencial," 2015. [Online]. Available: http://www.huffingtonpost.es/marah-villaverde/de-princesa-a-ingeniera_b_7266142.html?platform=hootsuite.
- [5] J. Collazos, César; Guerrero, Luis A.; Llana, Mónica; Oetzel, "Gender: An influence in the collaborative work process in computer-mediated communication," in *International Conference on Nanotechnology and Environment Engineering*, 2016.
- [6] H. Yurdugul and P. Aşkar, "Learning Programming, Problem Solving and Gender: A Longitudinal Study," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 83, pp. 605–610, 2013.
- [7] W. W. F. Lau and A. H. K. Yuen, "Gender differences in learning styles: Nurturing a gender and style sensitive computer science classroom," *Australas. J. Educ. Technol.*, vol. 26, no. 7, pp. 1090–1103, 2010.
- [8] W. Doubé and C. Lang, "Gender and stereotypes in motivation to study computer programming for careers in multimedia," *Comput. Sci. Educ.*, vol. 22, no. 1, pp. 63–78, 2012.
- [9] M. Burnett, S. D. Fleming, S. Iqbal, G. Venolia, V. Rajaram, U. Farooq, V. Grigoreanu, and M. Czervinski, "Gender differences and programming environments," *Proc. 2010 ACM-IEEE Int. Symp. Empir. Softw. Eng. Meas. - ESEM '10*, p. 1, 2010.
- [10] M. Burnett, S. D. Fleming, S. Iqbal, G. Venolia, V. Rajaram, U. Farooq, V. Grigoreanu, and M. Czervinski, "Gender Differences and Programming Environments: Across Programming Populations," in *Proceedings of the 2010 ACM-IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement*, 2010, pp. 28:1–28:10.
- [11] N. S. Vadillo, O. O. Esteban, and M. Vall-Llovera, "Romper la brecha digital de género. Factores implicados en la opción por una carrera tecnológica," *Athena Digit.*, vol. 12, no. 3, pp. 115–128, 2012.

Concurso AIPO de Trabajos Fin de Grado y Trabajos Fin de Máster

TankWarVR: juego colaborativo sobre plataforma Oculus Rift

Aurora Macías
E. S. I. Informática (AB), UCLM
auroramo@gmail.com

Elena Navarro
Dep. Sist. Informáticos, UCLM
Elena.Navarro@uclm.es

Miguel A. Teruel
Grupo LoUISE, UCLM
miguel@dsi.uclm.es

RESUMEN

En este documento se resumen los aspectos más destacables del Trabajo Fin de Grado (TFG) denominado "TankWarVR: juego colaborativo sobre plataforma Oculus Rift".

Conceptos CSS

• Human-centered computing → Collaborative and social computing.

Palabras Clave

Sistemas colaborativos (CSCW); Videojuegos; Ingeniería del Software; Realidad Virtual; Interacción Persona Ordenador; Evaluación de sistemas interactivos.

1. INTRODUCCIÓN

El campo multidisciplinar CSCW goza de gran relevancia en la actualidad debido al cambio en la forma en la que los usuarios realizan las tareas. Los sistemas colaborativos o *groupware* [1] que se desarrollan bajo sus directrices dan soporte a tareas colectivas ofreciendo un espacio de trabajo compartido, con información o recursos mantenidos comúnmente, al que se accede mediante una interfaz de grupo. Los tres aspectos clave que condicionan el éxito de estos sistemas híbridos hardware y software son la comunicación, la colaboración (incluyendo la información de *awareness*), y la coordinación. Los videojuegos colaborativos serían un ejemplo de *groupware*.

Los videojuegos constituyen un importante modo de entretenimiento y tienen gran importancia cultural, económica, y social. Además, son objeto de aplicación de tecnologías colaborativas cada vez más vanguardistas [2], [3], incluyendo dispositivos de Realidad Virtual (*Virtual Reality*, VR).

El desarrollo de sistemas colaborativos presenta diversos desafíos de índole tecnológica [1], [4], social [4], de Interacción Persona-Ordenador (IPO) [5], y de Ingeniería del Software (IS) [6], [7]. Esas cuestiones son aún más desafiantes en el caso de los videojuegos colaborativos actuales [3], [8].

En las secciones siguientes se resumen los aspectos más relevantes del trabajo incluyendo la descripción del sistema, las tecnologías de desarrollo utilizadas y la evaluación de la calidad del prototipo.

