

II CONGRESO INTERNACIONAL TECNOLOGÍA Y TURISMO ACCESIBILIDAD 4.0 PARA TODAS LAS PERSONAS



ORGANIZADOR



COLABORADORES



PATROCINADORES



Contenido

- Descubriendo artistas: Arte y Nuevas tecnologías
Alejandro Bonnet de León, José Luis Saorín Pérez, María de la Rosa Pérez, Carmen Carolina Pérez Méndez y Dámari Melián Díaz
- Context-Aware Personalization: Adding environment awareness to applications integrated in GPII
Andrés Iglesias-Pérez, Colin Clark y Manuel Ortega-Moral
- Sistema de inmersión virtual para desempeño funcional: evaluación en niños con Síndrome de Down
Nicolas Valencia, Dayse Santos, Mariane Souza, Teodiano Freire Bastos y Anselmo Frizera Neto
- Smart Assist: Teleasistencia avanzada e interoperable para todos
Javier Augusto, Manuel Ramos, Modesto Gómez, Sara Rodríguez, Sergio Bello, Estibaliz Ochoa, Mari Satur Torre, Ana Isabel Arroyo, Miguel Rodríguez, Carlos Capataz, Carlos Palau y Matilde Julián
- Lazzus – el Asistente de Movilidad para las Personas con Discapacidad Visual
Francisco Pérez Alonso
- Orientatech: A social technologies orientator
Álvaro Sánchez García y Julián Andújar Pérez
- Diccionario Fácil: Solución Inclusiva y Colaborativa a través de la Tecnología
Ana Gallardo Rayado y Óscar García Muñoz
- Plataforma de Turismo Accesible TUR4all (App y página web)
Tatiana Alemán Selva
- Creación y evaluación de Pictogramas para Señalización
Cristina Larraz Istúriz, Dimas García Moreno y Rosa Regatos Soriano
- A Vision of a Smart City Addressing the Needs of Disabled Citizens
Nataša Rebernik, Alfonso Bahillo, Eneko Osaba y Delfín Montero
- La impresión 3D de modelos táctiles para apoyo del aprendizaje personalizado, abierto, a distancia y su uso combinado con otras herramientas accesibles
Rosa Torregrosa Maciá, Domingo Martínez Maciá, Miguel Molina Sabio, José María Fernández Gil, María Ángeles Lillo Ródenas, Joaquín Silvestre Albero, Isidro Martínez Mira, Eduardo Vilaplana Ortego, Olga Cornejo Navarro, Ángel Berenguer Murcia, Francisco Martínez Ferreras y José María Villar Pérez

- Sistema Versátil de Comunicación para Sordociegos: TactileCom
Alonso Alonso Alonso, Ramón de la Rosa Steinz, Andrea Marín Brezmes y Albano Carrera González
- Actuaciones del Plan Estratégico de Turismo Accesible de la Comunitat Valenciana para facilitar la planificación del viaje
Ada García-Quismondo Cartes
- EmoPLAY: aprendizaje de emociones en niños con Trastorno del Espectro Autista mediante una herramienta informatizada
Jimena Pascual¹, María Saornil, Jaime Menéndez, Sonia García, Pilar Chanca Zardaín, M^a Ángeles Alcedo, Laura E. Gómez, Yolanda Fontanil y Asunción Monsalve
- Propuesta para una silla de ruedas inteligente destinada a complejos turísticos
Leopoldo Acosta, Jonay Toledo, Rafael Arnay, Javier Hernández-Aceituno, Alberto Hamilton, Evelio González, José Ignacio Estévez y José D. Piñeiro
- Robotic system to improve volitional control of movement during gait
Ana Cecilia Villa-Parra, Mario Jimenez, Jessica Lima, Thomaz Botelho, Anselmo Frizera-Neto y Teodiano Freire Bastos
- Sistema para identificar déficit de atención compartida en niños con trastorno del espectro autista a partir de la estimación del foco de atención visual por red de sensores RGB y RGBd
Andrés Alberto Ramírez-Duque, Anselmo Frizera-Neto y Teodiano Freire Bastos
- Canal Fundación ONCE en UNED
Alejandro Rodríguez-Ascaso, Cecile Finat, Miguel Ángel Córdova y Amparo Prior
- Ability Connect. Herramienta para el aula, dirigida a estudiantes con discapacidades diversas, especialmente discapacidades que afectan al aprendizaje
Domingo Martínez Maciá y José María Fernández Gil
- Sistema de comunicación y reconocimiento de señalética en entornos cerrados y abiertos para personas ciegas
Larisa Dunai Dunai, Ismael Lengua Lengua, Guillermo Peris Fajarnés y Beatriz Defez García
- Improving interaction in inclusive mobile collaborative learning tools: Synchronous Chat Applications
Rocío Calvo, Ana Iglesias y Lourdes Moreno

- Módulo de reconocimiento gestual para control de robot en tareas de asistencia
[Edwin D. Oña, David Velasco, Alberto Jardón y Carlos Balaguer](#)
- Turismo Accesible en Vías Verdes Europeas: Vías Verdes para Todos (Greenways4ALL)
[Arantxa Hernández Colorado](#)
- Evolución del turismo para todos: De una accesibilidad de mínimos por derecho a una accesibilidad de excelencia con la personalización. Análisis de ejemplos de adaptación de producto en hoteles.
[Delfín Jiménez Martín](#)
- Bauhaus for all
[Erich Thurner](#)
- Uso de la Actividad Electrodermal de la piel (EDA) junto con Entornos Virtuales Inmersivos (EVI) como medida objetiva para el diagnóstico del TEA en niños
[E. Olmos-Raya, A. Cascales Martinez, J.L. Higuera Trujillo y M. Alcañiz Raya](#)

Descubriendo artistas: Arte y Nuevas tecnologías

Alejandro Bonnet de León

Universidad de La Laguna

Maestro de Taller del Centro Psicopedagógico de San Juan de Dios

alebonle@hotmail.com

José Luis Saorín Pérez

Universidad de La Laguna

jlsaorin@ull.edu.es

María de la Rosa Pérez

Directora Psicopedagógica del Centro Psicopedagógico de San Juan de Dios

Maria.delarosa@sjd.es

Carmen Carolina Pérez Méndez

Coordinadora y Psicóloga del Centro Psicopedagógico de San Juan de Dios

Carolina.Perez@sjd.es

Dámari Melián Díaz

Universidad de La Laguna

damarimd@gmail.com

Resumen

En este artículo se exponen los resultados obtenidos en la primera fase del proyecto Descubriendo Artistas: Arte y Nuevas tecnologías, desarrollado en el centro psicopedagógico de la Orden San Juan de Dios en Tenerife que atiende a usuarios con distintos grados de discapacidad y graves trastornos de conducta, y pretende incorporar las nuevas tecnologías como elemento de apoyo en el aprendizaje, estimulando las capacidades cognitivas (memoria, creatividad, concentración...) y la capacidad psicomotriz de manera lúdica a través del uso de aplicaciones Android digitales en dispositivos con pantallas táctiles de gran formato y tabletas. De esta primera fase de la investigación se desprenden datos positivos que evidencian una mejora tanto en conocimientos, felicidad y creatividad, a pesar de haber transcurrido tan solo veinte sesiones.

Abstract

This article presents the results obtained in the first phase of the project Discovering Artists: Art and New Technologies, developed in the

psychopedagogical center of the San Juan de Dios Order in Tenerife that serves users with different degrees of disability and serious behavior disorders , And aims to incorporate new technologies as an element of support in learning, stimulating cognitive abilities (memory, creativity, concentration ...) and psychomotor ability in a playful way through the use of digital Android applications in devices large-format touch screens and tablets. From this first phase of the research, positive data emerge that show an improvement in knowledge, happiness and creativity, despite the fact that only twenty sessions have elapsed.

1. Introducción

El arte satisface el impulso creativo presente en cada persona; el arte, asimismo ayuda a las personas a desarrollarse mental y físicamente. Su confianza aumenta a medida que van experimentando el éxito en el arte. Las actividades artísticas le brindan a una persona con discapacidad una gama de posibilidades similares a las del juego para enriquecer su mundo, tanto interno como externo, permitiéndole expresar sus fantasías inconscientes y sus emociones [1]. Para el desarrollo de las capacidades creativas y artísticas,

en la actualidad, existe una gran variedad de aplicaciones y tecnologías adaptadas a las necesidades de apoyo especiales.

Es preciso entender el Arte y la Cultura centrado en la persona y en sus capacidades, ofreciendo a la persona con discapacidad la oportunidad de aprender técnicas artísticas a través de su propia experimentación, con el apoyo de las nuevas tecnologías y con el asesoramiento de profesionales expertos. Por otra parte, el proceso creativo ha de verse como un continuo que se nutre de los demás y de la cultura en general, por lo que es necesario disponer de los medios para acercar a dichas personas al patrimonio cultural y artístico, y facilitar que el proceso creativo sea un medio de comunicación y expresión que mejore su integración en el entorno socio comunitario [2]. De igual manera el uso de los nuevos medios tecnológicos como tabletas o pantallas táctiles con conexión a internet, permiten el acceso a contenidos educativos de nueva generación. Sin embargo, uno de los principales escollos con los que nos encontramos a la hora de trabajar con estos medios tecnológicos, es el escaso o nulo conocimiento del uso de estos dispositivos por parte de las personas con discapacidad.

Por ello, en este trabajo desarrollado en el centro psicopedagógico de la Orden de San Juan de Dios en Tenerife, se está buscando que los participantes del taller se familiaricen con este tipo de tecnologías (tabletas digitales, pantallas táctiles y dispositivos de fabricación digital). También se pretende evaluar el impacto en la creatividad, la satisfacción y la felicidad de los participantes, a partir del uso de estos medios.



Imagen 1: Taller de nuevas tecnologías

2. Antecedentes

Desde el año 2009, dentro del marco de actividades programadas del centro, se realiza un taller con grupos reducidos, de elaboración de manualidades. Su principal actividad era la replicación de modelos mediante moldes de silicona en los que se vertían materiales como resinas poliméricas o escayola. Este taller adquiere cada vez

mayor importancia para los usuarios haciéndose necesaria la incorporación de innovaciones.

Por ello, en el año 2015, en el marco de la Convocatoria Autonómica de la Obra Social de la Caixa [3] se presentó un proyecto con el objetivo de promover la autonomía de las personas con discapacidad y se plantea la necesidad de incluir en el proceso de aprendizaje de nuestros usuarios nuevas tecnologías (aula multimedia con pantallas táctiles, tabletas, impresoras 3D...) que favorezcan su desarrollo. Este proyecto está estructurado en dos fases cuya duración estimada es un año. En la primera fase (20 semanas) se utilizan las tecnologías táctiles para familiarizar a los alumnos con estas nuevas tecnologías y en la segunda fase se utilizarán impresoras 3D para crear objetos tridimensionales de diseño propio.

El objetivo general del proyecto es, mediante la realización de talleres basados en nuevas tecnologías, mejorar la calidad de vida de los usuarios del centro a través de la creación artística y la creatividad, promoviendo la expresión de sentimientos y emociones para así favorecer la disminución de los trastornos de conducta, además de contribuir a la inclusión de las personas con discapacidad intelectual, facilitando su accesibilidad al arte y la cultura.

Entre los objetivos específicos se encuentran:

- Incorporar las nuevas tecnologías como elemento de apoyo en el aprendizaje de técnicas artísticas.
- Estimular las capacidades cognitivas (memoria, concentración...) y la capacidad psicomotriz de manera lúdica a través del uso de la tecnología (tabletas, pantallas táctiles, impresoras 3D móviles, etc.).
- Ofrecer a las personas con discapacidad la oportunidad de descubrir toda la gama de posibilidades creativas y estimular sus capacidades artísticas.
- Mejora de la autoestima y de la autopercepción de la felicidad.
- Favorecer la coordinación viso-motora, la atención, la memoria.

Los talleres de nuevas tecnologías propuestos están divididos en dos apartados diferenciados: Adquisición de habilidades básicas para el uso de los medios tecnológicos propuestos y familiarización con aplicaciones bidimensionales, y una segunda parte de creación tridimensional y fabricación digital. En este artículo se describen los talleres realizados en la primera fase del proyecto, relativos al primer apartado, desarrollados durante los primeros seis meses de proyecto.

3. Materiales y Métodos

3.1. Participantes

Estos talleres se llevan a cabo en el Centro Psicopedagógico de la Orden San Juan de Dios en Tenerife que atiende a usuarios con distintos grados de discapacidad intelectual (DI) y graves trastornos de conducta (TC). Para poder impartir dichos talleres de una forma eficiente, inicialmente se han seleccionado a ocho usuarios, divididos en dos grupos de cuatro.

Además de las características asociadas a la DI y los TC de los 8 participantes, 4 presentan dificultades en lectoescritura, 1 presenta problemas de lateralidad y otro padece una discapacidad sensorial auditiva sin aprendizaje de lenguaje alternativo.

3.2. Herramientas de medición

En este trabajo se pretende cuantificar los valores de creatividad, felicidad, motivación y conocimiento. Para ello se han utilizado tres herramientas de medición:

Para determinar la motivación y los conocimientos, se han utilizado cuestionarios que constan de seis preguntas, agrupadas en: Preguntas de conocimientos y preguntas de motivación. Para facilitar la comprensión de las respuestas a las distintas cuestiones, estos cuestionarios se hicieron en base a la escala de Likert de tal manera que 1 es nada de acuerdo y 5 muy de acuerdo.

Para determinar los valores de creatividad, se ha utilizado el Test TAEC, Test de Abreacción para la Evaluación de la Creatividad [4]. Este es un test gráfico-inductivo de complejión de figuras, cuyo objetivo es valorar la creatividad desde diversos ángulos, proponiendo categorías que permitan diferenciar a los sujetos. Los resultados obtenidos por cada usuario se miden en una escala del 1 al 324.

Para determinar el índice de felicidad se ha utilizado el Test PHI (Pemberton Happiness Index), adaptado por la organización Plena Inclusión, en la que los resultados se miden en una escala del 0 al 4.

4. Metodología

En primer lugar, los participantes rellenan un cuestionario para conocer el nivel de conocimiento sobre el uso de los medios tecnológicos propuestos y su nivel de motivación.

De este cuestionario inicial, se desprende que, a pesar que un 87,5% conocía la existencia de los dispositivos táctiles y el 50% había trabajado con anterioridad con algún tipo de dispositivo digital, un 75% de los usuarios no sabía manejar las aplicaciones que tenía en las tabletas gráficas, y al

100% de los usuarios les gustaría disponer de la Tablet para utilizarlas en su tiempo libre.

Por otro lado, en cuanto a su nivel de motivación, aunque el 75% no se encontraba nada o casi nada cómodo utilizando los medios propuestos, entre el 87,5% y el 100% estaban motivados con la posibilidad de aprender a utilizar dichos dispositivos y tenían predisposición a pasarlo bien aprendiendo, creyéndose capaces de realizar las actividades.

Para determinar el nivel de creatividad de los participantes, antes de realizar los talleres, se realiza el test de creatividad TAEC a los grupos de control y experimental. Después de realizar los talleres (cinco meses después) se comprueban los niveles de creatividad con el mismo test.

Por otro lado, los participantes realizaron antes y después de la actividad el test PHI o Pemberton Happiness Index, para comprobar si el uso y aprendizaje con los medios propuestos, ejercía un efecto positivo en su nivel de felicidad. El test tiene como objetivo medir el bienestar a partir de once variables que aluden al llamado “bienestar recordado”, relacionado estrechamente con las emociones, así como otras diez que se refieren al “bienestar vivido”, que hace referencia a esos sucesos ocurridos el día anterior. Estos acontecimientos, pueden influir de manera positiva o negativa a la felicidad de la persona [5].

4.1. Descripción de los talleres

Durante las 20 primeras sesiones de trabajo (20 semanas), se ha procurado que los usuarios del taller aprendan nociones básicas del uso y funcionamiento de los dispositivos digitales táctiles (tabletas Android y pantallas táctiles de gran formato). En el caso de la pantalla táctil de gran formato, se ha tenido que utilizar un emulador de Android para Windows y así poder lanzar las mismas apps que empleamos en las tablets. Para facilitar la visualización de la actividad que se está realizando en la pantalla táctil, también se proyecta la misma imagen en otra de las paredes del aula.

Dentro del catálogo de aplicaciones seleccionadas para esta primera fase del taller, se han de destacar algunos juegos sencillos como puzles y laberintos para que, a la vez que ejercitan habilidades como la capacidad de análisis y síntesis, la coordinación óculo-manual, la visión espacial, la motricidad o el pensamiento lógico y la creatividad, se familiaricen además con los gestos táctiles básicos para el manejo de las tabletas y pantallas táctiles.

Entre las aplicaciones utilizadas destaca: 384 Puzzles for Kids, Maze Puzzle Deluxe, Cubos mágicos, Logic Free, Sketch Book de Autodesk o Castle Blocks entre otras.

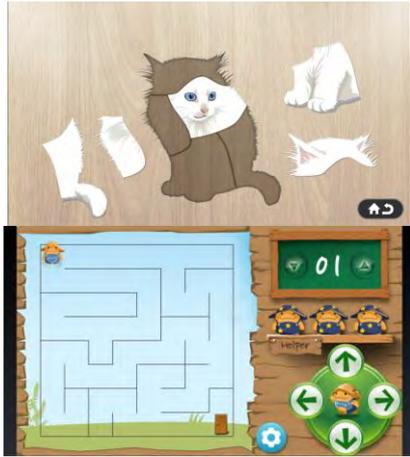


Imagen 2: 384 Puzzles for Kids y Maze Puzzle Deluxe son algunas de las aplicaciones empleadas para adquirir destrezas básicas.

Posteriormente, cuando los usuarios adquirieron las destrezas básicas para interactuar realizando actividades sencillas, pasamos a realizar ejercicios con aplicaciones de mayor complejidad cognitiva como sudokus con imágenes o descubrir las secuencias, actividades que fomentan el razonamiento lógico y la capacidad para resolver problemas con un pensamiento crítico. Algunos de los programas empleados en este caso fueron Logic Free y Castle Blocks.

De igual manera se fueron introduciendo aplicaciones en entornos tridimensionales, como por ejemplo Cubos Mágicos, con el fin de estimular las habilidades espaciales. Esta habilidad está directamente involucrada en la resolución de problemas espaciales, ya sean reales o imaginarios. Así mismo estas actividades nos sirvieron para iniciar a los usuarios en el uso de aplicaciones en entornos tridimensionales.



Imagen 3: Aplicaciones para fomentar el razonamiento lógico y las habilidades espaciales. Logic Free arriba, Cubos Mágicos abajo.

Además, se han trabajado con otro tipo de programas más creativos con el fin de fomentar dicha habilidad, a partir de dibujos y construcción de historias a partir de juegos bidimensionales. Inicialmente se emplearon aplicaciones de dibujo como Autodesk SketchBook y se les pidió que hicieran autorretratos o retratos de personas cercanas con el fin de que el resto de compañeros pudieran identificarlos.

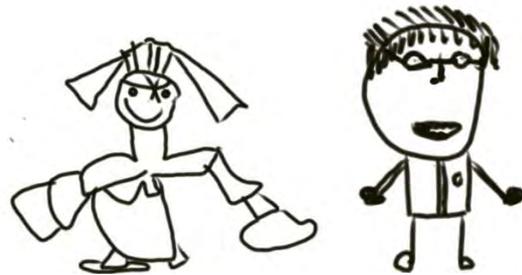


Imagen 4: Autorretratos realizados con SketchBook de Autodesk

También se utilizó la aplicación Castle Blocks, una app para crear construcciones bidimensionales de castillos y fortalezas que además permite generar historias a partir de la propia construcción. Utilizándola, los usuarios del taller creaban espacios imaginarios y contaban la historia que sucedía en ellos.



Imagen 5: Ejercicio realizados con la aplicación Castle Blocks

5. Resultados

Después de los primeras 20 sesiones, que corresponden aproximadamente con la mitad del proyecto se obtienen los primeros resultados. Para valorar los progresos en motivación y conocimiento, se les volvieron a pasar los cuestionarios, de los cuales con los siguientes resultados (ver Tabla 1)

Tabla 1: Resultados del cuestionario de conocimiento y motivación		
Pregunta	(Escala 1-5)	
	Pre	Post
Se utilizar los dispositivos táctiles de forma autónoma	1,75	4,75
Se utilizar la mayoría de aplicaciones	1,62	4,62
Me siento cómodo utilizando los dispositivos táctiles	2,12	4,42
Me gustaría aprender a utilizar nuevas aplicaciones	4,87	4,75
La posibilidad de aprender a hacer cosas nuevas me motiva	4,62	4,75
Lo paso bien aprendiendo	4,87	4,75

Los resultados de creatividad medidos con el test TAEC son los siguientes:

Tabla 2: Resultados del test TAEC			
	Pre-Test (max 324)	Post Test (max 324)	Ganancia
Media	42,37	61,4	19
Desviación estándar	29,86	33,8	3,9

Los resultados del Test PHI, obtenidos tras 20 sesiones son los siguientes:

Tabla 3: Resultados del Test PHI			
	Pre-Test (Max 4)	Post Test (Max 4)	Ganancia
Medias	2,83	3,53	0,7
Desviación estándar	0,34	0,19	0,43

6. Conclusiones

De acuerdo a los cuestionarios, el uso de estas tecnologías ha servido para familiarizar a los usuarios con el funcionamiento básico de las pantallas táctiles. Además, los usuarios, independientemente de su grado de discapacidad, no han tenido problemas a la hora de realizar actividades de lógica o visión espacial.

El 100% de los usuarios ha aprendido a utilizar bien a muy bien las pantallas táctiles, estando de acuerdo en que saben emplear la mayoría de las aplicaciones propuestas, y un 87% ha aprendido a realizar correctamente los ejercicios utilizando dichas aplicaciones. En preguntas sobre motivación, el 100% de los usuarios se sienten cómodos o muy

cómodos utilizando las pantallas táctiles y su nivel de motivación sigue presentando altos valores porcentuales.

6.1. Conclusiones de creatividad a partir del test TAEC

Los valores medios de creatividad del grupo han aumentado en 19 puntos, lo cual nos permite pensar que al final del proyecto se podrán obtener incrementos significativos de la creatividad, teniendo en cuenta, que es en la segunda fase del proyecto, en la que se desarrollarán actividades para estimular la creatividad.

6.2. Conclusiones de felicidad a partir del test PHI

Por otro lado, en cuanto a la felicidad, podemos observar que a esta altura del proyecto los valores obtenidos han aumentado frente a los iniciales en 0,7 puntos sobre 4. Pudiendo concluir que el uso de las tecnologías propuestas ha contribuido a mejorar su índice de felicidad. Sin embargo, habrá de tenerse en cuenta, que estos valores (3,53 sobre 4) permiten poca mejora en el resto del proyecto.

6.3. Observaciones generales

Paralelamente, se están recopilando datos de la incidencia de los trastornos graves de conducta. Los registros de estos trastornos, se obtendrán al final del proyecto, por lo que, al final del proyecto, se podrá determinar si existe mejora en el número de incidencias graves detectadas.

7. Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias a la participación de los usuarios del Centro Psicopedagógico de la Orden San Juan de Dios en Tenerife.

Se agradece la colaboración con la Orden Hospitalaria de San Juan de Dios, así como al personal del Centro Psicopedagógico de la Orden San Juan de Dios en Tenerife. También se agradece la financiación a la Fundación Obra Social La Caixa y a Aguas de Firgas.

También damos las gracias a otros colaboradores que de forma altruista han contribuido en los distintos mercadillos y exposiciones realizadas.

8. Referencias

[1] M. J. Lobato Suero, M. Martinez Pecino and I. Molinos Lara, "El desarrollo de habilidades en las personas con necesidades educativas especiales a

través de la expresión plástica," *Aula Abierta*, pp. 47-70, 2003.

[2] FEAPS Madrid & Fundación Repsol, "Manifiesto de Cultura Inclusiva," Fundación Repsol, Madrid, 2014.

[3] La Caixa, "obrasociallacaixa.org," 2015. [Online]. Available: https://obrasociallacaixa.org/documents/10280/663466/bases+canarias_es.pdf/c2200823-b2f8-4f17-81bc-9816eca93570.

[4] S. De la Torre, Evaluación de la creatividad.: TAEC, un instrumento de apoyo a la Reforma, Madrid: Editorial Escuela Española S.A., 2015.

[5] G. Hervás and C. Vázquez, "Construction and validation of a measure of integrative well-being in seven languages: The Pemberton Happiness Index," *BioMed Central, Health and Quality of Life Outcomes*, 2013.

Context-Aware Personalisation: Adding environment awareness to applications integrated in GPII

Andrés Iglesias-Pérez
ILUNION Tecnología y
Accesibilidad, R&D
Department. Madrid, Spain
aiglesias@consultoría.ilunion.com

Colin Clark
OCAD University. Toronto,
Canada
cclark@ocad.ca

Manuel Ortega-Moral
Madrid, Spain
manuel.mom@gmail.com

Abstract

This paper presents enhancements to the GPII framework featuring context-aware adaptations in order to improve the accessibility of User Interfaces under unfavourable environmental conditions. Applications willing to benefit from this context awareness are not forced to include any new packages as part of its deployment; they just need to integrate with the GPII regularly, editing a few configuration files and occasionally a few lines of code. This has been tested by integrating an existing Android app

Resumen

Este documento presenta mejoras en GPII mediante adaptaciones contextuales orientadas a la accesibilidad de las interfaces de usuario en condiciones ambientales desfavorables. Las aplicaciones que quieran beneficiarse del conocimiento del contexto no están obligadas a incluir nuevas librerías como parte de su despliegue, y solo necesitan integrarse con GPII normalmente, editar algunos archivos de configuración y ocasionalmente algunas líneas de código. El sistema se ha probado mediante la integración en una aplicación Android existente.

Keywords: *Context Awareness - Technologies and services for access to information and communication - Human-Computer Interaction - Assistive technologies*

1. Introduction

Industrial societies tend to replace humans with machines in repetitive or low value-added processes. Trip tickets, ticket validation or tourist information are usually served by machines nowadays. This makes more necessary to adapt the systems to the needs and preferences (NPs) of the users, especially those with disability.

This personalisation might not be feasible for devices subject to casual use or that are not owned by users, e.g.: PC at libraries, Ticket Vending Machines (TVMs) or ATMs, due to restricted permissions for guest users, but also to the overhead users would experiment if they needed to remember configuration procedures for every device they use. In other cases, a single device is shared by a group, like a tablet in a family, where the time spent using the device together makes the personalisation even more appealing [[22]]. If a member of the family has a disability, it is very likely that this device need some Assistive Technology (AT) that can help ones to use the device but makes difficult to use it for the others. In fact, enabling an AT can be a challenge for someone with disability but it is also very difficult for someone without disability to understand the paradigm of use for ATs like screen readers (tap then double-tap to open a menu). As a consequence, sharing a device can be disappointing and does not help to have an inclusive experience causing that some members of the group choose discriminative options like buying more than one device or not adapting the device thus making it impossible to use for the person with a disability. An ideal system would make automatic instant adaptations to the needs and preferences of the current user. However, those settings are optimal in stable surrounding environments. Sudden changes in the environment, e.g.: a lot of noise from an arriving train when buying tickets at the TVM, or a strong backlight when withdrawing money from the ATM in the

afternoon, can make the personalisation not suffice in order to provide accessibility. In those devices users do not have the freedom of carrying the device to an environment with more favourable conditions. Even for the aforementioned tablet-for-the-family scenario it is unpleasant to depend on the physical location of proper ambient conditions to use the device, for instance, the need to stay indoors or under a shadow to use the smartphone on sunny days. The solution then shall produce new adaptations triggered by changes in the environment.

Making all the changes to meet these requirements would be expensive if they were coded from scratch. On the other hand, Free/Libre Open Source Software may interfere in the business model of AT developers, and solutions that require paying more for the framework than what is received for selling the AT would be out of the market. Table 1 summarizes the requirements from the developer point of view (Developer Requirements or DRQ) explained within this paragraph. It also shows the requirements from the user point of view (User Requirements or URQ) as explained in the former paragraphs.

Table 1. User and developer requirements to the system

Requirement ID	Requirement name
URQ1	Personalized to the needs of everyone
URQ2	Usable by everyone
URQ3	Easy to switch on/off ATs
URQ4	No additional costs rather than the paid ATs
URQ5	Context-Aware
DRQ1	Integration - low coding effort
DRQ2	Integration – permissive license
DRQ3	Integration – economically viable

The rest of the paper is organized as follows: section 2 presents the related work, analysing previous architectural proposals coming from the discipline of Context-awareness as well as those coming from the discipline of User Interface adaptations, highlighting their relation with URQs and DRQs. Section 3 shows the approach taken by the authors in order to improve the current GPII, as well as the URQs that this fulfils. Section 4 shows an integration activity with an existing application thus showing its relation with the DRQs. Finally, Section 5 shows the conclusions and the envisioned future work

2. Related Work

The research in Context-Awareness started with the definition of Context itself. After that some projects created frameworks to add context-awareness to developments, and finally some other projects created applications for the frameworks created. This search is focused on the latter, including prototypes. Among the projects coming from the context-awareness discipline Dey [[7]] assembles all of the previous knowledge on the matter and defines context as “any information that can be used to characterize the situation of an entity. An entity is a person, place, or object that is considered relevant to the interaction between a user and an application, including the user and applications themselves”. Further research consisted in creating early prototypes in order to add context into office scenarios [[6]] by detecting who was on the building, and then using this knowledge to optimize e-mail delivery, for example sending meeting calls only to those present in the building at the moment of the meeting. These research applications intended to show how context-awareness can be made easier to build, hence not addressing URQ1 to 4.

The same happens in Zimmermann et al [[26]] which add a context categorization, stating that the categories are individuality, activity, location, time and relations. It shows a high-order relationship model between entities where a formal 'relation' is defined between two entities sharing time and location. In more general scenarios this modelling allows to talk about 'shared contexts' via 'shift of attention'. On their context-aware applications the problem of not addressing user needs as part of the interaction arises. The Intelligent Advertisement Board [[27]] consists on a digital signage system installed in a train station that thanks to the context-awareness features can display next train departures alongside with time-based advertisements. . It shows special offers for lunch near noon and dinner options in the late afternoon, or the spectacles for this evening. It also detects the presence of passengers so it changes to a passive mode when nobody is watching. Its narrowcasting mechanism provides value both for the audience and the advertisers. Unfortunately, the totem does not know important abilities of the audience currently watching the ads, such as the language they speak or their personal interaction needs and preferences.

On the other hand, there are projects that address UI Personalisation based on needs and preferences, e.g.: Karim et al [[20]], but neither the ambient nor the device are employed as a source of data, leaving apart the necessity to work even in unfavourable ambient conditions (URQ5). Other projects do address the problem of devices, such as SUPPLE [[8]] where cost functions are used to enhance the

UI. The authors define a feature vector that can be optimized according to device capabilities (smartphone, PC...) or personal needs (present all of the options in the same window, use sliders for

numerical decisors...) in a cost function. But they do not tackle URQ5.

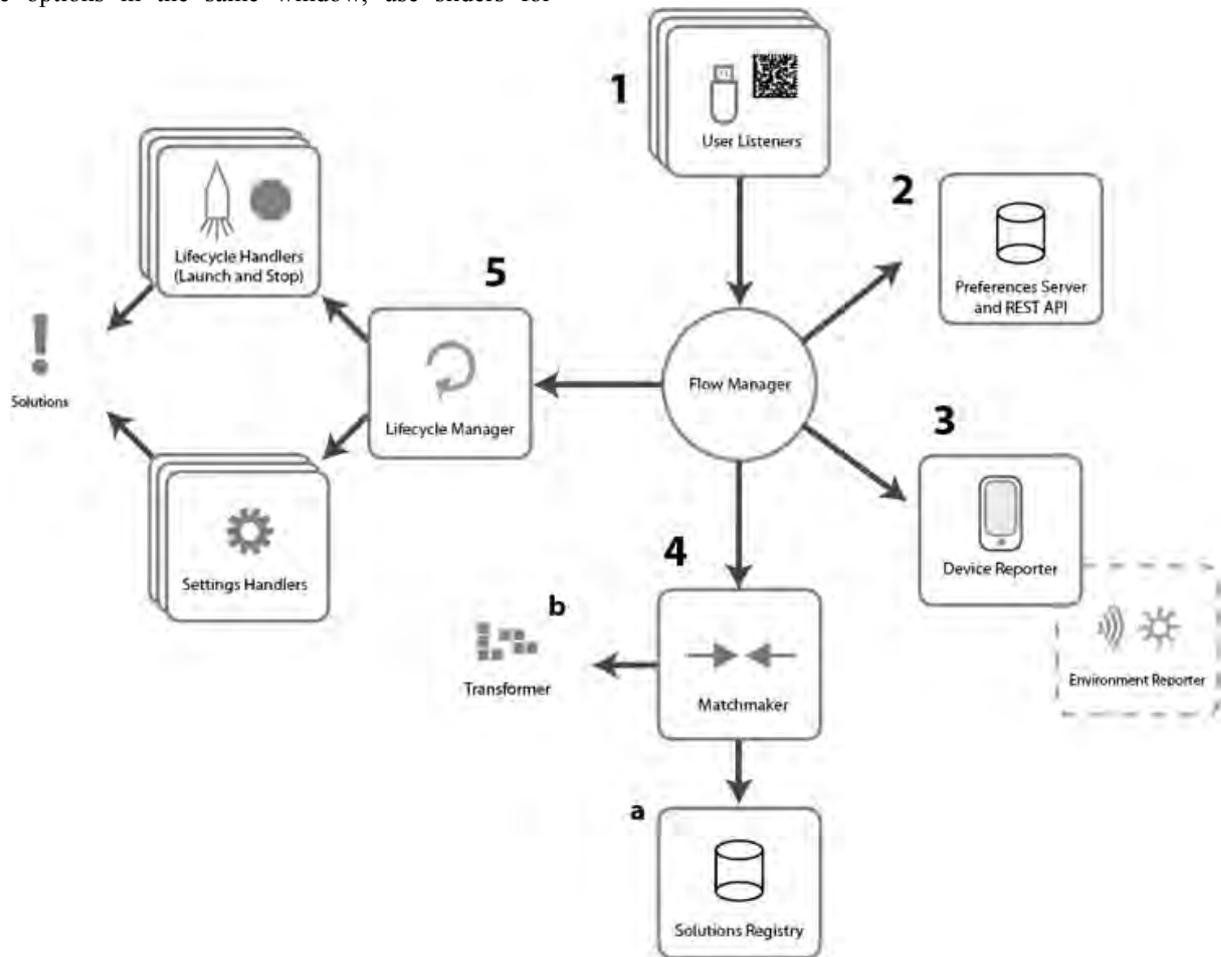


Figure 1. Component-architecture of the GPII. Source:[3]

The INREDIS project [[18]] changed the approach to the problem of making all the devices accessible into making one device accessible (e.g. a mobile device) and connect it with every other device in the world. It was firstly based upon the Universal Remote Console [[19]] and lastly upon web services, and made a reasoning system based on ontologies [[14]] that adapts the UI taking into consideration the user device. This approach also lacked URQ5.

Context-aware projects are more prone to trigger actions -such as sending an email or recording audio-automatically, while adaptation to needs projects usually perform only changes to the UI. The SERENOA project [[24]] tackles both context-awareness and adaptations to people with disabilities. Its proposal [[2]] employs Service Front-ends as the controllers to access to many services in the Cloud. Currently, their CARFO ontology deals with context, and they take advantage of designing UIs using a modelling language to have deeper ontological

reasoning, with interface abstractions and reifications [[1]] but its purpose is to work with web applications. Therefore for applications already developed as web applications it fulfils DRQ1, but for applications already existing as native apps (e.g.: applications in the Android Play Store) the use of context features would suppose coding again a significant portion of the app, thus not reaching this mentioned DRQ1. The CLOUD4all approach [[5]], which is focused on taking advantage of embedded ATs, complements the efforts to improve universal personalisation in any device, building the parts of the Global Public Inclusive Infrastructure (GPII) [[25]] that drive the adaptation to user, device and platform out of the application code. Clark et al [[3]] give full details, but here we can mention that the UserListener (1 in Figure 1) reads a token from the user (namely a NFC card), then the needs and preferences associated to the token are read from the Preferences Server (2) and the device capabilities are fetched from the Device Reporter (3), then the needs

are mapped to Assistive Technology and settings thanks to one of the Matchmakers (4) and finally the Settings Handler (5) activate these ATs and apply those settings in the device the user is employing. Thus it meets URQ1 to 3.

The GPII is released under BSD type licenses, so it meets URQ4, DRQ2 and DRQ3. All of the business logic is placed inside the framework, so it fulfils DRQ1. Then our goal is to extend the GPII to meet URQ5 without ruining any other requirement. It is not unworthy to note here that the vast majority of projects studied included permissive licenses or delivered their code as free domain, so DRQ2 is not reckoned as a barrier to integrate them.

Previous attempts to include Context Awareness in GPII have been made. In [[17]] a characterization of the problem included a semantic notion to reduce the computation needs in order to reason about contextual properties, but this approach lacked of support for multi-environmental conditions (e.g.: how to reason when both the noise and the luminance are high) so it did not meet URQ5. In [[15]] a prototype on the Android platform was presented. However it did not meet DRQ1 as every Android app shall include four Java modules to make the context awareness work. Therefore developers should know Java language and write a noticeable number of lines of code to use this approach. It also presented a static version of the context, now outdated as new capabilities of the GPII have been presented, e.g.: the Statistical Matchmaker and the Context Aware Server[[16]].

3. Context Awareness in the GPII

The new version of the GPII includes a series of modules in order to deal with the context driven adaptations. Figure 2 shows the same steps as figure 1, but now instead of sending the output of the Matchmaker (5) directly to the Settings Handlers (9), the flow reads the data from the Environment (6), then a module inside the GPII, the Context Evaluator (7) evaluates the context and decides which of the subsets of the NPs make sense to make active. Then the Transformer (8) adapts the output of (7) to make sure that the Lifecycle Manager (9) is able to communicate properly the new settings to the Settings Handler (also part of 9). Contexts and active context are also parts of the new semantics of the GPII. Instead of sending just the winner set of ATs and settings to configure, now the Matchmaking framework operates in a two-step reasoning schema similar to[9] where the “Feasible set” is the output of the Matchmaker. The following code is an excerpt of this output, where the path to “<http://registry.gpii.net/common>” has been shortened to (\$reg) and <http://registry.gpii.net/conditions> to (\$cond) because it eases the presentation in two columns:

```
"contexts": {
  "gpii-default": {"name": "Default
prefs",
  "preferences": {
    "($reg)/highContrastEnabled":
true,
    "($reg)/fontSize" : 12,

    "($reg)/screenReaderTTSEnabled":
true,
  },
  "bright": {"name": "bright",
  "preferences": {
    "($reg)/highContrastEnabled":
false,
    "($reg)/fontSize" : 24,

    "($reg)/screenReaderTTSEnabled":
true,
    "conditions": [{"type":
"($cond)/inRange",
    "max": 400000,"min": 400,
    "inputPath":
($reg)/environment/visual\\.luminan
ce"}]}
}}}
```

Listing 1: excerpt from [[11]]

Then this output is fed to the Conditional Evaluator as input, and produces the final set of settings to be applied within the ATs to be activated:

- “gpii-default” is the fall-back context if no other context is active
- Every context that resolves the conditions to true is active.
- The winner is the context with the highest priority among the active ones.

In order to place the user in control of the system, if users have stated a preferred behaviour for a given context, the priority would be above 1024, and each Matchmaker-stated context is below 1024. The places to create rules are:

- Users: Preferences Management Tool (see 2 of figure 2)
- Matchmakers: Rules in Jena [[16]] with expert system knowledge.
- Context Evaluator: Rules in Javascript with fixing of the output of the Matchmakers (e.g.: asserting a priority when none is given)

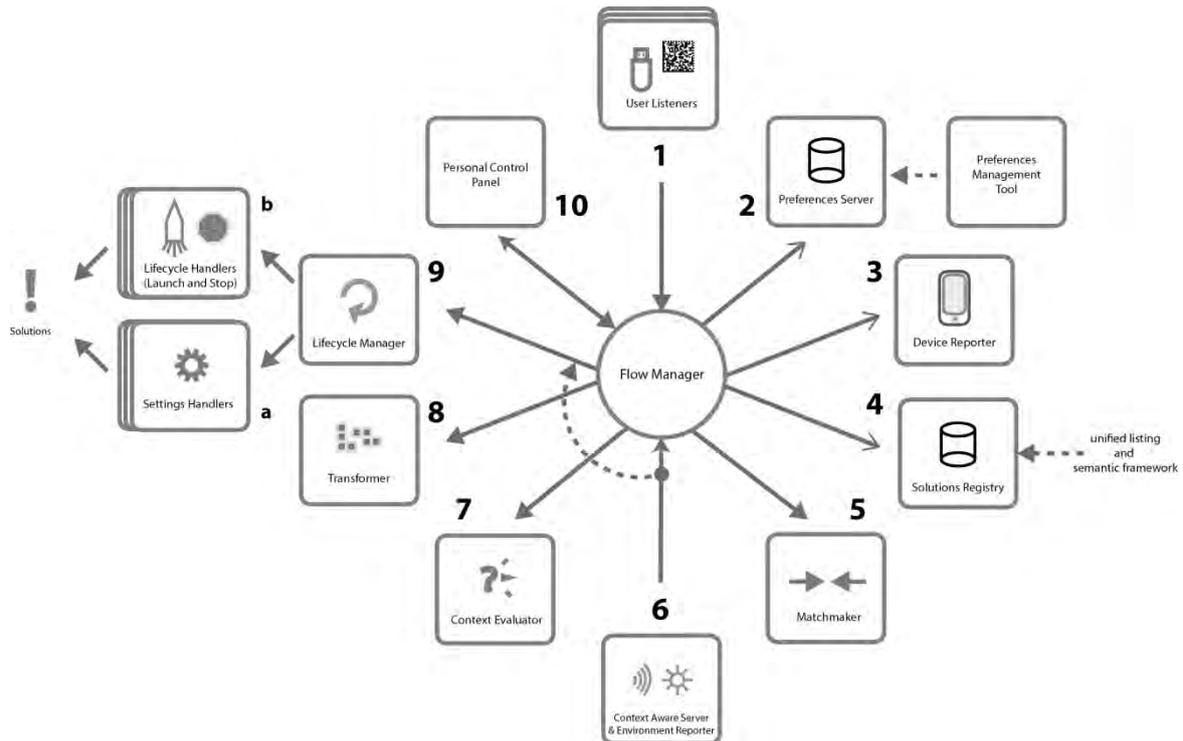


Figure 2 The Cloud4all auto-personalization process. Source:[4]

4. Context Awareness for an Android app

In order to test the integration with third party apps, we integrated GPII with Smart Twitter [[13]], an app already performing context-driven UI, to see if we could mimic the behaviour of the app, and recorded the steps required and the changes in the code (if any) in the integration process from the app point of view. Smart Twitter is a twitter client (i.e.: it is able to read and write tweets for a given user account) that has a menu to select different personalised User Interfaces. In order to be GPII-compatible, application developers have to enter some information into the Semantic Matching Framework [[21]] about how the settings are stored in the application. Developers can think in “common terms” as seen under (\$reg) and map them into the settings of their app. Listing 2 contains an example for Smart Twitter. Also some input about the format of the settings (e.g.: an XML file, keys in the Windows Registry, etc.) is needed to decide the Setting Handler to apply. Finally, developers must state the package name of the app for the GPII to start it, stop it and detect whether it is installed programmatically. It is important to note that all this information is provided as configurations in the GPII, rather than needing to code anything in their application side. Regarding lines of code(LOC) changed in Smart Twitter, only one line was changed: instead of having the Shared Preferences

format in the recommended private mode, we needed to put format as writable and ready to listen to changes in the file done by other processes (GPII in this case). This is done by adjusting a flag value. The number of LOCs could have been zero if the app would have been coded with other artifacts present in [[10]]

```
{ "type":
  "gpii.transformer.quantize",
  "outputPath":
  "map.string.pref_tam_font.$t",
  "inputPath": ($reg)/fontSize,
  "input": 12,
  "ranges": [{"upperBound":
11, "output": "Media"},
  {"upperBound":
18, "output": "Grande"},
  {"output": "Enorme"}]
}
```

Listing 2, excerpt from [[12]]

5. Conclusions and Future Work

Finally the steps needed to make Smart Twitter context-aware with GPII were the same as the steps needed to make Smart Twitter GPII-compatible in a general sense. Then, provided an app is integrated with GPII, enabling context-awareness has zero cost

(one line of code). Two important benefits of this integration are the support for user-specific thresholds for contrast, and the cooperation among several apps (SmartTwitter, Talkback, Operating System fontsize). Users agreed that Context Awareness was useful in previous stages of the system [[15]] but a more formal evaluation needs to be tackled. We have questions to the users regarding the feedback mechanism: now its status is “Automatic adaptation without adaptation dialogue” [[23]]. But we would like to update it to “Automatic adaptation with implicit confirmation” since we consider it less annoying. Regarding coding efforts, now that the Conditional Evaluator is part of the GPII framework, we are integrating the Context Aware Server more tightly, and a specific Settings Handler for Web Sockets communication is an ongoing work.