2. METODOLOGÍA DE TRABAJO

El trabajo se ha llevado a cabo siguiendo la metodología adaptada al desarrollo de videojuegos Game-Scrum [9], reforzando algunos de sus aspectos. La totalidad del trabajo se ha repartido en las fases definidas por dicha metodología como se detalla a continuación. En la fase de *concepto*, además de estudiar y redactar el estado del arte, se definió el concepto del juego. En la fase de *preproducción* se establecieron los objetivos, los requisitos, y el diseño ideal del juego. Además, se decidió qué tecnologías hardware y software se usarían. También se definió la dirección de la fase de producción. En la fase de *producción* se

pobló el *product backlog* con las historias de usuario priorizadas y con su coste estimado (la adición posterior de requisitos no estaba restringida). También se llevó a cabo el desarrollo del prototipo. A continuación, en la fase de *posproducción*, se evaluó la calidad en uso del prototipo implementado de acuerdo a la experiencia de juego, se solucionaron algunas cuestiones de implementación detectadas, y se documentaron las conclusiones finales.

3. TANKWARVR

3.1 Descripción del Sistema

TankWarVR es un juego online colaborativo de disparos en primera persona (*Massively Multiplayer Online Game*, MMOG) especial. Se basa en una guerra entre 2 facciones de tanques cuyo objetivo es la victoria. Cada tanque está dotado de 2 tipos de armamento. En el entorno de juego aparecen distintos potenciadores o *power-ups* capaces de modificar las características y recursos de los tanques que los recojen. Los tanques deben ser operados por 2 jugadores con roles distintos y complementarios: un conductor y un artillero. La comunicación se lleva a cabo por voz entre compañeros de tanque y facción, y mediante un chat textual entre todos los jugadores de la partida.

3.2 Requisitos y Diseño

Los requisitos del sistema se especificaron usando el lenguaje de modelado gráfico CSRML [10] y posteriormente se trazaron a historias de usuario características de las metodologías ágiles.



Figura 1. Cuatro clientes del juego ejecutándose en el mismo equipo. Los clientes de cada uno de los lados comparten el mismo tanque.

Se elaboró un diseño preliminar característico del desarrollo de videojuegos denominado *Documento de Diseño del Juego* (GDD), contemplando secciones como narrativa del juego (historia y caracteres), entorno (ver Figura 1, parte inferior), controles, interfaz, y HUD -*Head-Up Display*- (ver Figura 1, parte superior). Tanto la interfaz como el HUD fueron diseñados para dar soporte a la información de *awareness* de manera adecuada, y ello implicó tener que adoptar un enfoque diégetico para mantener la inmersión.

El diseño detallado se realizó desde el punto de vista de la Ingeniería del Software, elaborando una serie de diagramas utilizando un perfil de UML para especificar la arquitectura del sistema. Esto permitió evitar problemas atribuidos a las metodologías ágiles [11], [12].

3.3 Tecnologías de Desarrollo

Las tecnologías principales que se emplearon en el desarrollo del prototipo son el motor de videojuegos Unity (con C# como lenguaje de programación de las reglas de juego), el framework de red Photon Unity Networking (PUN), y el dispositivo de VR Oculus DK2 (el único de los novedosos dispositivos analizados ya disponible). Además se usaron el entorno de desarrollo Visual Studio y el sistema de soporte a la gestión del ciclo de vida de las aplicaciones basado en "el cloud" Visual Studio Online.

4. EVALUACIÓN

La evaluación de la experiencia de juego ofrecida por el prototipo (ver Figura 2) se llevó a cabo de acuerdo a distintas normas ISO y atendiendo a cuestiones de seguridad y legales.

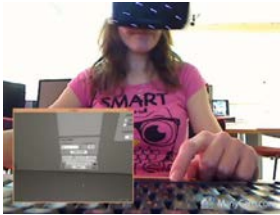


Figura 2. Jugador configurando una nueva partida en TankWarVR usando el dispositivo de VR Oculus DK2.