Acknowledgements: Results presented in this paper have been researched within the Cloud4all project. Cloud4all is an R&D project that receives funding from the European Commission under the Seventh Framework Programme (FP7/2007-2013) under grant agreement n°289016.

References

- [1]. Calvary, G., Coutaz, J., Thevenin, D., Bouillon, L., Florins, M., Limbourg, Q., Souchon, N., Vanderdonckt, J., Maruccy, L., Paternò, L., Santoro, C., The CAMELEON Reference Framework, CAMELEON Project (2002)
- [2]. Caminero, J., Rodríguez, M.C., Vanderdonckt, J., Paternò, F., Rett, J., Raggett, D., Comeliau, J.-L., Marín, I., The SERENOA Project: Multidimensional Context-Aware Adaptation of Service Front-Ends, In: Proceedings of the Eight International Conference on Language Resources and Evaluation (2012)
- [3]. Clark, C., Basman, A., Markus, K. G., & Zenevich, Y. (2013). A Cloud-Scale Architecture for Inclusion: Cloud4all and GPII. Assistive Technology Research Series. Vol. 33: Assistive Technology: From Research to Practice, pp. 1366-1371. IOS Press
- [4]. Clark, Colin. <http://wiki.gpii.net/w/File:Gpii-program-flow-january-2015-a4.png>
- [5]. CLOUD4all. Project website: <http://cloud4all.info>
- [6]. Dey, A.K., Abowd, G.D., Salber, D., A Conceptual Framework and a Toolkit for Supporting the Rapid Prototyping of Context-Aware Applications, Journal Human Computer Interaction 16 (2001), 97-166
- [7]. Dey, A.K., Understanding and Using Context, Personal and Ubiquitous Computing 5 (2001), 4–7.
- [8]. Gajos, K.Z., Weld, D.S., Wobbrock, J.O., Automatically Generating Personalized User Interfaces with SUPPLE, Artificial Intelligence 174 (2010), 910-950
- [9]. Gómez-Martínez, E., Linaje, M., Sánchez-Figueroa, F., Iglesias-Pérez, A., Preciado, J.C., González-Cabero, R., Merseguer, J., A Semantic Approach for Designing Assistive Software Recommender Systems, Journal of Systems and Software (2015), ISSN 0164-1212, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jss.2015.03.009>
- [10]. <http://developer.android.com/reference/android/content/Context.html>
- [11]. <https://github.com/malarres/universal/blob/GPII-1077/testData/preferences/vladimir.json>
- [12]. <https://github.com/malarres/universal/blob/GPII-1077/testData/solutions/android.json>
- [13]. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.technosite.twitter&hl=es>
- [14]. Iglesias-Pérez, A., Linaje, M., Preciado, J.C., Sánchez, F., Gómez, E., González, R., Martínez, J.A., A Context-Aware Semantic Approach for the Effective Selection of an Assistive Software. In: Proceedings of IV International Symposium of Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence (2010), 51-60.
- [15]. Iglesias-Pérez, A., Peinado, I., Chacón, J., Ortega-Moral, M., & Delgado García, A. (2013). Architecture for Adding Context-Aware Capabilities to Preferences-Oriented User Interfaces. V International Congress on Design, Research Networks and Technology for all Proceedings 2013 (pp. 170-176). Fundación ONCE
- [16]. Iglesias-Pérez, A., Loitsch, C., Kaklanis, N., Votis, K., Stiegler, A., Kalogirou, K., Serra-Autonell, G., Tzovaras, D., and Weber, G. “Accessibility through Preferences: Context-Aware Recommender of Settings.” In Universal Access in Human-Computer Interaction. Design and Development Methods for Universal Access, pp. 224-235. Springer International Publishing, 2014
- [17]. Iglesias-Pérez, A., Peinado, I., Chacón, J., & Ortega-Moral, M. (2013). [Frontiers in Context Modelling to Enhance Personalisation of Assistive Technologies](#). Assistive Technology Research Series, Vol. 33: Assistive Technology: From Research to Practice, pp. 829-834
- [18]. INREDIS. Project website. <http://wiki.inredis.es>.
- [19]. ISO/IEC 24752-3:2008. Information technology – User interfaces – Universal remote console – Part 3: Presentation template (2008)
- [20]. Karim, S., Tjoa, A.M., Towards the Use of Ontologies for Improving User Interaction for People with Special Needs, International Conference Computers Helping People with Special Needs, LNCS 4061 (2006), 77-84
- [21]. Koutkias, V., Kaklanis, N., Votis, K., Tzovaras, D., and Maglaveras, N. “[An integrated semantic framework supporting universal accessibility to ICT](#).” Universal Access in the Information Society: 1-14
- [22]. Nurkka, P. “Nobody other than me knows what I want”: Customizing a sports watch. In: P. Kotzé et al. (Eds.): INTERACT 2013, Part IV, LNCS volume 8120, 384–402, Springer.

- [23]. Peissner, M., & Edlin-White, R. (2013). User Control in Adaptive User Interfaces for Accessibility. In Human-Computer Interaction–INTERACT 2013 (pp. 623-640). Springer Berlin Heidelberg
- [24]. SERENOA. Project website. <http://www.serenoa-fp7.eu>
- [25]. Vanderheiden, G. C., Treviranus, J., Markus, K., Clark, C., & Basman, A. (2013). The Global Public Inclusive Infrastructure, Cloud4all and Prosperity4all. Assistive Technology Research Series, Vol. 33: Assistive Technology: From Research to Practice, pp. 417-422
- [26]. Zimmermann, A., Lorenz, A., Opperman, R., An operational definition of context, IN: CONTEXT (2007) Proceedings of the 6th international and interdisciplinary conference on Modeling and using context. Roskilde, Denmark
- [27]. Zimmermann, A., Lorenz, A., Specht, M., Applications of a Context-Management System, Modeling and Using Context (2005), 556-569 LNCS book series, volume 3554

Sistema de inmersión virtual para desempeño funcional: evaluación en niños con Síndrome de Down

Nicolas Valencia¹, Dayse Santos², Mariane Souza², Teodiano Freire Bastos¹, Anselmo Frizera Neto¹

1. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Espírito Santo, 29075-910, Av. Fernando Ferrari, 514, Vitória, Brasil

E-mails: nicolasvalenciajimenez@gmail.com, anselmoneto@gmail.com, teodiano.bastos@ufes.br

2. Programa de Pós-Graduação em Psicologia, Universidade Federal do Espírito Santo, 29075-910, Av. Fernando Ferrari, 514, Vitória, Brasil

E-mails: daysekaroline@hotmail.com, limadesouza@gmail.com

Abstract

This study aims at performing a system for evaluation with visual feedback of functional performance in children with Down Syndrome (DS), comparing it with the performance of a typical child. Two exploratory quantitative methods were developed: (1) Performance Assessment Protocol to evaluate functionality in Activities of Daily Living (ADL); (2) Virtual immersion system with a RGB-D camera to measure the kinetic parameters of the body. Thirteen participants (12 with DS and 1 without DS) with ages between 9 and 10 years old were evaluated. The functional performance profiles from both methods are based on movements of reaching and fitting performed by the children with DS. The results demonstrate the significance of parameters obtained with the virtual immersion system. The findings suggest the importance of an intervention system as the developed here, which helps the children to develop their skills more easily, showing the importance of a permanent measurement system that provides objective parameters of their progress.

Keywords- Assistive technology, Cognitive development, Children with disabilities, Artificial vision, Down syndrome.

Resumen

El propósito de este estudio ha sido realizar un sistema de evaluación con realimentación visual del

desempeño funcional en niños con síndrome de Down (SD) y compararlo con el desempeño de un niño típico. Se han desarrollado dos métodos cuantitativos exploratorios: (1) Protocolo de evaluación de desempeño, para evaluar la funcionalidad en Actividades de la Vida Diaria (AVD); (2) Sistema de inmersión virtual con cámara RGB-D para medir parámetros cinemáticos corporales. Se han evaluado trece participantes, doce con SD y uno sin SD, con edades entre los 9 y 10 años. Los perfiles de desempeño funcional medidos de ambos métodos se basan en movimientos de alcance y ajuste realizados por los niños con SD. Los resultados demostraron la relevancia de los parámetros obtenidos con el sistema de inmersión virtual aquí desarrollado, mostrando la importancia de un sistema de medición permanente que genere parámetros objetivos de su progreso.

Palabras clave- Tecnología de asistencia, Desarrollo cognitivo, Niños con discapacidades, Visión artificial, Síndrome de Down.

1. Introducción

El Síndrome de Down (SD) es una de las disfunciones genéticas más frecuentes en todo el mundo y es la causa más común de deficiencia intelectual [1]. De acuerdo con el Censo 2010 del IBGE (Instituto Brasileño de Geografía y Estadística), en Brasil hay más de 300 mil personas con SD [2] y se estima que cada año nacen ocho mil niños con esta disfunción.

Las alteraciones presentadas por personas con SD pueden representar problemas respecto a su funcionalidad e independencia para la realización de las Actividades de la Vida Diaria (AVD), incluso durante la vida adulta [3]. Los estudios demostraron que las personas con SD presentan alteraciones en diferentes áreas, con un desempeño funcional inferior al de los niños típicos, tanto en áreas cognitivas, motoras como de función social [4].

La Organización Mundial de Salud (OMS) define actividad física como cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos que requieran gasto de energía [5]. Así, podemos decir que debido a las dificultades presentadas por individuos con SD, la práctica de actividades físicas es fundamental para el desarrollo y perfeccionamiento de movimientos necesarios para la realización de tareas esenciales en sus AVDs, enfatizando actividades que tengan en cuenta sus capacidades, necesidades y limitaciones [1].

Con la práctica de actividad física, el individuo con SD se vuelve capaz de conocer mejor el mundo en el que vive, a partir del momento en que pasa a conocer su cuerpo y sus capacidades intelectuales por medio de sus movimientos [6]. Así, además de ser un importante aspecto para la mejora en la calidad de vida, la actividad física contribuye al desarrollo global de ese individuo. Los estudios muestran que una estimulación precoz adecuada es capaz de generar mejoras en el desarrollo motor de niños con SD y que, a través de la experiencia activa obtenida por estimulación, se puede construir un nuevo patrón de comportamiento en personas con SD, llevándola a modificaciones funcionales para la realización de AVDs [7].

Sin embargo, las restricciones de la habilidad para ejecutar AVDs pueden interferir en el grado de funcionalidad del individuo. Actualmente, existe un interés creciente en el uso de tecnologías como herramientas de intervención en la rehabilitación motora y cognitiva para personas con discapacidades variadas [8]. Una de las tecnologías empleadas para este fin es la Realidad Virtual (RV), que es caracterizada por una interfaz hombre máquina capaz de producir un ambiente virtual tridimensional generado por sistemas computacionales. El objetivo de la RV es proporcionar al usuario una mayor interacción con el medio, llevándolo a estimular diversos sentidos y a ampliarlos [9].

La RV se ha aplicado en diversas patologías, siendo cada vez más utilizada como una estrategia en el cuidado de individuos con necesidades especiales, simulando la vida real de una forma funcional, además de motivacional [10] [11]. Los individuos con SD pueden beneficiarse de un sistema de RV, pues esa tecnología representa la posibilidad de insertarlos en una realidad no siempre experimentada por ellos, proporcionándoles una reconfiguración espacial y

corpórea, de modo que las funciones cotidianas pueden ser aprovechadas para obtener una mejora en la realización de estas funciones [12].

La condición de incapacidad o inhabilidad física genera una serie de trastornos en el desarrollo motor y cognitivo de personas con SD y, por lo tanto, diversas dificultades en las AVDs, haciendo que el individuo que las posea sea dependiente de algún tipo de asistencia [12]. Algunos autores han discutido la función de la percepción corporal y cuáles son sus implicaciones en el movimiento, sin embargo, sólo hace poco tiempo se han desarrollado estudios empíricos para esclarecer ese impasse [8]. Los niños con SD tienen un retraso en el desarrollo, pero no se sabe con certeza cuál es su grado de percepción corporal y cuál es la interferencia de este atributo en su desarrollo y funcionalidad [13].

Con el fin de proporcionar a los niños con SD una mayor interacción con el medio, estimulando y ampliando diversos sentidos, este trabajo presenta un sistema que permite la detección de parámetros relacionados a los movimientos de niños con SD, utilizando tecnologías basadas en sensores de parametrización de los segmentos corporales. El sistema de RV desarrollado para evaluación en estos niños evalúa el desempeño cinemático de las funciones de encaje y alcance de piezas.

Este trabajo está organizado de la siguiente manera: en la sección 2 se presenta la metodología utilizada con la descripción de los protocolos de evaluación utilizados con los niños con SD, así como la descripción del sistema de inmersión virtual; en la sección 3 se presentan los resultados y la discusión del trabajo, y en la sección 4 se presentan las conclusiones.

2. Métodos

Para construir un sistema para evaluación con retroalimentación visual del desempeño funcional de niños con SD, se ha desarrollado un método cuantitativo exploratorio por levantamiento de datos.

Se han seleccionado trece niños, uno típico (sin SD) y 12 niños con SD, con edades entre 9 y 10 años, de ambos sexos (6 niños y 6 niñas). Los niños seleccionados son de instituciones de enseñanza especializada de Vitoria (Brasil). Se han adoptado los siguientes criterios de inclusión: autorización de participación por los responsables, posibilidad de comunicación, y ser estudiantes regulares y asiduos de las instituciones. Se ha considerado como criterio de exclusión la inmovilidad de miembros. Esta investigación ha sido aprobada por el Comité de Ética en Investigación de la Universidad Federal de Espírito Santo, Brasil (n ° 1.629.376), y todos los responsables legales han firmado el Término de consentimiento libre previo e informado.

2.1 Instrumentos

Para obtener los parámetros cinemáticos, se han utilizado dos instrumentos: (1) Protocolo de evaluación de desempeño en funciones de encaje y alcance; (2) Protocolo de evaluación cinemática con sistema de inmersión virtual para detectar y cuantificar los movimientos. A continuación se describe detalladamente cada instrumento.

1. Protocolo de evaluación de desempeño de las funciones de encaje y alcance: se trata de una evaluación subjetiva, donde la actividad realizada por el niño es retirar una argolla de un pino y llevarla a otro pino similar (Figura 1). El niño debe realizar la tarea dos veces, siendo que la primera vez será retirada la argolla desde el extremo inferior del pino izquierdo, llevándola hasta el extremo superior del pino al lado derecho y viceversa. La puntuación se otorga de acuerdo al desempeño: Excelente (realiza sin dificultad); Bueno (reacciona con alguna dificultad); Regular (realiza con mucha dificultad); Malo (No se realiza).

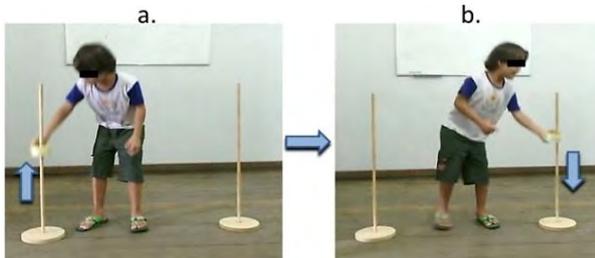


Figura 1. Desempeño de las funciones de encaje y alcance: a) Niño retirando la argolla. b) Niño colocando la argolla.

2. El protocolo de evaluación cinemática con sistema de inmersión virtual permite el reconocimiento corporal y de parámetros como amplitud de movimiento, velocidades y posiciones de cada articulación del cuerpo en tres dimensiones. El sistema posee una interfaz gráfica con la que es posible medir las variables de velocidad, amplitud de movimiento y posicionamiento corporal de la persona evaluada.

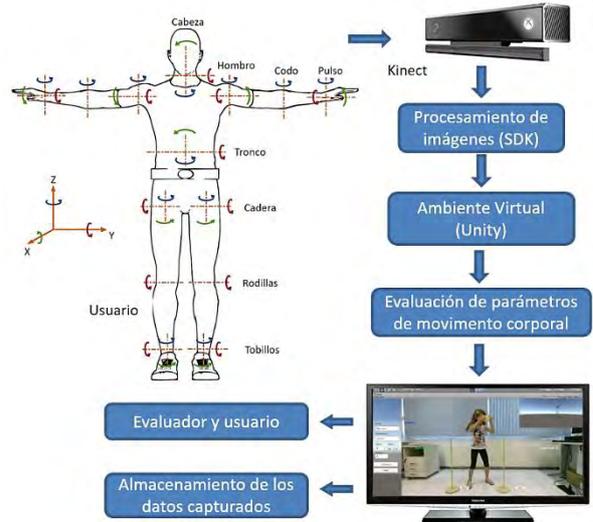


Figura 2. Diagrama general del sistema desarrollado.

2.2 Sistema de inmersión virtual

Se ha desarrollado un ambiente virtual (AV) que está compuesto por un ordenador personal (con periféricos básicos), una pantalla de 27 pulgadas y una cámara RGB-D Kinect v2, como se muestra en la Figura 2.

El niño evaluado debe estar posicionado frente a la cámara RGB-D, donde el dispositivo de medición captura los parámetros de posición, además de los patrones corporales necesarios para generar la información establecida por el AV (Figura 3). Con dichos datos se genera una retroalimentación en tiempo real para el niño evaluado, además de valores cuantitativos para el evaluador que acompaña el protocolo de evaluación cinemática.

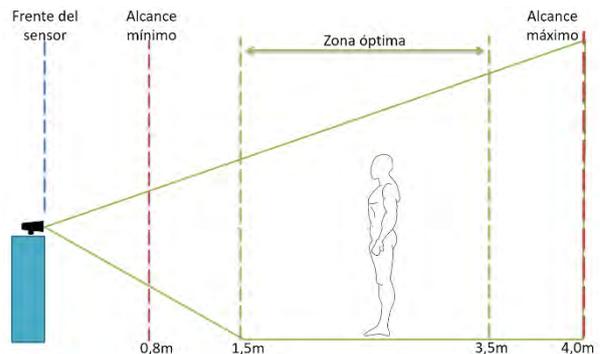


Figura 3. Área óptima para el desarrollo de las actividades capturadas por el sistema de inmersión virtual (vista lateral).

El sistema logra capturar parámetros cinemáticos de 25 articulaciones del cuerpo al mismo tiempo. Debido a que se está evaluando el desempeño de la función de alcance y encaje, donde es muy relevante el movimiento de los brazos del niño evaluado, el sistema también está configurado para mostrar el ángulo de la

articulación del codo en ambos brazos del niño mientras realiza los protocolos de desempeño. En la Figura 4 se puede observar cada uno de los parámetros de posición asociados al brazo, los cuales se determinan con el Kinect. Por medio de la Ley de los cosenos es posible determinar el ángulo de las articulaciones como se muestra en la Ecuación 1. El ángulo se calcula en tiempo real, con el fin de determinar el movimiento desarrollado por el niño y se generan los datos de desempeño para el evaluador, donde d_1 , d_2 , y d_3 son las distancias entre las articulaciones mostradas.

$$\theta = \cos^{-1} \left(\frac{-d_3 + d_1 + d_2}{2 * d_1 * d_2} \right) \quad (1)$$

El ambiente virtual desarrollado es tipo "espejo", permitiendo mostrar para el niño los movimientos realizados y la actividad alcanzada, ofreciendo una herramienta terapéutica de motivación para realizar tareas específicas de movimiento (Figura 5). Por otro lado, el sistema desarrollado permite al evaluador tener una herramienta que puede medir y analizar los movimientos del niño evaluado, mientras que éste realiza las tareas solicitadas.

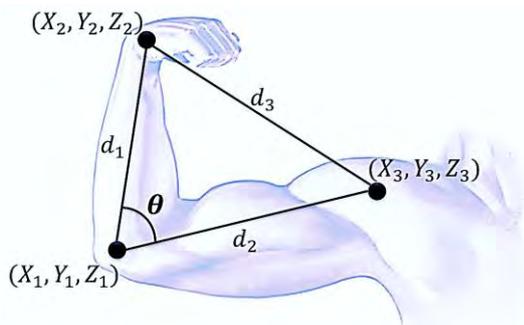


Figura 4. Parámetros para calcular el ángulo de la articulación de codo del niño.

La interfaz mostrada en la Figura 5, desarrollada para el análisis de la funcionalidad de las AVDs, consiste en presentar al evaluador las informaciones básicas del niño evaluado (lado izquierdo), conteniendo botones que indican el inicio y el final de la captura de datos (botones "Empezar" y "Parar", respectivamente). En la esquina superior derecha se presenta una reconstrucción en 3D del esqueleto del niño bajo prueba, generando una perspectiva de los movimientos realizados al evaluador. De igual forma, se presentan los ángulos estimados de las articulaciones de hombro y codo de cada brazo del niño. Es importante resaltar que los parámetros de cada articulación (posición y orientación) se guardan para posterior análisis.

2.3. Procedimiento de recolecta de datos

La recolección de datos se ha realizado en una sala reservada, donde los niños pasan por un proceso de ambientación y vinculación con juegos, que involucran plastilina y juguetes de encaje. Inicialmente el niño se coloca frente al sensor Kinect y una pantalla que le presenta la interfaz del sistema de inmersión virtual. A continuación se aplican el protocolo de evaluación de desempeño de las funciones de encaje y alcance, y el protocolo de evaluación cinemática con el sistema de inmersión virtual, concomitantemente.

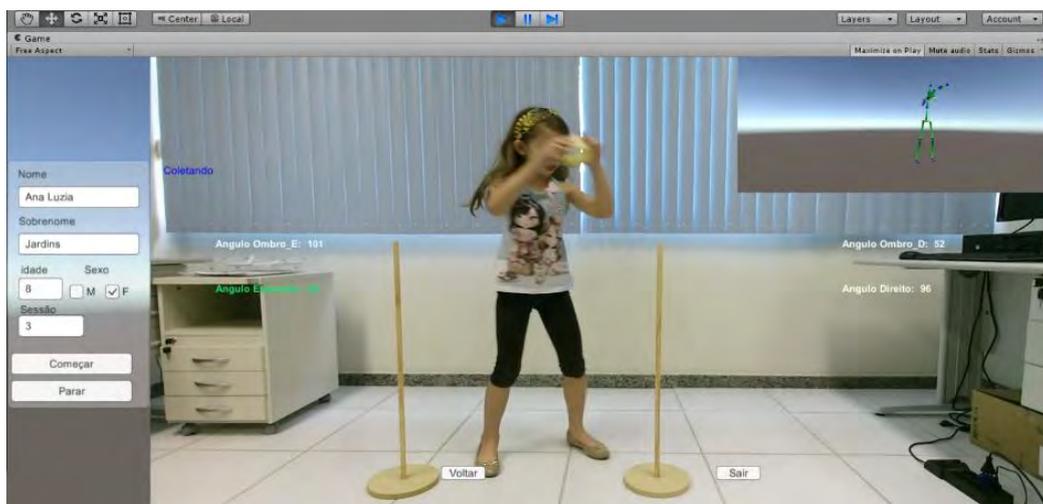


Figura 5. Interfaz del sistema de inmersión virtual desarrollado.

Tabla 1. Resultados del protocolo de evaluación cinemática con sistema de inmersión virtual (Niños con SD).

Niño	Repetición	Ángulo codo izquierdo (grados)		Ángulo codo derecho (grados)		Tiempo (s)
		Max	Min	Max	Min	
1	1	177	33	179	20	6
	2	165	26	162	15	9
2	1	157	20	166	62	11
	2	147	21	169	61	5
3	1	178	43	178	15	7
	2	168	31	162	18	5
4	1	170	25	169	26	8
	2	177	31	167	21	6
5	1	174	41	176	40	7
	2	173	47	171	18	5
6	1	164	61	175	67	6
	2	171	24	168	54	4
7	1	174	17	175	28	5
	2	168	44	162	56	12
8	1	176	18	170	29	12
	2	177	28	179	17	9
9	1	166	18	174	63	6
	2	159	29	165	20	5
10	1	178	45	175	51	7
	2	171	46	179	43	4
11	1	177	23	179	32	7
	2	174	17	176	98	9
12	1	176	32	174	48	9
	2	178	24	178	31	6
Media		170,62±7,8	31±11,8	172±5,8	38,87±21,5	7,08±2,3

Los resultados del protocolo de evaluación cinemática con el sistema de inmersión virtual, donde se midieron los movimientos del niño sin SD, se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados del protocolo de evaluación cinemática con sistema de inmersión virtual (Niño sin SD).

Repetición	Ángulo codo izquierdo (grados)		Ángulo codo derecho (grados)		Tiempo (s)
	Max	Min	Max	Min	
1	162	41	177	42	2
2	178	67	169	43	4
Media	170±11,3	54±18,4	173±5,6	42,5±0,7	3±1,4

Según los datos de la Tabla 2, se puede observar que el niño sin SD desarrolla movimientos con amplitud angular máxima media similar a la máxima media desarrollada por los niños con SD, pero la amplitud angular mínima media del niño sin SD es un 43% mayor para el codo izquierdo y 9% mayor al codo derecho, indicando que el niño sin SD cierra menos los brazos, con lo que consigue ganar tiempo en el desarrollo de la tarea. Además, el tiempo promedio en el que el niño sin SD realiza la tarea es el 42,3% del tiempo medio necesario para los niños con SD.

En las Figuras 6 y 7 se pueden observar algunos de los movimientos realizados por los niños con SD, los cuales se han capturado por el sistema para determinar la amplitud del movimiento en los codos.

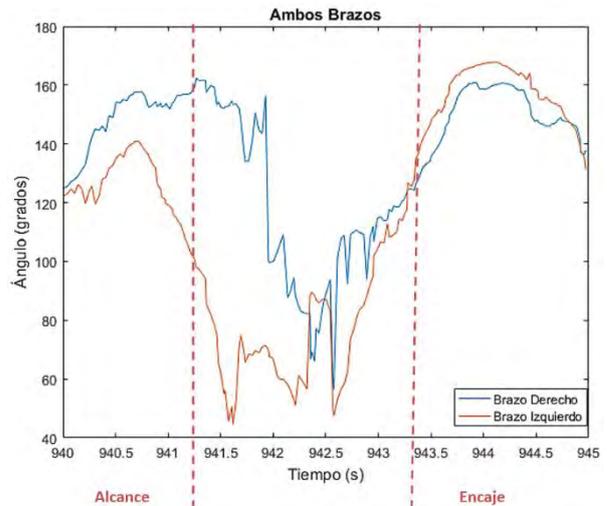


Figura 6. Amplitud del movimiento de los codos realizando el segundo intento de alcance y encaje por el niño 7 (Tabla 2).

En la Figura 6 se puede ver cómo el niño hace el movimiento de alcance y encaje con los dos brazos, y se puede observar la variación de amplitud del movimiento de los codos izquierdo y derecho. En el momento de realizar el movimiento de alcance, el niño aumenta su amplitud angular en los codos hasta conseguir obtener la argolla, para luego disminuirla doblando los brazos y llevando la argolla cerca al cuerpo. Inmediatamente después, el niño realiza el movimiento de encaje, en el que aumenta de nuevo el ángulo en los codos hasta que coloca el objeto en el pino.

En la Figura 7 se puede observar cómo el niño hace la mayor parte del movimiento con el brazo derecho, donde la amplitud angular del codo derecho disminuye cuando el niño lleva la argolla cerca del cuerpo, pero al mismo tiempo colocando el brazo izquierdo en posición de relajamiento, mostrando una amplitud grande en el codo izquierdo.

En las Figuras 8 y 9 se pueden observar los movimientos realizados por los niños con SD y la comparación de sus movimientos con los realizados por el niño sin SD. Para facilitar la comparación, se ha determinado el momento de inicio del movimiento cuando el niño toca la argolla, así como el final del movimiento cuando el niño la suelta. Se ha elegido aleatoriamente una de las repeticiones realizadas por los niños con SD (Tabla 1) y una de las repeticiones realizada por el niño sin SD (Tabla 2). La forma de onda presentada en color negro y línea gruesa es el movimiento desarrollado por el niño sin SD, y las formas de onda de diferentes colores y línea fina son los movimientos realizados por los niños con SD. La forma de onda de color amarillo y línea gruesa es la representación del promedio de los movimientos de los

12 niños con SD. Los tiempos necesarios para cada niño realizar la tarea se han normalizado y aparecen en una escala de 0 a 100 por ciento de la realización de la tarea.

Se puede observar que la forma de onda generada por la media de los movimientos de los 12 niños con SD tiene un comportamiento similar al movimiento realizado por el niño sin SD, en el cual la amplitud del movimiento del codo es grande cuando el niño alcanza la argolla, disminuyendo en el momento del traslado de la misma, y aumentando de nuevo para encajar la argolla en el pino. Se puede inferir que los niños con SD tardan más tiempo en realizar la tarea, pero la ejecutan con parámetros de movimiento similares a los realizados por un niño sin SD.

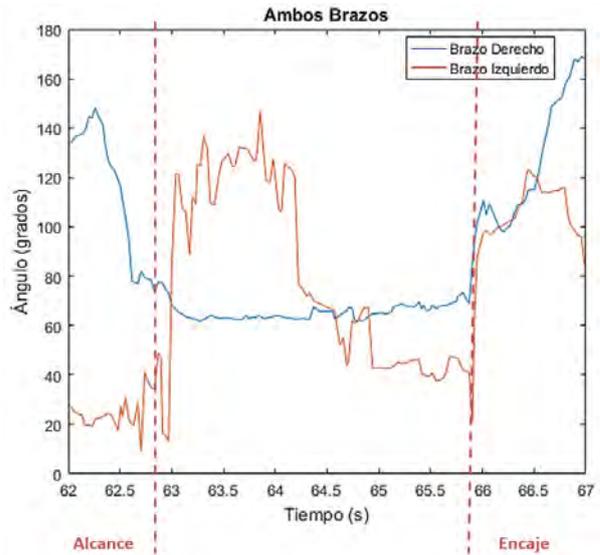


Figura 7. Amplitud del movimiento de los codos realizando el segundo intento de alcance y encaje por el niño 2 (Tabla 2).

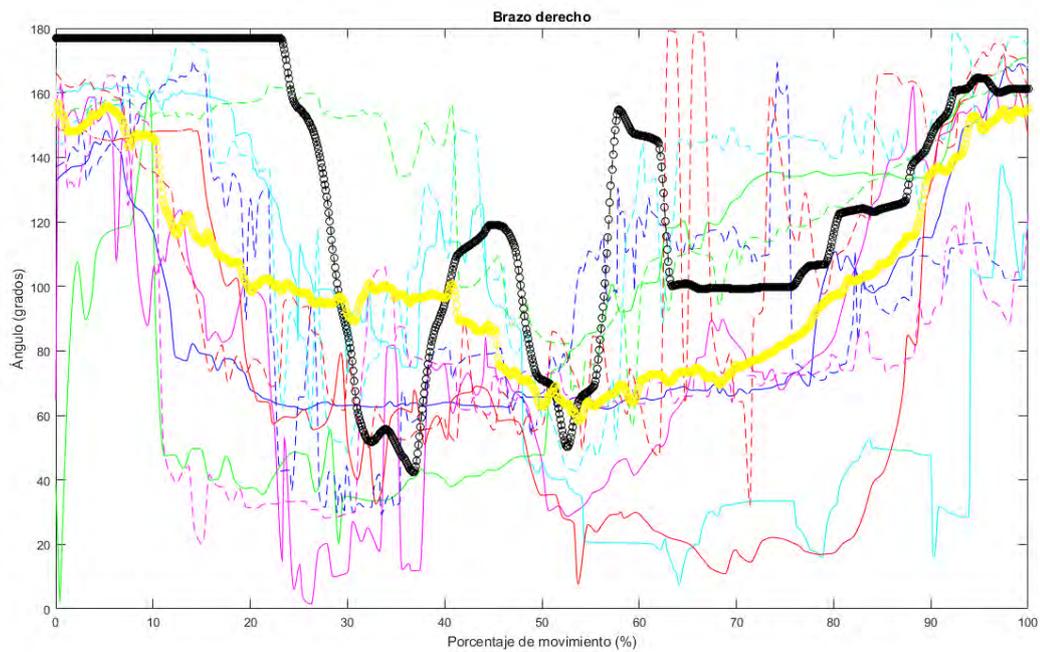


Figura 8. Amplitud del movimiento del codo derecho realizado por todos los niños.

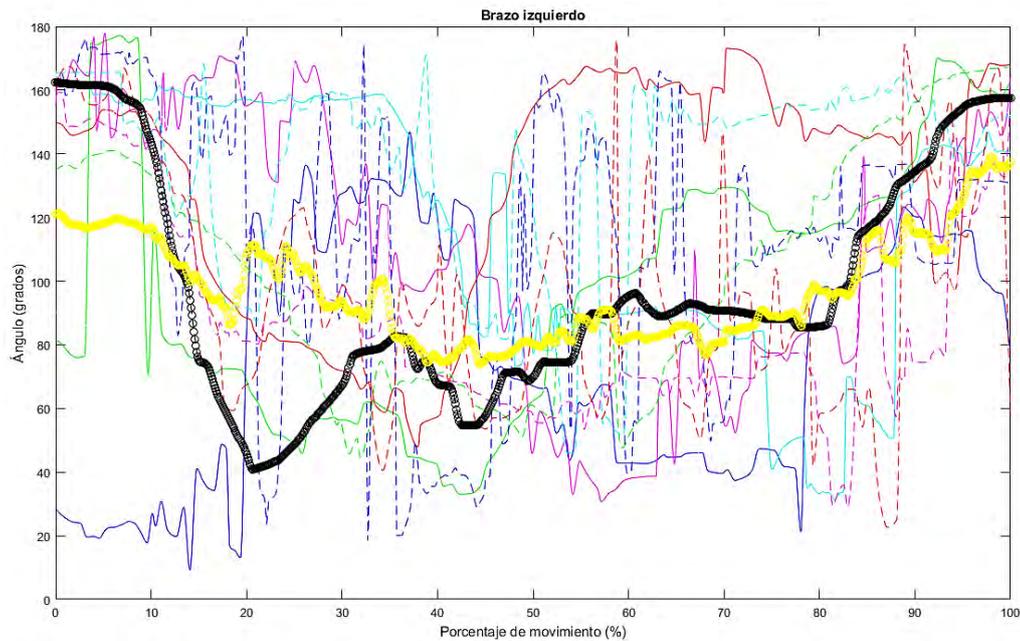


Figura 9. Amplitud del movimiento del codo izquierdo realizado por todos los niños.

4. Conclusiones

Se ha desarrollado un sistema de inmersión virtual, basado en una interfaz tipo espejo, para el análisis del movimiento tridimensional de diferentes segmentos corporales de niños con SD. Se ha evaluado el desempeño psicomotor en la función de encaje y alcance, el cual se ha comparado con el desempeño de un niño sin SD. El sistema se ha basado en la cámara RGB-D Kinect v2, la cual tiene la capacidad de obtener parámetros cinemáticos de las articulaciones corporales. Con dicho sistema, se pretende analizar los movimientos de los niños en la realización de diferentes tareas para el posterior desarrollo de sistemas virtuales de inmersión de mayor complejidad, como juegos serios controlados con movimientos corporales. Los sistemas como el aquí desarrollado poseen la capacidad de proporcionar a los niños con SD una mayor interacción con el medio, estimulando y ampliando sus diversos sentidos.

Con los resultados obtenidos, se destaca que cada tarea y/o parámetro cinemático realizado por los niños, y medido por el sistema de inmersión virtual, puede ser almacenado y presentado para posterior análisis. El sistema captura parámetros de 25 articulaciones en el cuerpo, almacenando datos de posición y orientación con referencia temporal. Así, se puede concluir que el análisis presentado en esta investigación se puede realizar con los movimientos desarrollados en las articulaciones de las piernas,

torso, cadera o cualquier otro segmento corporal referido por el evaluador.

Este sistema se ha desarrollado atendiendo las solicitudes de profesionales en Psicología y Fisioterapia, con la finalidad de comprender y analizar tareas motoras básicas en niños con SD, con el fin de desarrollar herramientas virtuales, como juegos serios, para contribuir para el desarrollo psicomotor de niños con SD.

5. Agradecimientos

Los autores agradecen a la *Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais* (APAE) de Vila Velha y Serra (Brasil) por la colaboración en esta investigación.

6. Referencias

- [1] Arya R, Kabra M, Gulati S. (2011) Epilepsy in children with Down syndrome. *Epileptic Disord.* 13(1):1-7.
- [2] IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Resultados Censo 2010. Disponível em: <<http://censo2010.ibge.gov.br/resultados>>. Acesso em: 04/04/2017.
- [3] Lifante SM. (2009) Estudo da correlação entre coordenação motora e habilidades motoras de pessoas com Síndrome de Down [dissertação de Mestrado]. Campinas: Universidade Estadual de Campinas. 103 f.
- [4] Bonomo LMM, Rossetti CB. (2010). Aspectos percepto-motores e cognitivos do desenvolvimento de crianças com Síndrome de Down. *Revista Brasileira Crescimento Desenvolvimento Humano*; 20(3):723-734.

- [5] WHO: World Health Organization. Physical activity, 2017. Disponible en: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs385/en/>>. Acceso en: 04/04/2017.
- [6] Huang, I.; Sugden, D.; Beveridge, S., (2009). "Children's perceptions of their use of assistive devices in home and school settings". *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*. ISSN: 1748-3107.
- [7] Varela PMF. (2006) *Coordenação motora em indivíduos portadores de Síndrome de Down praticantes e não praticantes de atividade física*. Porto: Universidade do Porto.
- [8] Patino A.; Romero M.; Proulx J., (2016). "Analysis of Game and Learning Mechanics according to the Learning Theories". *Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-Games)*, 8th International Conference on.
- [9] Martins T.; Carvalho V.; Soares F., (2015) "A Serious Game for Rehabilitation of Neurological Disabilities". *Bioengineering (ENBENG)*, IEEE 4th Portuguese Meeting on.
- [10] Levac Danielle E, Galvin Jane (2013). When is virtual reality "therapy"?. *Arch Phys Medical Rehabilitation*. ;94(4):795–8. doi: 10.1016/j.apmr.2012.10.021
- [11] Tatla SK, Shirzad N, Lohse KR, et al. (2015). Therapists' Perceptions of Social Media and Video Game Technologies in Upper Limb Rehabilitation. Eysenbach G, ed. *JMIR Serious Games*. 3(1):e2. doi:10.2196/games.3401.
- [12] Cortes, M.Y.; Guerrero, A.; Zapata, J.V.; Villegas, M.L.; Ruiz, A., (2013). "Study of the usability in applications used by children with Down Syndrome," in *Computing Colombian Conference (8CCC), 2013 8th*, vol., no., pp.1-6, 21-23.
- [13] Macedo, I.; Trevisan, D.G.; Vasconcelos, C.N.; Clua, E., (2015). "Observed Interaction in Games for Down Syndrome Children," in *System Sciences (HICSS), 2015 48th Hawaii International Conference on*, vol., no., pp.662-671, 5-8.

Smart Assist: Telesistencia avanzada e interoperable para todos

Javier Augusto, Manuel Ramos, Modesto Gómez, Sara Rodríguez, Sergio Bello
Televes S.A.
jaugusto@televes.com

Estibaliz Ochoa, Mari Satur Torre
Fundación Vodafone España
estibaliz.ochoa@vodafone.com

Ana Isabel Arroyo, Miguel Rodríguez, Carlos Capataz
Fundación TECSOS – Cruz Roja Española
mirogo@fundaciontecsos.es

Carlos Palau, Matilde Julián
Universitat Politècnica de Valencia
cpalau@com.upv.es

Resumen

El proyecto Smart Assist se centra en el diseño y desarrollo de una plataforma IoT (Internet of Things) inteligente para conseguir telesistencia ubicua y accesible. De esta manera, Smart Assist permite la integración de la telesistencia domiciliar avanzada, la telesistencia móvil y la videoatención en una solución interoperable a todos los niveles: tanto con las plataformas cloud más relevantes como con los diversos frameworks de desarrollo (Java OSGi, Android, Linux, ...).

Asimismo, la metodología de desarrollo tecnológico del proyecto estará basada en los conceptos de Design Thinking [1], centrándose de esta forma en el usuario final, entendiendo como éste tanto la tercera edad como personas con diversidad funcional. Gracias a esto, se garantiza la accesibilidad de la solución final para que estos colectivos puedan beneficiarse del servicio de telesistencia.