Los objetivos del subsistema definidos en los requisitos se establecieron como las hipótesis de evaluación, y también coincidían con los indicadores definidos. Se decidió realizar una evaluación con usuarios (participaron un total de 40 jugadores) basado en el cuestionario conocido como GEQ, el cual define una escala de 0 a 4 siendo 4 el mejor valor. Los atributos definidos se corresponden con las dimensiones de la experiencia de juego definidas en publicaciones asociadas al cuestionario [13]. Lo anterior permitió conocer de forma precisa de qué manera influyen los distintos factores en el resultado. Dicho resultado fue satisfactorio, siendo superior al valor umbral 2 para todos los atributos y componentes definidos. La evaluación permitió, además, determinar que el dispositivo de VR (Oculus Rift) impacta en la experiencia de juego, y que la forma de interacción con el sistema y el awareness son claves en la mejora del resultado y cobran mayor relevancia que la estética.

5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

El TFG presentado constituye un análisis de los desafíos asociados a los videojuegos colaborativos actuales enfatizando especialmente los relativos al uso de tecnologías de VR, a la IPO, y a la IS. Además, pone en evidencia que otros videojuegos similares fracasan en los enfoques de inmersión o awareness, o en los paradigmas de interacción que adoptan, y que la evaluación confirmó como cruciales. Las propuestas de trabajo futuro se dividen en mejoras o extensiones del prototipo implementado, y en aportaciones a la IPO y a la IS.

6. AGRADECIMIENTOS

Gracias a Elena Navarro y a Miguel A. Teruel, los directores del trabajo, por su constante e invaluable ayuda.

7. REFERENCIAS

- [1] Ellis CA, Gibbs SJ, and Rein G. Groupware: some issues and experiences. *Commun. ACM* 1991; **34** (1): 39–58. DOI: 10.1145/99977.99987.
- [2] Brown B and Bell M. CSCW at Play: 'There' As a Collaborative Virtual Environment, in *Proceedings of the 2004 ACM conference on Computer supported cooperative work - CSCW '04*, 2004, 350–359.
- [3] Zagal JP, Rick J, and Hsi I. Collaborative games: Lessons learned from board games. *Simulation & Gaming* 2006; **37** (1): 24–40. DOI: 10.1177/1046878105282279.
- [4] Grudin J. Groupware and social dynamics: eight challenges for developers, *Communications of the ACM*, **37**, 92–105, 1994.
- [5] Dyck J, Pinelle D, Brown B, and Gutwin C. Learning from Games: HCI Design Innovations in Entertainment Software. *Graphics Interface* 2003; **2003** 237–246.
- [6] Teruel MA, Navarro E, López-Jaquero V, Montero F, and González P. An empirical evaluation of requirement engineering techniques for collaborative systems, in *15th Annual Conference on Evaluation & Assessment in Software Engineering (EASE'11)*, 2011, 114–123.
- [7] Neale DC, Carroll JM, and Rosson MB. Evaluating Computer-Supported Cooperative Work: Models and Frameworks, in *ACM conference on Computer supported cooperative work (CSCW '04)*, 2004, 112–121.
- [8] Petrillo F, Pimenta M, Trindade F, and Dietrich C. What went wrong? A survey of problems in game development, *Computers in Entertainment*, **7**, 13:1–13:22, 2009.
- [9] Godoy A and Barbosa E. Game-Scrum: An Approach to Agile Game Development, in *Brazilian Symposium on Games and Digital Entertainment - SBGAMES*, 2010, 292–295.
- [10] Teruel MA, Navarro E, López-Jaquero V, Montero F, and González P. CSRML: A Goal-Oriented Approach to Model Requirements for Collaborative Systems, in *Conceptual Modeling - ER 2011*, Springer Berlin Heidelberg, 2011, 33–46.
- [11] Abrahamson P, Babar MA, and Kruchten P. Agility and Architecture: Can They Coexist? *IEEE Software* 2010; **27** (2): 16–22. DOI: 10.1109/MS.2010.36.
- [12] Eberlein A and Leite J. Agile Requirements Definition: A View from Requirements Engineering, in *International Workshop on Time-Constrained Requirements Engineering - TCRE 2002*, 2002, 4–8.
- [13] Ijsselstein W, Hoogen W Van Den, Klimm C, Kort Y de, Lindley C, Mathiak K, Poels K, Ravaja N, Turpeinen M, and Vorderer P. Measuring the Experience of Digital Game Enjoyment, in *Measuring Behavior 2008*, 2008, 88–89.

Implementación y Evaluación de un Entorno Virtual de Interacción de Cuerpo Entero para Promover Comportamientos Sociales en Niños con Autismo

[Resumen]

Ciera Crowell
Universitat Pompeu Fabra
Carrer de Roc Boronat, 138
Barcelona, Spain
ciera.crowell@upf.edu

Joan Mora-Guiard
Universitat Pompeu Fabra
Carrer de Roc Boronat, 138
Barcelona, Spain
joan.mora@upf.edu

Narcís Pares
Universitat Pompeu Fabra
Carrer de Roc Boronat, 138
Barcelona, Spain
narcis.pares@upf.edu

ABSTRACT

Este trabajo ofrece una breve descripción del diseño de interacción y el proceso de evaluación de un entorno virtual a cuerpo entero que fue desarrollado para niños con Trastorno del Espectro Autista. Para crear un entorno de este tipo que pudiera atender a las necesidades especiales de los usuarios, se adaptaron conceptos fundamentales de diseño de interacción hacia las teorías cognitivas para el Autismo y teorías de la cognición encarnada. El proyecto explora las potencialidades del videojuego, un entorno virtual proyectado a gran escala en el suelo, para fomentar la socialización y la colaboración de los usuarios a través de una experiencia lúdica basada en el movimiento. El entorno fue creado integrando el punto de vista de los niños con TEA, psicólogos y la experiencia de los investigadores en diseño de interacción, en un proceso de diseño participativo. En este trabajo se tratará en primer lugar el desarrollo basado en la interacción del entorno virtual para estos usuarios, basado en las teorías cognitivas para el Autismo. Seguidamente, el documento presentará las decisiones finales de diseño de interacción del proyecto, el protocolo experimental y, finalmente, los resultados de los ensayos de laboratorio.

CCS Concepts

•Human-centered computing → *Interface design prototyping*;

Keywords

Trastorno del Espectro Autista, TEA, Entorno virtual, Interacción de cuerpo entero, Diseño de Interacción

1. INTRODUCCIÓN

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for components of this work owned by others than ACM must be honored. Abstracting with credit is permitted. To copy otherwise, or to publish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. Request permissions from permissions@acm.org.

WOODSTOCK '97 El Paso, Texas USA

© 2016 ACM. ISBN 123-4567-24-567/08/06...\$15.00

DOI: 10.475/123.4

En los últimos años, en la investigación que rodea las terapias de intervención para las personas con Trastorno del Espectro Autista, ha habido un creciente interés en la presentación de soluciones basadas en la tecnología, amigable para el usuario, para mejorar la integración con los compañeros y la sociedad en general. Estos proyectos basados en las TIC, pretenden enseñar la comprensión y la adopción de comportamientos sociales de una manera atractiva e interactiva. En este trabajo, se presenta el diseño y ensayo experimental de un proyecto basado en las TIC denominado "Tierras de Niebla". El objetivo principal de este proyecto era crear un sistema interactivo a gran escala, que motivara dinámicas de colaboración positiva en escenarios multiusuario, a través de reforzar positivamente las acciones y los comportamientos deseados.

2. EL USO DE LAS ICT PARA TEA

El Trastorno del Espectro Autista (TEA) es un condición neurológica que afecta a la comunicación social, incluyendo falta de conversación recíproca, mala comunicación no verbal y dificultades para desarrollar y mantener amistades. La característica clave que diferencia el Autismo de condiciones similares en el espectro, es el retraso en el desarrollo del lenguaje, que puede dar lugar a alteraciones en la conversación recíproca y la comunicación verbal y no verbal. Estas dificultades en la comunicación a las que se enfrentan los individuos con TEA, conducen a un aumento de las dificultades en el momento de formar relaciones con compañeros y amigos.

Se ha demostrado que las personas con TEA tienden a disfrutar de tareas basadas en las TIC, lo que las ha convertido en un foco para la intervención para niños con TEA. Cuando se compara con las formas más tradicionales de terapia, la utilización de medios tecnológicos presenta varias ventajas, tales como ser más fácil de configurar, más flexible a cambios en la tecnología disponible, y la capacidad de adaptar el escenario en tiempo real de acuerdo a las necesidades del usuario. En el caso de múltiples usuarios, los entornos virtuales pueden ser diseñados para colocar los usuarios en el mismo espacio físico, lo que permite la comunicación directa entre usuarios.