Smart Assist is focused in the design and development of a smart IoT (Internet of Things) platform for achieving advanced and ubiquitous telecare. In this manner, Smart Assist allows integration between advanced home telecare, mobility telecare and video conference through a two-level interoperable solution: both in the communication with more extended cloud platforms and with the availability of several development frameworks (Java OSGi, Android, Linux, ...).

Likewise, technical development methodology of the project will be based on Design Thinking [1] paradigm, focusing on the end-user, understanding this concept as both elderly and people with functional diversity. Thanks to that solution, the project will

guarantee the accessibility of the solution, allowing the use of telecare system for all.

1. Introducción

En las últimas décadas, la sociedad se está enfrentando a un profundo cambio demográfico motivado por las mejoras en las políticas sociales y sanitarias. Este fenómeno, que se está produciendo a todas las escalas posibles (nacional, europea y mundial), es uno de los principales retos de las próximas décadas. Según las predicciones demográficas de EUROPOP 2010 [2], el porcentaje de personas de más de 65 años sobre el número de personas entre 15 y 64 era del 26% en 2010 y se espera que crezca al 53% en 2060 (tal y como se puede comprobar en la Imagen 1).

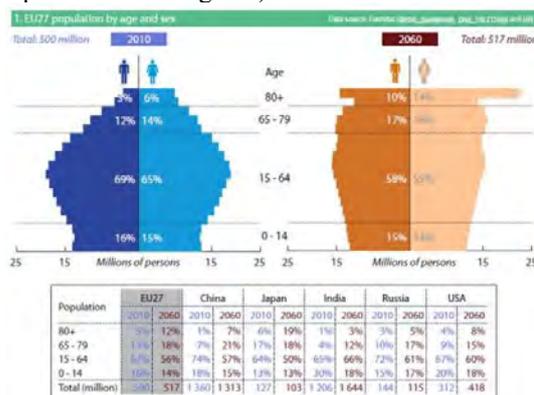


Imagen 1: Proyección de la evolución demográfica europea

Esta evolución demográfica supone un reto superlativo para el actual modelo de asistencia médica y social, de forma que se pueda garantizar el estado de

bienestar actual a largo plazo. Sin embargo, este reto, unido a la aparición de nuevos perfiles de consumidores para soluciones de este tipo, se puede entender también como una oportunidad para el desarrollo de nuevas soluciones que mejoren el cuidado de las personas incrementando la eficiencia en el mismo, conocido como ‘silver economy’ [3]. Este mercado representa alrededor del 25% del Producto Interior Bruto europeo y se espera que crezca en más de un 4% en las próximas décadas a nivel público, siendo la tercera economía privada a nivel mundial (con un gasto superior a 7 trillones de dólares según Merrill Lynch).

Dentro de esta situación demográfica y económica, el uso de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) para la generación de soluciones innovadoras y eficientes orientadas a este mercado representa uno de los campos con mayor potencial. En particular, los sistemas de teleasistencia han sido un referente en tecnología social durante las últimas décadas. A pesar de la gran evolución que han tenido las TIC en los últimos años, el mercado y la normativa de teleasistencia [4] no ha evolucionado al mismo ritmo (estando basada en estándares en desuso como la línea telefónica tradicional). La aparición de la teleasistencia móvil como complemento a la variante domiciliaria supuso un gran avance, aumentando exponencialmente el radio de acción de estas soluciones.

Asimismo, la teleasistencia tanto en su versión móvil como en su versión domiciliaria no ha sido diseñada desde la perspectiva de los colectivos con diversidad funcional, basándose fundamentalmente en la comunicación de voz para la prestación del servicio. En los últimos años, se han producido avances en los sistemas de videoconferencia que han permitido su uso en aplicaciones sociales [5] [6], permitiendo interactuar con mayor facilidad con los usuarios y, en particular, con colectivos con diversidad funcional.

Sin embargo, estas soluciones se han desarrollado de forma disjunta e independiente. El proyecto Smart Assist se centra en la integración de estas tecnologías en una sola plataforma que combine una teleasistencia domiciliaria avanzada y proactiva (basada en el uso de las TIC y sensores para la caracterización del usuario), la teleasistencia móvil fuera del domicilio y servicios adaptados como la videoatención o el uso de pulsadores accesibles. En esta solución, los conceptos de Internet de las Cosas (IoT) juegan un papel clave ya que se basa en la instalación de un conjunto de dispositivos que permitan monitorizar el comportamiento del usuario y de su entorno. Desde esta perspectiva, el proyecto también busca garantizar el acceso a la información y al servicio a nivel técnico, para lo que la interoperabilidad juega un papel clave debido a la heterogeneidad de redes y sistemas (muchos de ellos, propietarios). Por lo tanto, el uso de

sistemas para garantizar la interoperabilidad (tanto a nivel de dispositivo, de aplicación como de middleware) es clave para garantizar la concentración de información y el acceso a la misma de forma segura, íntegra y coherente.

2. Estado del arte de sistemas de teleasistencia

Las soluciones tecnológicas para la prestación de servicios de teleasistencia han estado presentes en nuestra sociedad desde hace décadas, siendo un caso de éxito claro y un referente para el desarrollo de tecnologías sociales. De cara a poder tener una imagen del ecosistema en el que se desarrolla el proyecto, es necesario realizar un estudio del estado del arte de las soluciones en el ámbito de la teleasistencia domiciliaria y móvil en el que se engloba esta actividad.

Respecto a las soluciones de teleasistencia domiciliaria existe un conjunto de fabricantes contrastados con amplia experiencia en el sector y con gran presencia en el mercado, asociada a su dilatada trayectoria en el mismo. Los fabricantes más destacados son:

- Tunstall [7]: considerado el líder mundial en el sector de la teleasistencia. Además de ser fabricante de soluciones de este tipo con más de 50 años de experiencia, actúa como proveedor de servicios. Dispone de una amplia gama de terminales y un conjunto de periféricos elevado. Destaca el uso de su protocolo propietario STMF que le permite una gran robustez en las comunicaciones de voz, en la que están muy centrados.
- Grupo Neat [8]: basándose principalmente en su terminal domiciliario NEO y el pulsador ATOM, en el que buscan una clara adaptación al usuario. Su principal característica es la adaptación a las líneas digitales para la comunicación.
- Telealarm [9]: perteneciente al grupo de la compañía Bosch, presenta un conjunto de dispositivos elevados siendo su principal valor añadido disponer de varias gamas de consola de teleasistencia, centrados en la rama más tradicional de la misma.
- Caretech [10]: la solución de este fabricante destaca por ser la primera en utilizar tecnologías IP para su funcionamiento, lo que supone un avance considerable a nivel tecnológico.

Respecto a las soluciones de teleasistencia móvil, al tratarse de soluciones de aplicación más reciente, no existe un grupo de fabricantes establecido, aunque es conveniente destacar las siguientes soluciones:

- Doro [11]: considerada la compañía líder a nivel mundial en dispositivos de fácil uso para usuarios con necesidades especiales, presenta una amplia gama de terminales móviles. Asimismo, en 2014 adquirió Caretech pero todavía no ha evolucionado en esta línea.
- Mimov [12]: dispone de un dispositivo de fácil uso y con capacidad de geolocalización pensado para personas mayores, conectado a una plataforma cloud que permite acceder al usuario cuidador, lo que le permite disponer de servicios como la localización en caso de emergencia o la visualización de recorridos.
- Grupo Neat [8]: además de la solución de teleasistencia domiciliaria, Neat dispone de su terminal NEMO, pensado únicamente para usuarios sin conexión de línea fija pero con un tamaño elevado (19 cm x 18 cm).

Por último, en lo relativo a videoatención, como se ha comentado previamente, las soluciones actuales para el entorno social son adaptaciones de las tecnologías clásicas de videoconferencia, sin haber ninguna predominante en el mercado. Sin embargo, se pueden destacar las siguientes soluciones:

- Cruz Roja [5]: la solución propuesta por esta entidad se centra en la evolución de los sistemas de videoconferencia para la estimulación cognitiva, basándose en interfaces simples y usables. Actualmente, Cruz Roja presta este servicio a personas de edad avanzada y problemas de movilidad y/o aislamiento con deterioro cognitivo leve o moderado.
- Vidyó [6]: esta empresa estadounidense proporciona servicios de videoconferencia para entornos de cuidado doméstico, ambulatorio y urgencias, destacando por su conjunto de casos de éxito en numerosas entidades médicas.
- ForeFront Telecare [13] en colaboración con CoroWare [14] ofrece un servicio de teleatención médica para consultas y consejos.

Tras este breve repaso del estado del arte en estos tres ámbitos, es importante destacar que la solución de Smart Assist supone una innovación disruptiva gracias a la combinación de cuatro ámbitos principales: (i) no existe ninguna solución que posibilite la prestación de los tres servicios de forma integrada y el aprovechamiento de las sinergias generado por esta integración; (ii) el paradigma de teleasistencia domiciliaria utilizado por este sistema posibilita una teleasistencia avanzada y preventiva con capacidad de generar alertas autónomas (sin necesidad de ninguna acción por parte del usuario) en situaciones que se salgan fuera de los patrones de comportamiento habituales del usuario; (iii) se plantea la integración de dispositivos médicos y monitorización de las variables

de salud como valor añadido a la solución propuesta; y (iv) se garantiza la accesibilidad de la solución a colectivos con diversidad funcional.

3. Descripción general de la solución propuesta

Tal y como se ha comentado en la introducción de este artículo, Smart Assist propone el desarrollo de una pasarela inteligente para la integración de sensores y dispositivos inteligentes, con capacidad para la integración en plataformas de gestión de IoT (Internet de las Cosas) como SOFIA2 o FIWARE, soportando el concepto de sistema de Teleasistencia inteligente que combine e integre los beneficios de las diferentes modalidades de prestación del servicio de atención a los usuarios (Teleasistencia domiciliaria avanzada con monitorización social y médica integrada, Teleasistencia móvil y video atención). Asimismo, el proyecto tendrá en cuenta las necesidades específicas de colectivos con diversidad funcional, proporcionando nuevos interfaces de comunicación con los usuarios desde un único terminal en el domicilio garantizando a las personas con discapacidad el cumplimiento de los Principios de Accesibilidad Universal y Diseño para Todos. En la Imagen 2 se pueden observar los distintos servicios fundamentales que se integran en la solución propuesta.

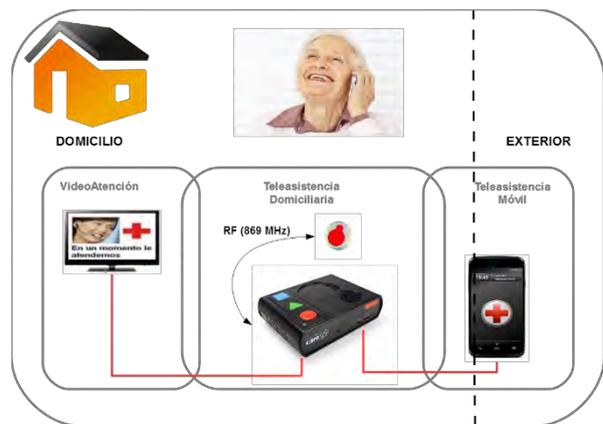


Imagen 2: Servicios integrados por la solución Smart Assist

Para la prestación de estos servicios integrados, la solución Smart Assist se apoya en un elemento central en el domicilio del usuario, llamado Unidad Domiciliaria Inteligente (UDI), que es una pasarela inteligente multiprotocolo con capacidad para comunicarse con los diversos elementos funcionales que componen la solución (como son el smartphone para teleasistencia móvil, el pulsador de emergencia, la televisión y la cámara para videoatención, los diversos sensores de monitorización del comportamiento, etc.) a

través del uso de un conjunto de protocolos de comunicación estándar (tales como 802.11 WiFi, 802.15.4, Bluetooth y frecuencias para uso social). Además, la UDI es la encargada de soportar los servicios de teleasistencia básica tradicionales (llamada a través de línea telefónica tradicional, integración de pulsador de emergencia o de dispositivos de alarmas técnicas, entre otros). Esta UDI también se encarga de procesar y encaminar la información generada por cada uno de los elementos del sistema a las distintas plataformas IoT, tanto propietarias (como es el caso de la de los proveedores de servicio) como estándares (como FIWARE, SOFIA2, UniversAAL y OpenIoT).

De esta manera, tal y como se puede ver en la imagen 3, el sistema completo se compone de dicha UDI y un conjunto de sensores y actuadores, tanto activos (que requieren de una acción por parte del usuario, como por ejemplo el pulsador de emergencia o los dispositivos médicos) como pasivos (que recogen información de las acciones del usuario sin necesidad de que este realice ninguna acción particular, como por ejemplo los sensores de presencia o el interruptor de iluminación). La UDI se comunica con cada uno de estos sensores de forma continua y transparente para el usuario y genera un conjunto de eventos que el sistema utiliza para extraer el patrón de comportamiento del usuario y realizar las acciones pertinentes (generar alarmas por email/SMS en el caso de que estos patrones estén fuera del rango establecido, encender o apagar luces, etc.). Asimismo, la UDI se encarga de consolidar a través de conexión de datos (ya sea a través de Ethernet o red móvil) la información recogida en las plataformas IoT propietarias y estándar de forma segura, privada y confidencial. De esta manera, los familiares y cuidadores pueden acceder de forma remota en tiempo real al estado de la persona de interés (siempre que le hayan sido concedidos los permisos adecuados por parte del usuario).

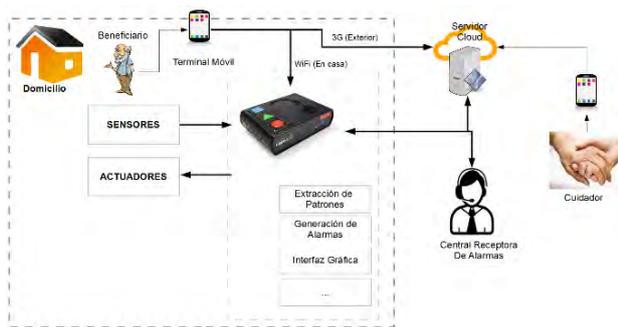


Imagen 3: Funcionamiento avanzado del sistema

En los siguientes subapartados se entra en un mayor detalle en la descripción de los principales bloques constituyentes de la solución Smart Assist, las relaciones entre ellos y las funcionalidades de los mismos.

3.1. Unidad Domiciliaria Inteligente (UDI) y sistema CareLife™

Como se ha comentado previamente, la UDI es el elemento central del sistema Smart Assist y consiste en un dispositivo electrónico inteligente con capacidad de procesado y de comunicación multiprotocolo, que recibe, procesa y encamina la información generada por los dispositivos periféricos hacia las plataformas middleware IoT en la nube. El diseño de la UDI para el proyecto está basado en el producto de Televes CareLife™ [15], respetando las principales ventajas y capacidades de esta.

A nivel hardware, la UDI dispone de un procesador embebido de 1GHz que permite la carga de un sistema operativo completo, en este caso Linux. Adicionalmente, este procesador dispone de interfaces con los diversos elementos hardware que componen el sistema, entre los que destacan:

- Módulos de comunicación de área local: de cara a dar soporte a la red de sensores y dispositivos dentro del hogar, la plataforma dispone de Bluetooth, 802.15.4, 802.11 WiFi y un sistema propietario de alarma social en 869 MHz.
- Módulos de comunicación de área extendida: de cara a enviar la información a los servidores cloud, a la comunicación por voz con la central receptora de alarmas del proveedor de servicios y el envío de datos a las distintas plataformas IoT, la plataforma dispone de Ethernet, módem 3G y módem RTC/PTSN.
- Conexión HDMI para la televisión,
- 4 puertos USB para la conexión, entre otros, de una cámara web para videoconferencia.
- Una botonera con tres botones de tamaño acorde a la normativa de teleasistencia, diferenciados en forma, color y a través de códigos Braille para poder ser diferenciados al tacto.
- Fuente de alimentación y batería de soporte que garantiza su funcionamiento en situaciones de corte de alimentación durante 24 horas.
- Micrófono y altavoz para dar soporte a las comunicaciones por voz y generar mensajes sonoros.
- LEDs de estado y señalización.

A nivel software, y teniendo en cuenta que sobre el procesador se dispone de una distribución de Linux adaptada a las características del hardware, se ha desarrollado una capa de abstracción de hardware (HAL – Hardware Abstraction Layer) que facilita el acceso a los recursos físicos e interfaces previamente comentadas, así como arbitra el acceso compartido a ciertos recursos como altavoz y micrófono. Sobre esta capa HAL, se han construido en paralelo dos

arquitecturas funcionales, con comunicación a través de sockets Linux, como son:

- Librerías y arquitectura Linux para dar soporte a una máquina virtual Java (JVM) y, sobre esta, la plataforma de servicios Knopflerfish de OSGi (Open Service Gateway initiative).
- Librerías y arquitectura Android 6.0 Marshmallow para dar soporte a aplicaciones en esta plataforma y disponer de una salida gráfica nativa hacia la interfaz HDMI.

Esta combinación de arquitecturas, que se puede distinguir en la Imagen 4, permite dar soporte a un gran número de librerías y aplicaciones al soportar frameworks de desarrollo tan habituales como Java, Android y OSGi. Asimismo, el uso de estos entornos proporciona librerías y servicios que facilitan la comunicación intercapa y con el resto de elementos del sistema. Para llegar a esta solución, el sistema se ha basado en la herramienta Yocto Project [16], que permite generar distribuciones open-source específicas y personalizadas para productos basados en sistemas embebidos, como es el caso de la UDI del proyecto Smart Assist.

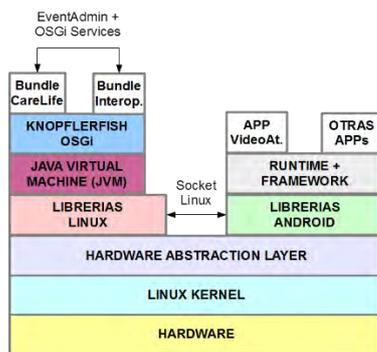


Imagen 4: Arquitectura software de la UDI

Las arquitecturas hardware y software previamente comentada permiten disponer de un sistema que se comunica con la red de sensores del domicilio y realizar una estimación del comportamiento del usuario en el mismo, pudiendo generar alertas de forma preventiva cuando los patrones de comportamiento se alejen de los esperados y seguros. Asimismo, permite la programación y ejecución de recordatorios personalizados al usuario. También, de cara a la configuración del sistema y a la interfaz con el usuario y el cuidador, actúa como servidor web disponiendo de una interfaz de visualización web simple y responsive para diferentes dispositivos (móvil, Tablet, PC, etc.) que se puede ver en la Imagen 5. Estas funcionalidades extendidas completan el servicio de teleasistencia básica habilitando de esta manera el concepto de teleasistencia avanzada.

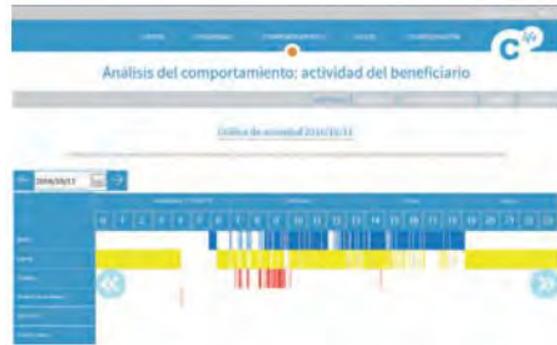


Imagen 5: Interfaz web de visualización del comportamiento

3.2. Terminal de Teleasistencia Móvil (TAM)

Otro de los elementos clave en Smart Assist es el uso de un smartphone como terminal de Teleasistencia Móvil (TAM). Cruz Roja España y la Fundación de Tecnologías Sociales (TECOS), han desarrollado y evolucionado su sistema de teleasistencia móvil desde el año 2004 [17], partiendo de las capacidades tecnológicas disponibles en cada momento. La evolución del mercado de la telefonía móvil y, en particular, la irrupción de los smartphones como dispositivos integrados, ha revolucionado numerosas soluciones tecnológicas. De este modo, la teleasistencia móvil se ha adaptado a estas nuevas capacidades tecnológicas y Fundación TECOS ha desarrollado una nueva versión de su sistema [18], basándose en un smartphone Android y las capacidades que éste proporciona. Asimismo, la evolución del TAM se ha realizado de manera que garantice de manera inclusiva y universal, la accesibilidad de todos los colectivos a este servicio, cumpliendo los criterios de Accesibilidad Universal y haciéndola compatible con los productos de apoyo disponibles en el mercado, lo que le ha permitido obtener la certificación de ILUNION Tecnología y Accesibilidad [19] como sistema accesible. Esta versión accesible y sobre Android del TAM, cuya interfaz se puede ver en la Imagen 6, sirve como punto de partida para el proyecto Smart Assist. Las capacidades de comunicación típicas de un smartphone permiten generar una comunicación directa con la UDI a través de WiFi y una comunicación directa móvil con el servidor cloud a través de red móvil (3G o 4G).



Imagen 6: Interfaz del terminal de teleasistencia móvil (TAM)

Por lo tanto, estas capacidades técnicas y de comunicación del TAM basado en Android permiten las siguientes funcionalidades:

- A nivel de accesibilidad:
 - o Notificaciones: acústicas, luminosas, gráficas y vibración, personalizables en función de las preferencias/necesidades del usuario
 - o Activación de alarma mediante botón físico (botón lateral de fácil acceso)
 - o Botones adecuados en tamaño, contraste y combinación de colores.
 - o Diseño de menús adaptado, simplificado y personalizable.
 - o Inclusión de un módulo de comunicación para personas sordas.
 - o Inclusión de herramientas para el uso por parte de personas con movilidad reducida (pulsador accesible, seguimiento de rostro).
 - o Compatibilidad con el lector de pantalla para el uso por parte de personas ciegas.
- A nivel técnico:
 - o Realización de llamada de emergencia cuando el usuario se encuentra en el exterior
 - o Comunicación a través de WiFi y 3G basándose en protocolos IP, tanto a nivel local como hacia Internet.
 - o Estimación de los pasos caminados por el portador del TAM.
 - o Estimación de la posición basándose en GPS cuando se encuentra con el exterior.