Dado que las normas y expectativas sociales pueden ser difíciles de entender para los niños con TEA, ya que suelen ser coordinadas a través de la interacción no verbal, la prác-

tica de conductas sociales en una simulación virtual puede ser una manera de reducir la ansiedad, al mismo tiempo que se fomenta la formación de conductas de comportamiento social.

3. TIERRAS DE NIEBLA

Tierras de Niebla es un sistema de interacción de cuerpo entero diseñado para fomentar las habilidades de socialización y de colaboración en niños con TEA de alto funcionamiento. El entorno virtual colaborativo está destinado a dar soporte a la interacción social mediante la creación de escenarios que permitan a los niños con TEA trabajar junto a niños con desarrollo típico hacia un objetivo común. El diseño utiliza un mundo de fantasía cubierto de niebla y poblado de insectos brillantes. Durante el juego, dos niños navegan al unísono para descubrir y capturar los objetos escondidos junto con sus criaturas personalizadas.

3.1 Diseño para formentar la interacción

El objetivo principal del sistema es aproximar a los usuarios y animarlos a actuar en colaboración, inspirando oportunidades para practicar la socialización con un compañero de juego. Sin embargo, como los niños con TEA tienden a preferir las actividades de juego en solitario, Tierras de Niebla ofrece posibilidades de colaboración que los niños pueden explorar a su propio ritmo. Como incentivo para la colaboración, los usuarios podrán ponerse de acuerdo para acercarse a los elementos interactivos, lo que resultará en la revelación de nuevos elementos interactivos del juego, profundizando así el nivel de interactividad y el interés del juego. Esta mentalidad pasiva de colaboración está dirigida a alentar a los niños a expandir sus intereses cuando se sientan cómodos, sin la alienación y sin la colaboración forzada característica de otros proyectos.

En contraste con el diseño de videojuegos para la población neurotípica, los juegos para niños con necesidades especiales deben tener en cuenta la sensibilidad de los usuarios hacia los personajes virtuales, y hacia los estímulos potencialmente atemorizantes o no interpretables. Una forma de asegurar que los juegos son apropiados para los usuarios, es mediante el uso del diseño participativo. Durante las sesiones de diseño participativo que hicimos, se formaron las ideas en relación con el diseño de personajes y sus comportamientos, las mecánicas del juego, y las características ambientales. Además, los personajes y diseño del entorno finales se comentaron con la psicóloga del proyecto, para tener una idea provisional de cómo aceptarían los niños los elementos del juego.

Cada niño tiene una red de mariposas y, a medida que los niños exploran el mundo virtual, ésta hace un seguimiento de su movimiento y marca su ubicación dentro del entorno virtual. Estas redes sirven para mostrar a cada niño que tienen una área activa de movimiento coordinada con la ubicación de su puntero, sin crear fronteras entre el usuario y su campo de búsqueda. A medida que los niños se mueven dentro del escenario, la niebla virtual se abre para revelar una visión del mundo subyacente. Como una medida para evitar la sobrestimulación visual en los niños con TEA, elegimos revelar sólo una pequeña porción del escenario a la vez, por lo que los niños pueden centrarse en los elementos de su campo de visión. Además, el puntero sirve como un objeto para la descarga cognitiva, ampliando así la capacidad de enfoque

a la socialización y la participación en la exploración de la niebla.

El sistema incluye una función de análisis del comportamiento del usuario, que detecta el estilo de juego actual del niño, y adapta en consecuencia el sistema en tiempo real. Como el objetivo del sistema es promover la interacción social, el sistema registra cuando el niño adopta un estilo más pasivo de juego, y crea estímulos orientados a promover que los niños se junten. Además, esta información se puede guardar y puede ser posteriormente extraída para evaluar el comportamiento del niño durante el juego.

3.2 Estudios Experimentales

Para evaluar la eficacia del sistema, planteamos la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo se pueden utilizar las TIC para motivar la interacción social positiva en un entorno interactivo de cuerpo entero entre un niño con TEA y un compañero de desarrollo típico? Creamos tres hipótesis según nuestras suposiciones de cómo se alcanzarían los objetivos:

1. Las tecnologías de interacción de cuerpo entero, en forma de una experiencia lúdica, motivarán a los niños con TEA para jugar en estos entornos virtuales.
2. Estas experiencias interactivas de cuerpo entero aumentará la propensión de cada niño a participar con otras personas.
3. Estas experiencias interactivas de cuerpo entero lograrán actitudes positivas de interacción social entre el niño con TEA y el niño típico durante la experiencia.