Actualmente, la solución TAM y la UDI se comunican a través de WiFi cuando ambos sistemas se encuentran en el domicilio del usuario, proporcionando un servicio de teleasistencia integrado. Esto permite diversas funcionalidades como la detección de la llegada del usuario al domicilio, el encaminamiento de las llamadas cuando está en el domicilio a través de la UDI o el intercambio de mensajes de estado (batería, cobertura, etc.) entre ambos elementos.

En el entorno del proyecto Smart Assist, se añadirán las siguientes funcionalidades al sistema:

- Desarrollo de una aplicación de podómetro que cuente pasos y distancia realizados por el usuario.
- Integración y comunicación de esta información con la UDI.
- Desarrollo de un canal de comunicación entre el TAM y el servidor cloud.
- Captura de la posición del usuario cuando se encuentra en el exterior.
- Integración y comunicación de esta información con el servidor cloud.

- Generación de nuevas alarmas y recordatorios en la UDI a partir de estas nuevas medidas.
- Desarrollo de un sistema de comunicación basado en pictogramas.

De esta forma, se completarán las funcionalidades integradas de teleasistencia domiciliar y móvil en un solo sistema y maximizando las sinergias entre ambos.

3.3. Videoatención integrada

Del mismo modo que en el caso del TAM, la videoatención ha sido un proyecto que Fundación TECSOS y Cruz Roja han desarrollado para el apoyo a personas con deterioro cognitivo [5]. Como se ha comentado previamente, el sistema de videoatención se basa en el uso de tecnologías de videoconferencia adaptadas a los requisitos especiales de la aplicación. En particular, el sistema de videoatención utiliza RTP y RTMP como protocolos de transporte y comunicación para la videoconferencia, siguiendo una arquitectura como la que se puede observar en la Imagen 7, en la que existe un servidor de señalización RTMP (cuya principal labor es habilitar la comunicación RTP directa entre ambos extremos de la comunicación) y un servidor FTP principalmente orientado a la configuración de parámetros y apariencia de la aplicación y a la actualización de las distintas versiones de la misma, de forma que se permita un mecanismo de actualización automática cuando se publique una nueva versión.

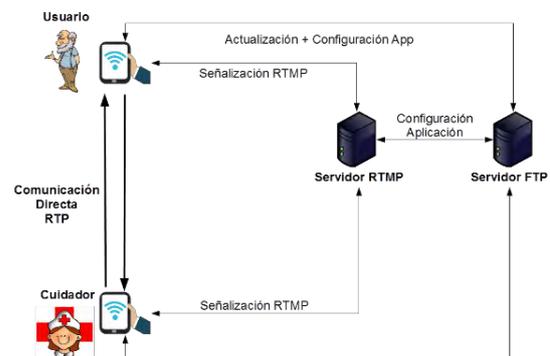


Imagen 7: Arquitectura de videoatención

Asimismo, se ha generado una interfaz gráfica orientada a personas mayores que facilite el uso de estas tecnologías para la aplicación mencionada. El principal objetivo de la aplicación es que el usuario pueda realizar o aceptar una llamada del proveedor de servicio de la forma más simple posible, por lo que se han diseñado un conjunto de pantallas que lo faciliten. Asimismo, se eliminan de la interfaz de usuario las opciones de configuración minimizando la información presentada para confort del usuario. En la Imagen 8 se pueden ver dos capturas del funcionamiento de la

aplicación. La calidad soportada para las videollamadas es seleccionable entre CIF y QCIF (para canales de comunicación complejos), suficiente para asegurar la funcionalidad de la llamada. La aplicación de usuario se ha desarrollado sobre Android, de forma que sea portable a otros dispositivos de manera sencilla (aunque no inmediata) y que se pueda ejecutar sobre un Tablet o una televisión con un set-top-box (STB) Android. En el caso de la UDI (conectado a través de HDMI), y de cara a facilitar la conmutación de canales y de entradas de la televisión, se utiliza el protocolo HDMI-CEC [20] (Consumer Electronics Control) que permite acciones como el encendido/apagado de la televisión o la conmutación de la entrada de la televisión, entre otros, de forma autónoma desde el STB.



Imagen 8: Capturas del funcionamiento de videoatención (recreación)

El proyecto Smart Assist se centra en hacer esta aplicación independiente del hardware sobre el que corra e integrar la videollamada como valor añadido al servicio de teleasistencia para casos en los que tenga interés o relevancia, como puede ser el caso de personas sordas (permitiendo la comunicación por lenguaje de signos) o de personas ciegas (como asistente en casos en los que sea necesario ver el color de un objeto o las letras escritas en él), por ejemplo.

3.4. Periféricos clave para accesibilidad

Otro de los aspectos clave del proyecto es la incorporación de nuevos dispositivos al conjunto de sensores y actuadores que mejoren la accesibilidad del sistema para distintos colectivos con diversidad funcional. Algunos de estos dispositivos ya se han ido introduciendo previamente como elementos constituyentes de alguno de los servicios integrados, pero se recogen en esta lista con el fin de asociarlos a los principales colectivos a los que se dirigen. Los

principales periféricos que se introducen para mejorar la accesibilidad son:

- *Televisión con HDMI y webcam:* de cara a dar soporte a servicios de videoconferencia, se permitirá la conexión de una televisión por HDMI y de una webcam a la UDI, permitiendo la ejecución de la aplicación de videoatención. Esta evolución está principalmente orientada a personas sordas y ciegas.
- *Mando a distancia inalámbrico:* para controlar la aplicación de videoatención y la interfaz con la televisión, se añade un mando inalámbrico comunicado con la UDI. Partiendo de un mando comercializado por Televes, se ha realizado un rediseño accesible que incluye diferenciación de botones por forma y color, introducción de Braille sobre los botones y separación de los botones para facilitar su uso. Se puede ver el diseño de este mando en la Imagen 9. Esta adaptación está principalmente orientada a personas con problemas visuales, poca movilidad o discapacidad cognitiva.
- *Pulsador de emergencia accesible:* utilizando tecnologías de impresión, se diseña y construye una adaptación del pulsador de emergencia que seguirá trabajando en frecuencia social pero que permite su activación con la palma de la mano o el puño. Esta adaptación está principalmente orientada a personas con poca movilidad en las manos.
- *Interruptor eléctrico radiocontrolado:* basándose en el estándar de comunicaciones 802.15.4, se ha desarrollado un dispositivo que permite controlar la corriente que se entrega a un punto de alimentación (alimentar o cortar un enchufe, por ejemplo). Este tipo de dispositivo permite, por ejemplo, encender y apagar una bombilla para dar mensajes a través del parpadeo de la misma.

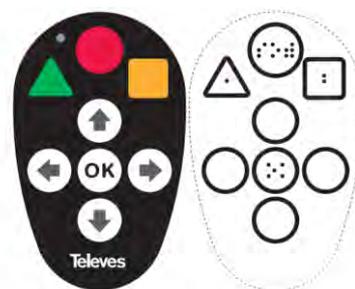


Imagen 9: Diseño de la etiqueta del mando adaptado

De la misma forma, no se descarta la adición a lo largo del proyecto de nuevos dispositivos que permitan mejorar la accesibilidad global del sistema. Esta mejora en el conjunto de dispositivos accesibles, irá acompañada de un rediseño de las interfaces web tanto

de visualización de datos de usuario como de beneficiario con el objetivo final de alcanzar el cumplimiento de los requisitos de nivel AAA, con un nivel mínimo de conformidad AA, de acuerdo a las especificaciones marcadas por la Web Accessibility Initiative (WAI) [21].

3.5. Plataformas IoT

Otro de los ejes fundamentales del proyecto Smart Assist es la interoperabilidad del sistema a nivel plataformas IoT en la nube. Como se ha comentado en la introducción de este apartado, la UDI y el TAM se conectan a un Servidor Cloud privado (propiedad del proveedor de servicio y de acuerdo a las normativas de protección de datos) para consolidar la información que capturan sobre el usuario. Este servidor privado se puede ver, en sí mismo, como una plataforma IoT propietaria del que únicamente el proveedor de servicio conoce su arquitectura y el modelo de datos que reside en ella.

Actualmente, uno de los factores que está frenando la explosión de las soluciones IoT es la gran heterogeneidad de plataformas IoT propietarias, donde cada entidad almacena la información de forma particular sin permitir la explotación de las sinergias entre diversos campos de aplicación. El objetivo del proyecto es definir un conjunto de mecanismos que garanticen la compatibilidad con las plataformas cloud IoT más extendidas (SOFIA2, FIWARE, UniversAAL y OpenIoT), creando un único punto de acceso o concentración de la información para que sea controlable por la entidad pública o privada que se encargue de su gestión y se pueda explotar con facilidad.

La interoperabilidad entre plataformas IoT se consigue mediante la definición de una nueva capa a la cual se conectan las distintas plataformas IoT y que se encarga de gestionar la representación virtual de los dispositivos y permite acceder a su información y propiedades. La solución propuesta también busca la interoperabilidad semántica entre plataformas, es decir, que los datos puedan ser interpretados de manera uniforme independientemente de la plataforma. La interoperabilidad semántica se consigue por medio de la traducción semántica de las ontologías de las distintas plataformas. Además, se garantizan de esta manera aspectos no funcionales como la seguridad, la privacidad y la calidad de servicio.

Esta integración con las plataformas IoT se consigue a través del uso de dos capas de abstracción:

- A nivel UDI, se dispone de un conjunto de bundles OSGi suscritos a la información generada por el bundle Carelife™, que se encargan de recoger la información y traducirla a los protocolos de comunicación y

especificaciones de cada una de las plataformas IoT objetivo.

- A nivel cloud, de cara a facilitar el acceso transparente al conjunto de datos, se genera una capa de interoperabilidad entre middlewares que permita un acceso conjunto a toda la información semánticamente equivalente sin tener en cuenta la plataforma en la que se encuentre.

De esta forma, el sistema de Smart Assist estará preparado para soportar aplicaciones *cross-domain* (en varios dominios de conocimiento), como podría ser la integración de otros servicios sociales y servicios sanitarios, ya que el sistema CareLife™ incluye sensores de medidas médicas.

4. Metodología de desarrollo

Como se ha comentado en la introducción del artículo, la metodología de desarrollo en la que se basa el proyecto es la *Design Thinking* [1], en la que se definen un conjunto de procesos para conseguir un resultado orientado al usuario final de la solución. Los procesos involucrados se pueden ver en la Imagen 10 y se centran en incluir al usuario final en todos los aspectos del desarrollo y validación de un producto, desde su concepción (en la fase de empatía) hasta su puesta en el campo (en la fase de pruebas). Por eso, el equipo de trabajo del proyecto Smart Assist está formado por expertos en campos complementarios y clave como la tecnología, los servicios sociales y la accesibilidad.

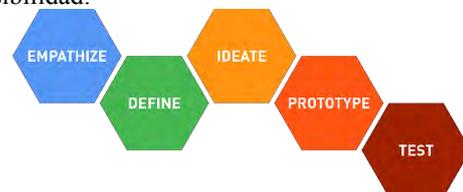


Imagen 10: Metodología de Design Thinking

4.1. Metodología de captura de requisitos

De cara a conseguir extraer los requisitos clave de los usuarios, siguiendo los principios del Diseño para Todos, se realizaron un conjunto de *focus groups* con el objetivo de conocer de primera mano la opinión de los potenciales usuarios de la solución Smart Assist y adaptar la solución a sus preferencias y necesidades. Para ello se presentó la solución y el funcionamiento del sistema y se preguntó acerca de la UDI, los periféricos y la sensorización.

Además de la participación de las entidades que componen el equipo de trabajo del proyecto, se contó con la participación de los siguientes colectivos:

- Entidades relacionadas con la discapacidad física, con la participación de

ASPACE/APAMP [22], COGAMI [23] y ASPAYM Galicia [24].

- Entidades relacionadas con la discapacidad intelectual, con la participación de BATA [25].
- Entidades relacionadas con la discapacidad sensorial, con la participación de FAXPG [26], ACOPROS [27] (colectivos con discapacidad auditiva), y ONCE Galicia (colectivo con discapacidad visual).

Los requisitos extraídos durante estas actividades fueron ordenados y clasificados desde el punto de vista de impacto para los colectivos, dificultad técnica y desarrollo comercial, de forma que se priorizaron y fueron incluidos en los requisitos del proyecto. Es necesario destacar que una de las conclusiones clave es que los colectivos consultados remarcan la importancia de la posibilidad de ser atendido en situaciones de emergencia y disponer de un centro de atención confiable.

Asimismo, estos requisitos funcionales han sido traducidos y completados con un conjunto de requisitos técnicos que permiten mantener las capacidades de teleasistencia de la solución CareLifeTM.

4.2. Metodología de validación

De cara a cumplir con las dos últimas fases de la metodología propuesta (prototipar y testear), se ha definido un plan de validación en tres niveles: técnica, funcional por parte de expertos y social a través de un piloto. Este conjunto de procesos tiene como objetivo general realizar una verificación y validación funcional de los elementos constituyentes del sistema (UDI, TAM, periféricos, etc.), valorando si el proyecto satisface las especificaciones funcionales propuestas. El plan contempla una verificación de las funcionalidades del sistema en laboratorio y una validación a través de las opiniones y la experiencia de uso de los usuarios que cumplen el perfil definido en el proyecto, así como de personal del ámbito social de Cruz Roja y personal técnico de TECSOS, debido a su *expertise* en estos campos. De esta forma, las tres fases se resumen de la siguiente manera:

- Validación técnica: con una duración aproximada de un mes, se centra en realizar un conjunto de pruebas que garanticen la funcionalidad técnica de los sistemas desarrollados y será llevada a cabo por expertos técnicos.
- Validación funcional por expertos: tras superar la fase técnica, el sistema será validado por un conjunto de expertos del ámbito social (tanto con conocimientos tecnológicos como no) para garantizar la usabilidad y la adecuación a las

demandas sociales, de forma que se reproduzca el piloto a pequeña escala.

- Validación social a partir de un piloto: se plantea la instalación del sistema durante 6 meses en 25 domicilios de usuarios potenciales, que vivan solos y con la siguiente distribución:
 - o 10 perfiles con diversidad funcional incluyendo movilidad reducida, daño cerebral, discapacidad visual o auditiva, autismo y parálisis cerebral, priorizando a los que se encuentren entre 55 y 75 años.
 - o 15 perfiles de edad avanzada, entre 65 y 75 años, con enfermedades crónicas.

Esta validación social se completará con el uso de entrevistas de seguimiento y de finalización, así como a través de cuestionarios principalmente focalizados en la evaluación de la facilidad de uso y la percepción global el sistema del usuario y de los cuidadores.

Así pues, este sistema será validado en entornos reales y tanto por usuarios de teleasistencia más clásicos como por personas con diversidad funcional, para los cuales se ha demostrado que un sistema de llamada de emergencia en el hogar e integrado con el exterior puede ser de gran utilidad.

5. Estado de avance del proyecto y resultados previos

Smart Assist es un proyecto en colaboración realizado por Televés, Fundación Vodafone España, Universitat Politècnica de Valencia y Fundación TECSOS, que cuenta además con la colaboración de Cruz Roja Española aportando su conocimiento y experiencia en la atención a personas y la validación social de la solución propuesta, está financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad en la convocatoria Retos Colaboración del año 2016 y se extiende desde septiembre de 2016 a diciembre de 2018. Por lo tanto, el proyecto está todavía en sus fases iniciales, tras la captura de los requisitos funcionales y técnicos e iniciando los diversos desarrollos tecnológicos. La ejecución del piloto descrito previamente permitirá actualizar los resultados de los informes extraídos del piloto de teleasistencia avanzada (150 usuarios aproximadamente) realizado en Galicia durante anualidades previas (2015 y 2016) y actualmente activo, y completarlo con la información correspondiente a los perfiles con diversidad funcional.

En el informe previamente comentado, y gracias a las capacidades del sistema para extraer los hábitos de comportamiento de los usuarios, se extrajeron datos relativos a los hábitos de sueño, hábitos alimenticios, estimaciones de la actividad diaria y su evolución,

alarmas y se estimó el comportamiento medio de un usuario de teleasistencia (como ejemplo de estos resultados, la gráfica de la Imagen 11 muestra los hábitos de uso del frigorífico, encontrando picos en las horas medias de desayuno, comida y cena).

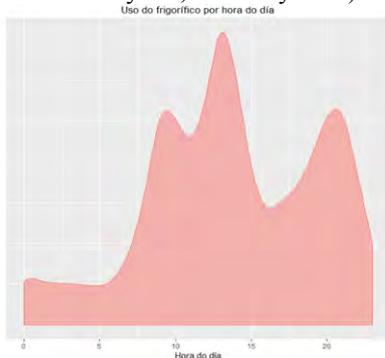


Imagen 11: Uso del frigorífico a lo largo del día

6. Conclusiones

Este artículo presenta la arquitectura general de un sistema de teleasistencia integrado y ubicuo a partir de la integración de servicios hasta ahora inconexos, como puede ser la teleasistencia domiciliaria, la teleasistencia móvil y la videoatención. Asimismo, las capacidades de los sistemas de teleasistencia se han incrementado a través del uso de tecnologías de vanguardia como puede ser el Internet de las Cosas, permitiendo garantizar la interoperabilidad del sistema tanto a nivel de aplicación como a nivel de plataforma cloud. Adicionalmente, se han introducido los procedimientos de diseño y validación que permiten colocar al usuario en el centro del desarrollo tecnológico lo que ha permitido garantizar la accesibilidad a los servicios de personas con diversidad funcional.

Así pues, el proyecto Smart Assist supone una aproximación innovadora y disruptiva al concepto de teleasistencia a través de la integración de servicios y aprovechamiento de las sinergias resultantes, el uso de sistema de monitorización para la teleasistencia preventiva e inteligente, la integración de medidas médicas y el diseño de una solución accesible para diversos perfiles.

7. Referencias

- [1] T.Brown, *Change by Design: How Design Thinking Transforms Organizations and Inspires Innovation*, Harper Collins, 2009.
- [2] EUROSTAT, doi: 10.1186/0778-7367-70-23
- [3] *Growing the European Silver Economy*, Comisión Europea. Febrero 2015.
- [4] *UNE-EN 50134: Sistemas de alarma social*. AENOR.

- [5] <http://www.cruzroja.es/teleasistencia/es/teleasistencia-videoatencion.html>
- [6] <https://www.vidyo.com/video-conferencing-solutions/healthcare>
- [7] <http://www.tunstall.com/>
- [8] <http://www.neat-group.com/es/?lang=es>
- [9] <http://www.telealarm.com/de/>
- [10] <https://www.caretech.com/>
- [11] <http://corporate.doro.com/>
- [12] <http://www.mimov.com/>
- [13] <http://www.forefronttelecare.com/>
- [14] <http://www.coroware.com/>
- [15] <http://www.carelifehomeservices.com/es/home>
- [16] <https://www.yoctoproject.org/>
- [17] <http://www.fundaciontecsos.es/es/proyectos/proyectos-realizados/teleasistencia-movil-tam>
- [18] <http://www.fundaciontecsos.es/es/proyectos/proyecto-en-curso/teleasistencia-movil-accesible>
- [19] <http://consultoria.ilunion.com/>
- [20] [http://elinux.org/CEC_\(Consumer_Electronics_Control\)_over_HDMI](http://elinux.org/CEC_(Consumer_Electronics_Control)_over_HDMI)
- [21] <https://www.w3.org/WAI/>
- [22] <http://www.apamp.org/index.php>
- [23] <http://www.cogami.es/es/>
- [24] <http://www.aspaymgalicia.org/>
- [25] <http://www.autismobata.com/index.aspx>
- [26] <http://www.faxpg.es/>
- [27] <http://www.acopros.org/index.php>

*Todas las referencias web han sido actualizadas en junio de 2017

El proyecto Smart Assist está financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad, a través de la convocatoria Retos-Colaboración dentro del Programa Estatal de Investigación, Desarrollo e Innovación Orientada a los Retos de la Sociedad cofinanciado por los Fondos Europeos de Desarrollo Regional (FEDER).



Lazzus – el Asistente de Movilidad para las Personas con Discapacidad Visual

Francisco Pérez Alonso
Lazzus - CEO
francisco.perez@lazzus.com

Resumen /Abstract

Lazzus es el Asistente de Movilidad para las personas ciegas y con discapacidad visual. Lazzus se enfoca especialmente en mejorar la autonomía y reducir la dependencia de la comunidad con discapacidad visual. Nuestra aproximación es diferente del resto de soluciones GPS que únicamente llevan de un punto a otro. Con Lazzus damos la posibilidad de explorar otros lugares (pasos de cebra, semáforos, tiendas, cruces de calles, etc.). Lazzus es especialmente recomendable para Turismo Accesible.

Lazzus is the Mobile Assistant for the Blind and Visually Impaired. Lazzus specially focuses on improving autonomy and reducing dependency, having the chance to explore what's around. Our approach is different than the rest of GPS solutions based only on taking someone from point A to point B. We want to explore new places (crosswalks, traffic lights, stores, crosses, etc). Lazzus is specially recommended for Accessible Tourism.

1. Introducción

Imagínese que se encuentra justo en el cruce entre la Alameda y la Calle Marqués de Larios de Málaga, y quiere descubrir qué hay en la Calle Larios, una de las calles más bonitas y turísticas de la ciudad. Además, usted tiene algún tipo de discapacidad visual y se encuentra solo. Comienza a caminar, y rápidamente siente incertidumbre e inseguridad, probablemente sería de ayuda escuchar indicaciones sobre lo que se encuentre a su alrededor.

Ahora usted está exactamente en el mismo contexto y posición, comienza a caminar por la Calle Larios pero con una diferencia, hay una “vocecita” que indica “Tienda de ropa a las 10 –según las horas del reloj- a 5 metros” o, cuando usted tenga calor y le apetezca tomar un refresco “Restaurante/Bar adelante y a la

derecha a 10 metros”. Esa “vocecita” se llama Lazzus, y es el Asistente de Movilidad para las personas con Discapacidad Visual, que se describe a continuación.

2. Nuestra aproximación al problema

Con seguridad ya conoce otras aplicaciones que utilizan la señal GPS para guiar a todo tipo de personas, con o sin discapacidad visual [1]. Las soluciones de guiado tradicionalmente tienen 2 problemas: no son accesibles ni han sido diseñadas para todas las personas y, además, se enfocan únicamente en las indicaciones para llegar de un punto A a un punto B. Con las soluciones tradicionales se escuchan mensajes del tipo “a 50 metros gire a la derecha en una Calle Sancha de Lara” pero probablemente ese mensaje no resulte accesible para todos ni tampoco sabrá qué hay en la Calle Sancha de Lara ni en ninguna otra Calle o Plaza por las que transite en su guiado.

Lazzus no pretende sustituir a las soluciones de guiado, sino más bien complementarlas y añadir cuanta más información mejor en cualquier trayecto, por supuesto de forma totalmente accesible. De esta forma, queremos que las personas con discapacidad visual puedan mejorar su autonomía y reducir su dependencia, explorando todo lo que hay a su alrededor: elementos de movilidad (pasos de cebra, semáforos, cruces de calle, escaleras, paradas de autobuses o de taxis, etc.), establecimientos comerciales (tiendas, peluquerías, pastelerías, zapaterías, etc.) e incluso se permite que cualquier usuario pueda añadir cualquier lugar que sea de su interés (por ejemplo, su domicilio o la casa de un familiar).

De esta forma, Lazzus llena el “vacío de información” que sienten las personas ciegas o con discapacidad visual al trasladarse de un punto a otro [2], brindando una herramienta para mejorar su autonomía personal al permitir explorar y descubrir lugares que todavía no conocía o puntos de especial

interés para su movilidad (pasos de cebra o semáforos, por ejemplo).

3. Características técnicas

A día de hoy Lazzus está disponible en formato aplicación móvil tanto en iOS (iPhone Apple) como en Android.

Lazzus se basa en 2 sensores que cualquier dispositivo móvil tiene hoy en día: GPS y brújula digital. Se conoce la posición y localización del usuario mediante el GPS del dispositivo así como la orientación del dispositivo gracias a la brújula en todo momento. Combinando la información del GPS y de la brújula Lazzus crea un campo de visión artificial, en realidad un campo auditivo como veremos en el Apartado 3.2, que nos permite detectar el área concreta en la que el usuario está poniendo su atención en cada momento.

A nivel técnico Lazzus se basa en 2 conceptos clave: Puntos de Interés y Campo de Visión.

3.1. Puntos de interés

Lazzus tiene un sistema propio para generar Puntos de Interés (POI, Points of Interest) geoposicionados en cualquier ciudad del mundo en muy poco tiempo, consumiendo diferentes recursos de la red. Nuestra Base de Datos de POIs se nutre de 3 fuentes de información: - Pública como **Open Street Maps**, se incluye aquí la información de movilidad - Privada como es **Google Places**, se incluyen tiendas, establecimientos comerciales, etc. - La generada por la comunidad de usuarios de Lazzus

3.2. Campo de visión

Lo que realmente hace único a Lazzus en comparación con el resto de herramientas, es que permite simular el campo de visión de la persona en tiempo real e indicarle información sobre los puntos hacia donde “mira” en cada momento, como si de una linterna se tratase.

De esta forma, con Lazzus siempre puede saber cuál es su posición con respecto a cualquier punto detectado.

Este campo de visión virtual –en realidad es un campo auditivo- se divide en 3 zonas diferenciadas: zona izquierda, zona derecha y zona central. Cuando un punto del mapa penetra en cada una de las diferentes zonas se le indica al usuario con un sonido característico, identificando así su posición con respecto al punto que acaba de detectar; o directamente

si está en la zona central, recibiremos una descripción textual de ese lugar.

Todo esto lo veremos mejor con el ejemplo del Paso de Cebra con los planos azul, verde y rojo que aparecen en la Figura 1:



Figura 1. Algoritmo Lazzus para la generación del campo de visión virtual

Suponga que se encuentra delante de este Paso de Cebra. Si apunta a su Lado Izquierdo (entre el plano Azul y el plano Rojo) escuchará un sonido grave. Si apunta a su Lado Derecho (entre el plano Rojo y el plano Verde) escuchará un sonido agudo (intentamos simular la escala musical, en la que a la izquierda tenemos un sonido más grave y a la derecha tenemos los sonidos más agudos). Si apuntamos a la parte central del Paso de Cebra escuchará un sonido identificativo además del nombre del Punto de Interés (“Paso de Cebra”).

Mediante estos sonidos (el campo visual virtual) usted puede saber cuál es su posición con respecto a cualquier punto detectado.

Los cálculos para generar este campo de visión virtual han sido optimizados para llevarlos a la menor complejidad posible (T(1) o complejidad constante), por eso afirmamos que el campo de visión se calcula en tiempo real, es decir, su latencia es inapreciable para el usuario final.

3.3. Otras funcionalidades

Adicionalmente, Lazzus cuenta con las siguientes funcionalidades para conformar un Asistente de Movilidad muy completo y personalizable para cada usuario final:

- **Lista de lugares cercanos:** lugares de interés en un radio de unos 100 metros a la redonda, indicando distancia y situación horaria de cada lugar.
- **Posición actual:** Ciudad, calle y número de la situación actual del usuario en cualquier momento.

- **Filtrado por categorías:** permite activar o desactivar diferentes categorías de modo que la exploración de lugares respete los criterios del usuario en cada momento.
- **Añadir nuevos lugares:** permite al usuario incluir nuevos lugares en el mapa, generando sus propios contenidos personalizados, incluyendo puntos que no se encuentran en ninguna Fuente de información (“Mi Casa”) o, por ejemplo, obstáculos que se han generado recientemente y aún no están recogidos (“Andamio de Obra”, “Baldosa rota en la calle”).

4. Modos de utilización

Lazzus soporta 3 distintos modos de utilización: Modo Linterna, Modo 360° y Modo Transporte.

4.1. Modo linterna

Este es el modo de utilización que hasta ahora se ha descrito, a través del cual se genera un campo visual virtual (en realidad un campo auditivo) para saber cuál es nuestra posición con respecto a cualquier punto detectado.

Le llamamos “Linterna” porque hace que Lazzus se comporte como tal, según a dónde se apunte se indica la posición exacta.

A pesar de que el Modo “Linterna” es la forma “óptima” para utilizar Lazzus y todas sus funcionalidades, muchos de nuestros usuarios nos comentaron que llevar el teléfono en la mano les generaba inseguridad o, simplemente, no podían tenerlo por llevar las manos ocupadas con bastón o perro guía. Por eso decidimos implementar el Modo 360°.

4.2. Modo 360°

Este modo está pensado para poder llevar el teléfono en el bolsillo, sin necesidad de tener que apuntar hacia dónde se quiere explorar. En este modo, Lazzus va reconociendo todo aquello que esté a tu alrededor, en cualquiera de las direcciones, es decir, en los 360 grados y con un radio de 20 metros.

4.3. Modo transporte

Este modo se activa automáticamente al detectar que la velocidad del usuario es superior a una

velocidad de paso normal. Es muy útil cuando el usuario de Lazzus viaja en autobús o en coche, indicando la calle y número en la que se encuentra la persona, actualizando esta información cada pocos metros. De esta forma, el usuario de Lazzus nunca estará desorientado.

5. Accesibilidad

Lazzus es una aplicación orientada a personas con discapacidad visual, con lo que la inclusión de mecanismos de accesibilidad es uno de los objetivos básicos en el desarrollo de la misma. Sabemos que existen mecanismos para asegurar la accesibilidad en las diferentes plataformas de aplicaciones móviles, que deben ser tenidos en cuenta por los desarrolladores. El problema habitual con el que nos encontramos es que no hay leyes ni obligaciones para la utilización de estos mecanismos a las empresas de desarrollo, y por lo tanto, en general, las aplicaciones no son accesibles para nuestros usuarios.

En nuestro caso es obvio que tenemos que tenerlos en cuenta, e incluso hemos tenido que cumplirlos para poder pasar la validación del CIDAT (Centro de Investigación, Desarrollo y Aplicación Tiflotécnica) de la ONCE y obtener su sello. El desarrollo de nuestra aplicación ha ido en paralelo con el estudio y aplicación de este tipo de mecanismos de accesibilidad. Los principales mecanismos de accesibilidad soportados por Lazzus son:

- **Toast (Android):** escritura de mensajes textuales volátiles que indican estados, alertas, informaciones, etc. de la aplicación.
- **Talkback (Android):** mecanismo para leer en voz alta cualquier etiqueta, mensaje, botón, o en definitiva cualquier texto que se muestre en la aplicación.
- **VoiceOver (iOS):** el equivalente a TalkBack de Android en iOS. Este sistema es muy bien valorado por los usuarios invidentes ya que funciona con mucha fluidez, es una de las principales razones por las que hay más usuarios con este tipo de discapacidades con dispositivos iOS en lugar de Android, pese a su precio.
- **Metainformación:** etiquetas especializadas para que los diferentes sistemas de accesibilidad lean mensajes descriptivos a los usuarios en voz alta al situarse sobre un botón, un checkbox, o cualquier control que para

ellos no resulta tan sencillo comprender su funcionamiento.

- **TextToSpeech (Android e iOS):** es una librería (paquete con funcionalidades software que se pueden importar en un proyecto) que permite dictar mensajes en voz alta del mismo modo que lo hacen Talkback o VoiceOver. Es necesario que Lazzus incorpore este sistema por varias razones: asegurar siempre la accesibilidad auditiva si por ejemplo el usuario no activa VoiceOver o Talkback; y poder indicar ciertos mensajes que no hay manera de que estén escritos en ningún texto que puedan leer estos sistemas de accesibilidad. Por ejemplo en iOS no existe Toast (no se pueden lanzar mensajes textuales sobre un estado en cualquier momento que no interfieran en la usabilidad), con lo cual, para indicar un lugar visualizado, es esencial que se puedan enviar mensajes auditivos en cualquier momento; y por ello utilizamos TextToSpeech.
- **Pruebas de accesibilidad con inversión de colores:** utilidad para las personas con restos de visión que puedan tener problemas en la detección de color. Se comprueba que las pantallas de Lazzus se ven correctamente con diferentes configuraciones de colores.
- **Pruebas de accesibilidad con zoom:** del mismo modo se comprueba que las pantallas con el zoom activo se sigan viendo correctamente, puesto que muchas personas con pérdida parcial de visión, tienen esta opción activada y ven los contenidos en un tamaño mucho mayor. Es importante tener esto en cuenta para que en esos casos la aplicación no tenga ningún comportamiento extraño.
- **Manuales de uso:** Se han generado ayudas y manuales de uso de Lazzus en diferentes formatos accesibles para estas personas: en formato web, mp3 y Daisy.
- **Webs y correos accesibles:** uno de los medios de comunicación con los usuarios es mediante las páginas web y correos corporativos. Desde el primer momento se ha querido hacer hincapié en la accesibilidad de estos medios para su correcta comprensión por parte de nuestros usuarios.
- **Línea Braille:** los usuarios sordo ciegos usan unos dispositivos, líneas braille, que les permiten “ver” lo que ocurre en el móvil a través de sus mano mediante el lenguaje

braille. Hemos cuidado que Lazzus sea compatible con esta tecnología, y que si conectas una línea braille a tu móvil, los mensajes que se transmiten sean los correctos.

6. Aplicación en Ciudades Inteligentes (Smart Cities)

Destacaremos en este apartado la integración de Lazzus como Asistente de Movilidad especialmente diseñado para personas con Discapacidad Visual, centrándonos en una Ciudad Inteligente con un enfoque de inclusión, apta para todos los ciudadanos. Con nuestro enfoque pretendemos mejorar la autonomía de las personas con discapacidad visual.

Desde ese punto de vista, Lazzus apuesta por una Ciudad Inteligente centrada sobre todo en las personas, brindando accesibilidad y usabilidad y no tanto en una Ciudad Inteligente enfocada en “ahorro” o “eficiencia económica”.

La solución de SmartCities de Lazzus se dirige a Ayuntamientos/Entidades Públicas y/o Compañías Socialmente Responsables que tendrán a su disposición una web de administración, fácilmente integrable con cualquier otra web ya disponible. Con un usuario y contraseña accederíamos a la parte privada de Lazzus, desde allí:

- Mediante mapas de calor podemos conocer las calles o zonas más o menos transitadas por los usuarios de Lazzus, para tenerlo en cuenta en futuros Planes de Accesibilidad y Urbanismo.
- Comunicación directa con los usuarios de Lazzus, mediante notificaciones que llegan directamente al teléfono móvil.
- De igual forma, se puede introducir información sobre obras en una calle, o elementos de interés para nuestro colectivo. Esto se hace a través de un sencillo interfaz web, marcando una posición en el mapa y dando nombre al lugar.

En resumen, se promueve la construcción de un mapa de la ciudad, que ayude a nuestra comunidad a explorar su entorno con mayor seguridad, y que además pueda ser utilizado por la propia institución con otros fines (Urbanismo/Accesibilidad y comunicación directa con la comunidad de personas con Discapacidad Visual).

7. Aplicaciones en Turismo Accesible

Lazzus puede utilizarse con muy diversos propósitos: exploración de zonas desconocidas –por

ejemplo, ciudades nuevas a las que viajo para hacer turismo-, exploración de zonas aparentemente conocidas – en las que probablemente descubrirás lugares que no sabías que existían-, mejoras de la seguridad personal –detección de señales viales, pasos de cebra, semáforos, paradas de bus/taxi, escaleras, cruces de calle, etc.-.

A continuación, nos centraremos en la aplicación de Lazzus para Turismo Accesible.

Imagínese que una persona de nuestra comunidad quiere darse un baño en alguna de las hermosas aguas del litoral malacitano. Sin Lazzus lo más probable es que siempre tuviera que ir acompañado por alguien de su confianza que le indicara donde está el sendero que lleva desde el Paseo Marítimo hasta la orilla del mar, que después le dirá donde se encuentran las duchas, etc.

Imagínese ahora que hemos incluido todos y cada uno de los puntos de interés de esa playa en Lazzus. Esto puede hacerse de 2 formas: el propio usuario puede hacerlo o bien el Ayuntamiento puede ordenar a Lazzus que añada puntos de interés en cualquier playa (escaleras desde el paseo marítimo hasta la playa, senderos hasta la orilla del mar, duchas, baños, restaurantes, etc.). De esta forma, en el paseo marítimo se puede escuchar “Escaleras hacia la playa a las 9 a 4 metros”, posteriormente “sendero hacia al mar”, cuando caminemos en el sendero se escuchará “chiringuito adelante a la izquierda a 3 metros” o “duchas a las 6” o “orilla del mar adelante a 50 metros”. Después de bañarnos en el mar se escuchará “sendero a las 6 hacia el paseo marítimo”, cuando estemos cerca de las escaleras que nos llevan al paseo marítimo se oirá “duchas a la derecha a 5 metros”, y así hasta llegar de vuelta al paseo marítimo.

Este es un ejemplo básico de lo que es posible con Lazzus. De igual forma que podemos conseguir “playas accesibles para todos” también podemos conseguir “ciudades accesibles para todos”.

8. Impacto Social

Según estimaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), alrededor de 285 Millones de personas padecen algún tipo de discapacidad visual, de las cuales 39 millones son ciegas, lo que supone un 0,7% de la población mundial [3] [4] [5]. Los países en vías de desarrollo representan el 90% de la población afectada por la ceguera en el mundo.

Si consideramos únicamente a los países desarrollados, las estimaciones apuntan a que el número total de personas ciegas se sitúa en torno a los 3,8 millones [6], de los cuales en España tenemos unas 70.000 personas ciegas [7].

Considerando no sólo las personas ciegas, sino también las personas que tienen discapacidad visual severa, en España contamos con un millón de personas con discapacidad visual. Nótese que es un % relevante de la población española, un 2,2% del total, por lo que cualquier iniciativa enfocada a una comunidad tan numerosa tendrá un peso relevante.

Los anteriores números sólo hacen referencia a España, si consideramos el total de la población europea con discapacidad visual obtendremos que 28 millones de europeos tienen discapacidad visual [6].

Es fácil imaginarse el impacto social de millones de personas mejorando su autonomía personal sin necesidad de depender tanto de sus familiares y amigos, explorando por si mismos tanto nuevos lugares como lugares y sitios que tal vez desconocían a pesar de estar en su mismo vecindario. Desde ese punto de vista, Lazzus tiene un enfoque más innovador que las aplicaciones GPS tradicionales que sólo llevan de un punto a otro sin tener en cuenta lo que hay en el camino ni consideraciones de accesibilidad y usabilidad.

Por último, se resalta el modelo gana-gana de Lazzus, ya que no solamente ayuda a la comunidad con discapacidad visual, sino que Ayuntamientos o cualquier otra entidad se beneficia del Sistema de Ciudad Inteligente (Smart City) mejorando su comunicación y teniendo en cuenta la información recogida en el Sistema para planes de accesibilidad y planificación.

9. Referencias

[1] Google Maps, Navigon.

[2] Ortiz P, Matey M. Discapacidad visual y autonomía personal. Enfoque práctico de la rehabilitación. ONCE. 2011

[3] International Agency for the Prevention of Blindness (IAPB). Informe 2010

[4] Vision 2020: The right to sight. World Health Organization (WHO) and International Agency for Blindness Prevention (IAPB). Action Plan 2011.

[5] Web de la Organización Mundial de la Salud (OMS). 2011.

[6] Resnikoff S, Pascolini D, Etya'ale D, Kocur I, Pararajasegaram P, Gopal P., et al. Global data on visual impairment in the year 2002. Bulletin of the World Health Organization . 2004

[7] Registro de Afiliados a la ONCE (2015).

10. Derechos de autor

El autor o los autores de los artículos presentados como soporte documental para sus intervenciones en el Congreso, en el mismo acto de enviarlos para su aprobación, aceptan la cesión de los derechos de autor

sobre los mismos para su publicación en el libro de actas del Congreso.

Orientatech: A social technologies orientator

Álvaro Sánchez García
Fundación TECSOS
alsaga@fundaciontecsos.es

Julián Andújar Pérez
Fundación TECSOS
alsaga@fundaciontecsos.es

Abstract

The Orientatech project is an initiative of TECSOS Foundation that consists of a web portal in which exhaustive reviews of social technology products are published. Sharing information about existing ICT products and solutions that can be useful to promote personal autonomy and active aging.

These reviews are carried out both from the technical point of view by engineers experts in social technologies, and from the social point of view through assessments made by volunteers experts in the social field or volunteers with an end user profile of this type of products.

The publication and mass dissemination of these analysis aims to provide useful and contrasted information to consumers and entities when it comes to acquiring social technology products.

Resumen

El proyecto Orientatech es una iniciativa de la Fundación TECSOS que consiste en un portal web en el cual se publican análisis exhaustivos de productos de tecnología social. Compartiendo y dando a conocer información acerca de los productos y soluciones TIC existentes que pueden ser de utilidad para fomentar la autonomía personal y un envejecimiento activo.

Estos análisis se realizan tanto desde el punto de vista técnico por parte de ingenieros expertos en tecnologías sociales, como desde el punto de vista social mediante valoraciones realizadas por voluntarios expertos en el ámbito social o voluntarios con un perfil de usuario final de este tipo de productos.

La publicación y difusión masiva de estos análisis pretende aportar una información útil y contrastada de cara a consumidores y entidades a la hora de adquirir productos de tecnología social.

1. Introduction

Orientatech is an initiative managed by the Social Technologies Foundation, TECSOS, constituted by Spanish Red Cross and Vodafone Foundation. This project is part of the activities of the Foundation's Social and Technological Observatory.

The project aims to solve two of the major challenges facing European society:

- To promote the active inclusion in society and the working market of the most vulnerable groups such as the elderly people, people with disabilities, ethnic minorities and immigrants, or women in situations of vulnerability.
- To overcome the discrimination of these groups. In this case, encouraging inclusion and participation through the use of Information and Communication Technologies (ICT).

ICT can be considered as elements of inequality or as contributors in the increase of existing inequalities, but, above all, have a high potential equalizing, including and facilitating participation in the social and public life of all individuals.

The reference of the European Digital Agenda identifies certain obstacles that difficult the development of e-inclusion and which seriously undermine efforts to exploit ICT. [1]

These obstacles include the loss of opportunities for the Europeans from fully exploiting the potential of ICTs to cope more effectively with the social challenges arising from the aging of the population or the integration of people with disabilities, among others.