En total, 16 niños con TEA fueron reclutados en Barcelona para jugar durante dos meses de experimentos. Cada niño jugó con el sistema durante tres sesiones, de 15 minutos, con una pareja neurotípica seleccionada al azar. Se administraron cuestionarios a los padres de los niños antes y después de cada sesión para observar la respuesta y la actividad de cada niño. Además, mediante la grabación con vídeo y codificación de las sesiones, se extrajo la información utilizada para evaluar el nivel y la complejidad de la interacción social. Por último, el sistema de seguimiento de jugadores mantiene un registro de la ubicación del jugador según la posición del puntero, por lo que la información sobre los patrones de juego estaba disponible para su análisis e interpretación.

4. RESULTADOS

A través de los datos de los cuestionarios, los niños comunicaron una visión cada vez más positiva del juego desde el final de la primera sesión al final de la segunda sesión, lo que demuestra que los niños estaban contentos con el tiempo dedicado a jugar en el sistema. También se observó un aumento significativo en la evaluación de los padres de la actividad y la flexibilidad mostrada por los niños, por lo que podemos entender que los niños con TEA mostraron una disposición positiva a hacia el juego y a participar en la exploración de nuevos elementos del entorno durante las sesiones. Los niños aumentaron significativamente la caza de insectos y la manipulación de elementos ambientales a lo largo de las sesiones, que se corresponde con la percepción de los padres de una mayor actividad por parte de sus hijos. Se observó que el conjunto de socializaciones de los niños con

TEA aumentó significativamente a lo largo de las sesiones. A partir de esto se puede entender que, al mismo tiempo que se familiarizaban con el juego, los niños también se sentían más cómodos para involucrarse con conductas sociales. Como vimos una disminución significativa en la distancia entre los jugadores de la primera a la tercera sesión, entendemos que el juego permite a los jugadores sentirse gradualmente más cómodos para acercarse a su compañero.

5. CONCLUSIONES

Debido a la evaluación positiva de la eficacia del sistema, se ha llegado a la conclusión de que este proyecto tiene potencial para fomentar comportamientos sociales en los niños con TEA. El trabajo futuro incluirá la implementación de este proyecto en un plan de sesiones de terapia de comportamiento cognitivo, para así mejorar el aprendizaje de los conceptos al poderlos poner activamente en práctica. Además, la adaptación de los punteros de juego para recoger datos biométricos podría ayudar también a comprender los estados conductuales y afectivos de los niños durante la experiencia.

Creación de EPUB accesibles desde editores de texto y WYSIWIG

Jordi Roig
Estudiante de la Universitat de Barcelona
c/Melcior de Palau, 140
08010 - Barcelona
+34 934034017
jordi.roig@icloud.com

Mireia Ribera
Universitat de Barcelona
c/Melcior de Palau, 140
08010 - Barcelona
+34 934034017
ribera@ub.edu

ABSTRACT

Este trabajo presenta una evaluación cuantitativa de los resultados de conversión de documentos ofimáticos a EPUB. Como conclusión se observa que los resultados de la conversión no cumplen los estándares y no preservan la información de accesibilidad y que las herramientas llevan retraso en la adopción del nuevo formato EPUB3.

Categories and Subject Descriptors

I.7 Document and text processing, I.7.2 Document preparation, I.7.4 Electronic publishing

General Terms

Documentation

Keywords

Transformación de documentos, EPUB3, Calibre, Sigil, accesibilidad digital

1. INTRODUCCIÓN

EPUB es un formato para codificar documentos electrónicos, no sólo libros sino también revistas, artículos, informes... [1] su versión 3, EPUB3, se ha diseñado teniendo en cuenta que las maneras de acceder a la información son diversas y pueden incluir leer, escuchar, visualizar el texto con letra ampliada, visualizar los vídeos con subtítulos... con una visión inclusiva, pensada para todos los públicos [2], a partir de la experiencia del formato DAISY [16]. La adopción por parte de EPUB3 de los lenguajes HTML5, CSS3, junto a las posibilidades que ofrece JavaScript, permiten a los usuarios acceder a auténticas publicaciones electrónicas multimedia e interactivas. Por lo que respecta a la accesibilidad EPUB3 incorpora la nueva estructura semántica de HTML5 (section, article, aside, nav, etc.) con el añadido de la portabilidad y mecanismos más ricos de navegación, permite la incorporación de audio sincronizado con el texto y las especificaciones recomendadas para los lectores facilitan la personalización de la experiencia lectora por parte de los usuarios con algún tipo de discapacidad.

2. OBJETIVOS

En este trabajo hemos querido revisar si es posible generar un libro EPUB según los estándares y buenas prácticas de accesibilidad a partir de la edición desde una herramienta ofimática con una conversión posterior o con herramientas WYSIWYG sin conocimientos de código.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

Conference '10, Month 1–2, 2010, City, State, Country.
Copyright 2010 ACM 1-58113-000-0/00/0010 ...\$15.00.

3. METODOLOGÍA

Para evaluar la validez de la creación de EPUBs por autores no técnicos en primer lugar hemos hecho una selección de herramientas de autor con una alta adopción, tras ello hemos elegido los elementos a testear y hemos creado un documento para cada uno de ellos con cada una de las herramientas seleccionadas.

3.1 Selección de herramientas de autor

El criterio principal para la elección de las herramientas ha sido su disponibilidad y alta adopción. Así en primera instancia se han seleccionado el editor de texto *MS Word* para la plataforma Windows; el editor de texto *Pages* para la plataforma OS X; y el editor de texto *LibreOffice Writer* disponible tanto en la plataforma Windows, como en OS X como en Linux, y muy extendido en esta última plataforma. Tras revisar diversos foros sobre el tema y con el deseo de dar una visión global finalmente también se ha añadido el editor EPUB *Sigil*, multiplataforma, por ser uno de los pocos editores EPUB dirigido a una audiencia no profesional que cuenta con una interfaz de texto. *Sigil* tiene ahora mismo una alta adopción, aunque seguramente se discontinuará a favor del editor *Calibre* [3] y cuenta además con la ventaja de ser un programa gratuito traducido a muchos idiomas, hecho que lo hace atractivo a una gran masa de la población.

Tabla 1. Herramientas utilizadas

| Editor | Convertor | Versión EPUB | Plataforma testada |
|----------------|----------------------|--------------|--------------------------|
| MS Word 15.0.4 | Daisy 2.5 + Tobi 2.4 | 3 | Windows |
| MS Word 14.4.7 | Calibre 2.20 | 2 | OS X |
| Writer 4.3.5 | W2E 1.1 | 2 | OSX Windows Linux |
| Sigil 0.8.1 | No requiere | 2 | OS X Windows Linux |
| Pages 5.5.2 | No requiere | 2 | OS X |

De los editores de texto mencionados, únicamente *Pages* dispone nativamente de un convertor al formato EPUB. Los demás editores, *MS Word* y *LibreOffice Writer*, para publicar un documento como EPUB deben usar un complemento o usar una herramienta externa. En el caso de *LibreOffice Writer* se ha

seleccionado el complemento *Writer2epub* (W2E) [<http://extensions.openoffice.org/en/project/writer2epub>]. En el caso de *MS Word* se ha seleccionado una herramienta externa, el programa *Calibre* [<http://calibre-ebook.com/>], compatible con Windows y OS X y muy popular [4].

Finalmente para este editor se ha evaluado también la conversión en dos pasos: con el complemento *Save as DAISY* [<http://www.daisy.org/project/save-as-daisy-ms-word-add-in/>] de *MS Word* de Windows y con el programa de edición y autoría de EPUBs *Tobi* [<http://www.daisy.org/project/tobi/>] también de Windows, ambos creados desde la comunidad de accesibilidad [6]. Estas herramientas no se han seleccionado por su adopción sino por su especial atención a la codificación semántica. El complemento *Save as Daisy* convierte el documento de texto al formato Digital Talking Books y el programa *Tobi* convierte éste último al formato EPUB. El resultado de todas las combinaciones citadas, con excepción de *Save as DAISY* y *Tobi*, es un documento en formato EPUB2.

3.2 Juego de pruebas

Para testar la conversión se han establecido unos elementos de contenido del documento básicos y se han creado unos juegos de muestra. En esta investigación no se han analizado elementos estructurales como prefacio, prólogo u otros, ni metadatos. Tampoco se han tenido en cuenta aquellos elementos más propios de documentos técnicos como texto a dos columnas, fórmulas matemáticas o gráficos.