Figure 1: Orientatech logo

The Orientatech project emerges focused on the achievement of the general objectives of the European e-inclusion policy (digital inclusion) to reduce gaps in the use of ICTs and the promotion of the use of ICTs to overcome exclusion and improve economics, employment opportunities, quality of life, participation and social cohesion.

Orientatech is an evolution of online comparators and advisors already existing in other types of sectors adapted to the reality of social technology and its user niche.

The use of comparators and advisors has become popular among consumers. The practice of comparison prior to the purchase decision has been widespread in all areas of consumption. The comparatives are incorporated in a natural way to any purchase process. Undoubtedly, these comparatives of benefits and prices have been facilitated by specialized online portals, which have been incorporated into the market in recent years. [2] Accompanying and advising users, companies and public and private organizations that participate in the ecosystem of inclusion and participation on the use of ICTs for social purpose, the project aims to promote the great challenge described in previous lines at European level.

This knowledge that TECSOS intends to share with society, will stand out for its wealth in developing its analysis of ICT products and services, through specific validations with teams of volunteers formed by end users of social technology and experts in social technologies.

2. Objectives

Main objective

To become a reference for entities and interest groups when analysing ICT solutions that implement social challenges.

Specific objectives

- Creation of networks to promote the improvement of the quality of life of people through technology.
- Perform technological surveillance and analysis of market trends on innovative products and solutions.

- Promote ethical guidelines for the design, development and validation of social applied technologies.
- Apply a standardized process focused on the end user, to perform the analysis of ICT products and services, focused on improving the quality of life of people, based on key indicators and from the socio-technological point of view.
- Share the acquired knowledge and experience developed in TECSOS, through the advice and support to agents and interest groups in both social and technological fields.

3. Web site description

The project is materialized in a web site with the address www.orientatech.eu, in which the analysis carried out on numerous social technology products are put together. Thanks to this web site, users can access to a filtered search according to their needs to find suitable products.

The portal also includes a search filter by types of technology for companies, developers, or technology experts interested in the news and products.

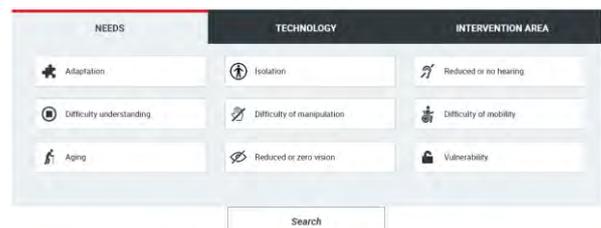


Figure 2: Search filters detail

As an additional searching method, the web includes filters by type of area of action destined to entities, administrations and personnel of the social sector. The web sites also includes news and opinions related to this type of products in order to bring together quality information that allows users to make better decisions when purchasing a product. The project is supported by a set of social networks that are used as a channel for the distribution of information published on the portal itself and intends to become a point of meeting for users, experts and manufacturers.

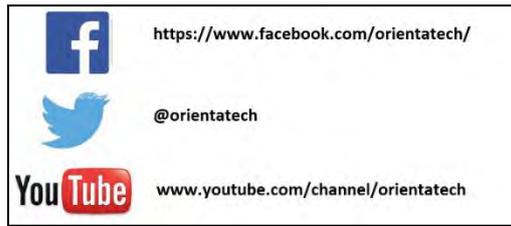


Figure 3: Orientatech Social Networks

4. Test methodology

The tests of the products for their publication in the web site are carried out from two points of view:

- Technical verification, carried out by personnel with technical knowledge and specialists in its application in the social field.
- Social validation of the products, carried out by voluntary workers in the social field and end users of the product with real needs of use.

The development and publication of the product tests is the main activity of the Orientatech project, in this activity is concentrated most of the budget and effort.

The project is physically based on a laboratory as a main space for the development of the technical tests and as a meeting point between engineers, social staff and volunteers of the project. This laboratory is equipped with test, audio-visual and communication equipment for the test procedures and the dissemination of the contents.

Technical verification

The technical verification consists in the verification of the functionalities specified by the manufacturer from the technical point of view, to guarantee that are satisfied or not.



Figure 4: Technical verification

The verification criteria are supported by indicators that allow registering a level of compliance by the devices or applications. [3]

The main criteria for technical verification are as follows:

- Reliability: Probability that a system or device fulfils a certain function under certain conditions during a determined time.
- Security: It is a combination of other criteria such as Authenticity, Confidentiality, Integrity and Availability that ultimately guarantee the non-vulnerability of a system.
- Usability: It is the ability of the product to be understood, learned, and used easily and attractively.
- Functionality: It is the ability of the product to meet and provide functions to meet explicit and implicit requirements when used under specific conditions.
- Robustness: It refers to the quality of the materials and their ability to last through time.
- Maturity: Time that the product takes in the market in a stable and sustainable way.
- Performance: Time and responsiveness of the technological solution.
- Scalability: A system's ability to change its dimension or configuration to adapt to changing circumstances.
- Sustainability: Possibility of maintaining long term running without dependencies of third parties.
- Portability: Having the ability to be executed on different platforms, with different hardware devices and operating systems.

- **Comprehensibility:** The design of the product and application is based on elements or words, images and forms that serve to understand its operation.
- **Ease of acquisition:** confirm whether the product is available or not in the market.
- **Ease of installation and configuration:** Determines the degree of difficulty in the initial installation and configuration process.
- **Accessibility:** It assesses the degree to which the product is accessible to people with basic access difficulties.
- **Consumption:** determines the electrical consumption and battery life in the case of portable devices.
- **Weight and dimensions:** determines the main physical characteristics of the product.

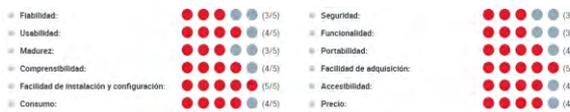


Figure 5: Criteria rating detail

5. Social validation

The social validation is carried out by two types of profiles:

- Volunteers from the social field, such as psychologists, sociologists and social workers with a long experience in social organizations that evaluate that the product meets the criteria for use by vulnerable groups.
- The social validation tests are carried out by volunteers with profiles close to the actual user of this type of products, which put in value their experience in the use of this type of products.



Figure 6: User test for social validation

The main social validation criteria are closely related to the user experience when interacting with the product and are the ones listed below:

- **Usability:** It is the degree of effectiveness, efficiency and satisfaction with which specific users can achieve specific objectives, in specific contexts of use. It depends on the end user profiles of the product, device, service, or application.
- **Utility:** verifies that the device actually covers the functionality it is intended to cover.
- **Understanding:** the people who validate it must understand the processes that occurs during the use of the product, in the mean that they require a response from the user.
- **Sensation of Safety and security:** This feature determines the perception of safety and security offered by the tool. In other words, regardless of whether the technology complies with security standards or other standards, it describes the person's feelings about the product, if they consider that their data may be vulnerable, if someone "sees" what they are doing, etc ...
- **Design / ergonomics:** Opinion regarding the design distance from the part of usability, that is, only the reference to "like", "is friendly", adapts physically to the user, etc ...
- **Impact:** It is a summary of the effect of the set of previous criteria on the end user, ultimately reflects to what extent the user's life changes thanks to the use of this product.

6. Expected results

Based on the proposed objectives, one of the main expected results is to involve the manufacturing companies in a process of continuous improvement that allows changes in their products based on the

indications pointed out by technical, social specialist and y the end users of the products.

Likewise, it is expected to increase the participation of users of this type of products, encouraging opinion and dissemination to generate a network of active and critical customers and users of social technology products, generating useful information when it comes to acquiring new products.

Another expected result after bringing the needs and preferences of users to Public Administrations and entities in the sector is that they start making public or private purchases in an informed way based on the final quality of the product through contrasted analysis.

In addition, an English version of the website is available; therefore, an international impact is expected.

7. Referencias

- [1] D. A. f. Europe, «European Commission,» Luxembourg: Publications Office, 2014.
- [2] Rastreator.com, «II Estudio de comparación Online hacia el ahorro inteligente,» 2015.
- [3] ETSI, ETSI EG 202 116. Human Factors (HF); Guidelines for ICT products and services; "Design for All", 2009.

Diccionario Fácil: Solución Inclusiva y Colaborativa a través de la Tecnología

Ana Gallardo Rayado, Óscar García Muñoz
Plena Inclusión Madrid

anagallardo@plenamadrid.org ; oscargarcia@plenamadrid.org

Resumen

La lectura fácil es una técnica de publicación de textos orientada a personas con dificultades de comprensión lectora. A través de esta técnica, Plena Inclusión Madrid ha llevado a cabo un proyecto de diccionario en español que aplica las pautas de redacción de lectura fácil para las definiciones y cuenta con grupos de validación de los contenidos formados por personas con discapacidad intelectual. Este trabajo, lanzado en marzo de 2017, tiene una web pública gratuita de términos (www.diccionariofacil.org) y una intranet privada que organiza el flujo de trabajo de adaptadores, validadores y filólogos. Entre los tres roles, se consigue un resultado riguroso desde el punto de vista lingüístico y comprensible para los perfiles beneficiarios de la lectura fácil.

Abstract

Easy-to-read is a writing methodology focused on people with reading difficulties. Through this methodology, Plena Inclusión Madrid has developed a project that consists of a Spanish dictionary that uses the easy-to-read guidelines to write definitions and includes validation groups of people with learning disabilities in the process. The result, launched on March 2017, has a free public website with the words and definitions (www.diccionariofacil.org) and a private intranet that organises the work-flow for adaptors, validators and philologists. As a result of the combination of these three roles, it is obtained an accurate product from the linguistic point of view and also understandable for the groups that benefit from easy-to-read.

1. Introducción

La lectura fácil es una técnica de redacción de textos orientada a un grupo amplio de personas con

dificultades de comprensión lectora. El ex director de la Fundación Lectura Fácil de Suecia fue el primer redactor de las pautas para publicar textos en lectura fácil en 1997 (IFLA), que actualizó años después con otras dos autoras (IFLA, 2010). En este último documento, se define la lectura fácil como una “adaptación que hace más fácil tanto la lectura como la comprensión” (IFLA, 2010:6). En este sentido, los autores señalan que una persona interesada en publicar un texto en lectura fácil “debe tener en cuenta el contenido, el lenguaje, las ilustraciones y la maquetación”. Por lo tanto, esta explicación pone el foco en el trabajo propiamente dicho de transformación del texto para que sea más accesible a públicos diversos con dificultades de comprensión cuando se enfrentan a un texto. En este conjunto, se encuentran personas con discapacidad intelectual, personas con sordera prelocutiva, con dislexia, con trastorno de déficit de atención e hiperactividad, inmigrantes recientes de habla diferente al país de acogida, personas mayores o con baja alfabetización, entre otros.

El conjunto de personas con dificultades de comprensión lectora alcanza una cuarta parte de la población, según fuentes citadas por la propia IFLA (2010:7). Por tanto, la lectura fácil puede ser una de las posibles alternativas para satisfacer las necesidades lectoras de todos estos colectivos.

El movimiento asociativo Plena Inclusión (denominado FEAPS hasta 2015) incluyó la lectura fácil dentro su plan estratégico desde el año 2006 (FEAPS, 2005:11). Desde ese momento, ha habido diversas publicaciones adaptadas dentro de la organización y sus entidades federadas.

Inclusion Europe, federación europea de apoyo a personas con discapacidad intelectual y sus familias, dentro de la cual se integra Plena Inclusión, publicó en 2013 las pautas *Información para todos* dentro del proyecto europeo Pathways orientado a la aplicación de la lectura fácil para la formación de adultos. Estas pautas se han convertido en la referencia habitual dentro de Plena Inclusión, que implican tanto unas

normas de redacción y diseño para las adaptaciones, como la validación de los textos por parte de grupos de personas con dificultades de comprensión lectora. Estos grupos, creados dentro de Plena Inclusión, están formados por personas con discapacidad intelectual y diferente nivel lector que comprueban la correcta aplicación de las pautas y la comprensión del texto. En este trabajo, el dinamizador tiene un papel relevante para fomentar la participación del grupo, detectar los problemas de comprensión y favorecer la generación de propuestas.

La validación se concibe dentro de Plena Inclusión no solo como una parte esencial del método de lectura fácil, sino también como una alternativa de empleo para el colectivo de personas con discapacidad intelectual. De hecho, Plena Inclusión Madrid, la federación autonómica madrileña del movimiento asociativo, ha agrupado todos los equipos de validación de las entidades vinculadas dentro de un servicio específico denominado Adapta. Además, esta misma federación cuenta desde 2010 con una Comisión de Accesibilidad Cognitiva y desde 2016 con un Grupo de Expertos en Lectura Fácil. Ambos grupos de trabajo permiten sistematizar procesos y aunar criterios en estos ámbitos.

2. Antecedentes

Plena Inclusión Madrid ha realizado adaptaciones de un buen número de publicaciones de los más diversos ámbitos: manuales de prevención de riesgos laborales para ocho sectores de actividad, legislación de la Comunidad de Madrid o nacional (como el Estatuto de los Trabajadores), guías de acceso de las personas con discapacidad intelectual a los procesos electorales y a la justicia, recomendaciones para el consumidor, planes de acción autonómicos para personas con discapacidad, folletos de museos y exposiciones, entre otros.

Precisamente, en la ejecución de estos trabajos, los técnicos de la organización detectaron la necesidad de crear una herramienta que reúna aquellos términos que, por sus especiales características, dificultan la comprensión del texto a su público objetivo. Se trata de términos que no se pueden adaptar a lectura fácil o no tienen necesariamente un sinónimo más sencillo, pero cuya comprensión es complicada para el usuario. En esos casos, definimos con el objetivo de facilitar la comprensión del mismo, al tiempo que se incrementa el vocabulario de las personas. Habitualmente, estos conceptos conforman una especie de los denominados glosarios, que son definiciones situadas normalmente en los márgenes que explican de forma sencilla el significado de un término complejo.

Aunque el soporte legal de la lectura fácil es escaso en España, existen referencias normativas que

contribuyen a que la lectura fácil sea una herramienta que se pueda aplicar como solución de accesibilidad a los contenidos. Diversas normas internacionales identifican la obligatoriedad de accesibilidad de la información, la educación y la cultura:

- Declaración Universal de los Derechos Humanos (1948): artículos 22 y 27 de acceso a la cultura.
- Convención Internacional de los Derechos de las Personas con Discapacidad (2006): artículo 2 (incluye la lectura fácil dentro de las soluciones accesibles de comunicación); artículo 9 (accesibilidad), artículo 21 (información) y artículo 30 (cultura).

Por su parte, en el ámbito nacional, la lectura fácil encuentra soporte legal por las siguientes normas:

- Constitución española (1978): artículo 44 de acceso a la cultura.
- Ley General de Derechos de las Personas con Discapacidad y de su Inclusión Social (2013): capítulo V (derecho a vida independiente, que engloba la accesibilidad)
- Real Decreto 366/2007: artículo 13 sobre accesibilidad al contenido de documentos
- Real Decreto 1544/2007: anexo IX.4 sobre medidas de información en el transporte.
- Ley de Transparencia (2013): artículo 112 de acceso a la información.

Por otra parte, la Estrategia Integral Española de Cultura para Todos (2011) parte de los principios de accesibilidad universal e inclusión aplicados al ámbito de la cultura y se basa en la normativa española e internacional, que reconoce el derecho de las personas con discapacidad a participar en la vida cultural en igualdad de condiciones que el resto de los ciudadanos. Esta contempla una serie de medidas dirigidas a garantizar la plena participación del colectivo en las diferentes esferas culturales. En el informe de evaluación de esta Estrategia recientemente presentado, se observa cómo tan solo el 11% de las medidas implementadas de accesibilidad a la cultura están relacionadas con la lectura fácil y que casi el 30% de los organismos consultados han respondido que no procede implementar medidas en este sentido (2016:60).

Además, el propio Plan Estratégico General 2012-2015 de la Secretaría de Estado de Cultura hace referencia, como objetivo prioritario, a la articulación de “una política de Estado que garantice el derecho de acceso a la cultura y contribuya a vertebrar la ciudadanía y favorecer la cohesión social” (2012:15) y fija como primera estrategia “fomentar la lectura como herramienta de acceso a la cultura, al conocimiento y a la participación en el contexto de la sociedad de la información” (2012:16).

3. Diccionario Fácil: inicio del proyecto

El Diccionario Fácil inició su andadura como proyecto en 2015 a partir de un trabajo inicial que se había desarrollado en los grupos de validación de Fundación Ademo, entidad federada en Plena Inclusión Madrid. En paralelo, la Comisión de Accesibilidad Cognitiva de la organización propuso desarrollar un diccionario de términos definidos en lectura fácil. La decisión inicial fue partir del trabajo de Fundación Ademo y crear una herramienta que permitiera lanzar un diccionario riguroso que aplicara las pautas de lectura fácil y contara con los grupos de validación, según establece la metodología. Para su desarrollo, se contó con el apoyo económico de Fundación Repsol.

4. Objetivos del proyecto

El objetivo del proyecto era la creación de un diccionario online y gratuito que facilitara a las personas con dificultades de comprensión lectora la definición de términos complejos, polisémicos o poco frecuentes a través de la lectura fácil, como herramienta de accesibilidad.

De forma específica, el proyecto tenía las siguientes metas:

1. Crear las definiciones de cada término a través de un proceso metodológico riguroso, tanto en la adaptación como en la validación de los términos, utilizando para ello la lectura fácil como herramienta de adaptación y con el apoyo de una entidad especializada en lingüística. En este caso, la entidad colaboradora es la Fundación del Español Urgente (FundéuBBVA).
2. Generar una base de datos pública de términos e imágenes adaptados a lectura fácil y validados por personas con problemas de comprensión lectora que sea respetuosa con las normas gramaticales de la lengua española.
3. Diseminar el conocimiento generado a través de una página web responsiva con base de datos para su carga, accesible y fácilmente usable por personas con déficit cognitivo.

5. Alcance del diccionario

El objetivo del Diccionario Fácil no es la adaptación de todos los términos definidos en el Diccionario de la Real Academia Española. Por el contrario, se trata de definir términos que ofrecen complejidades, son polisémicos, que tienen un carácter más técnico, una aparición poco frecuente o un uso restringido a determinadas situaciones. También quiere incluir definiciones de expresiones, entendidas como conjuntos de términos que tienen un significado propio

no necesariamente vinculado a la definición individual de los mismos.

La forma de enriquecimiento inicial fue la base de términos de Fundación Ademo, que surgió de las propias validaciones de textos que realizaban de forma habitual desde el año 2011. Este listado incluía en torno a 1.500 términos.

El enriquecimiento sucesivo está vinculado a términos difíciles de comprender que se detectan en las validaciones de textos adaptados, los propios glosarios de términos definidos en las adaptaciones en lectura fácil o las solicitudes que tengan los usuarios del Diccionario Fácil.

Otro aspecto que también se delimitó fue la estructura de las definiciones. Sus características son:

1. Cada término tendrá un máximo de 3 definiciones.
2. Cada definición tendrá un ejemplo de uso de la misma.
3. Se acompañará de una imagen a la definición, si refuerza la comprensión. El criterio general es que se acompañará habitualmente a términos concretos y se valorará su uso para términos abstractos.

6. Los roles de trabajo

El proyecto estableció un conjunto de roles dentro de un flujo de trabajo que permitiría adaptar, validar y ajustar las definiciones desde un punto de vista rigurosamente lingüístico. De este modo, el proyecto quería mostrar la compatibilidad entre la comprensión sencilla y el cumplimiento de las normas ortográficas y gramaticales, al tiempo que favorecía una normalización en el modo de las definiciones que lo hiciera similar a los diccionarios conocidos, pero sin las barreras que estos presentan.

El primer rol es el adaptador. El adaptador es una persona formada en las pautas de redacción y diseño de lectura fácil y con experiencia en el trabajo de adaptación de textos. Para elaborar las definiciones, el adaptador recurre a varias fuentes de consulta, que son preferentemente diccionarios de uso, como el Diccionario del Español Actual de Manuel Seco de Aguilar, el Diccionario de la Lengua Española para estudiantes de español de Espasa, el Diccionario para Estudiantes de Primaria de Vox o el Diccionario de Sinónimos y Antónimos de María Moliner de Editorial Gredos. Los adaptadores también consultan el Diccionario de la Real Academia Española, por ser la referencia más extendida, si bien siempre se combina la consulta a varios con el fin de fijar las definiciones más sencillas, con toda la información y una organización que responda a la frecuencia de uso habitual. El adaptador será el rol que controlará todo el proceso desde la definición hasta la publicación final.

El segundo rol es el de validador. Los grupos de validación comprueban que la adaptación de la definición cumple las pautas de lectura fácil y es comprensible. Las definiciones se ven en grupo y se validan de forma conjunta coordinadas por un dinamizador. La validación es tanto de la definición, como del ejemplo y de la imagen, si existe. Los validadores también pueden introducir propuestas de definiciones o imágenes no incluidas. Existen dos momentos de validación dentro del proceso: uno posterior la adaptación inicial y otro posterior a la intervención de los filólogos.

El tercer rol es el del filólogo. La colaboración de FundéuBBVA permite que las definiciones se ajusten a unas pautas específicas lexicográficas. Por ejemplo, toda definición de un sustantivo empieza por un sustantivo o toda definición de un verbo empieza por un verbo. De este modo, se asumen las pautas habituales de redacción de diccionarios no adaptados. Además, la labor de los filólogos permite ajustar las definiciones, jerarquizar su frecuencia de uso, matizar algunos aspectos o vigilar incorrecciones para modificarlas.

El flujo de trabajo, a partir de esos roles, es el siguiente:

1. Adaptación de término por