3.2.1 Elementos analizados

Para evaluar la conversión de documentos, se han analizado diversas publicaciones (artículos, documentos docentes...) así como guías de creación de documentos ofimáticos accesibles [5] y se han listado los elementos más comunes: encabezados, imágenes, listas, tablas y metadatos, considerados como elementos básicos; notas, estilos de texto, videos y enlaces considerados como elementos secundarios.

3.3 Evaluación

Para cada contenido de los documentos de muestra, se han creado unos documentos EPUB teóricos según las especificaciones EPUB2 y EPUB3 definidas por el International Digital Publishing Forum.

Los documentos resultantes de la conversión y los documentos EPUB teóricos se han comparado tanto visualmente como a nivel de código para identificar qué atributos se mantenían a través de la conversión. Inspirados por la evaluación de EPUBTest, [<http://epubtest.org/>] hemos asignado un valor a cada uno de los elementos en función de la relevancia de la correcta conversión a la accesibilidad usable del resultado. Es decir, a los elementos considerados principales se les asigna un 15% de la calificación global, mientras que a los secundarios un 5% -a excepción de las notas un 10%-.

4. RESULTADOS

A continuación se detallan los resultados de las comparaciones entre los documentos convertidos reales y los documentos convertidos ideales elemento por elemento.

En la tabla 2 se pueden consultar los valores agregados.

5. CONCLUSIONES

Los resultados muestran que las conversiones de estas herramientas no son aceptables -especialmente en lo que concierne a los criterios de accesibilidad- y hacen inviable la creación de documentos EPUB de calidad por el usuario no técnico. El autor de un documento no conoce de antemano ni recibe ningún tipo de retroacción sobre la calidad de la transformación y las características de accesibilidad introducidas en el documento de origen por norma general se pierden por el camino.

| | Encabezados 15 % | Imágenes 15 % | Listas 15 % | Tablas 15 % | Metadatos 15 % | Notas 10 % | Estilos de texto 5 % | Enlaces 5 % | Videos 5 % | Total 100 % |
|---------------------------|---------------------|------------------|----------------|----------------|-------------------|---------------|-------------------------|----------------|---------------|----------------|
| Pages | 7,5 % | 3,75 % | 0 % | 3,75 % | 7 % | 5 % | 0,7 % | 5 % | 5 % | 37,7 % |
| W2E | 15 % | 0 % | 0 % | 3,75 % | 9 % | 5 % | 5 % | 5 % | 0 % | 42,75 % |
| Sigil | 15 % | 0 % | 15 % | 0 % | 15 % | 10 % | 1,5 % | 5 % | 0 % | 66,5 % |
| Calibre | 15 % | 0 % | 10 % | 3,75 % | 9 % | 10 % | 2,5 % | 5 % | 0 % | 55,25 % |
| Save as DAISY +Tobi | 15 % | 11,25 % | 15 % | 11,25 % | 8 % | 5 % | 1,6 % | 5 % | 0 % | 72,10 % |

7. REFERENCIAS

- [1] CEN, 2008. Document Processing for Accessibility Workshop. CEN/ISSC CWA 15778:2008. CWA 15554. <ftp://ftp.cenorm.be/PUBLIC/CWAs/DPA/accessible-CWA15778-2008-Feb.pdf>
- [2] Garrish, M. 2012. *Accessible EPUB 3: best practices for creating universally usable content*. O'Reilly. <http://shop.oreilly.com/product/0636920025283.do>
- [3] Schember, J. 2014b. Sigil's Spiritual Successor. <http://sigildev.blogspot.com.es/2014/02/sigils-spiritual-successor.html>

- [4] Goyal, K., 2015. "Calibre. Usage statistics" <http://calibre-ebook.com/dynamic/calibre-usage>
- [5] Ribera, M., Pascual Almenara, A., Salse, M., Masip Ardévol, L., Granollers I Saltiveri, T., López González, J.M., Comas I Aleix, A.C. (2010). *Guía de contingut digital accessible*. Universitat de Lleida. <http://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/29018>

V Congreso Español de Informática
Salamanca, 13 al 16 de septiembre, 2016



Congreso promovido por:

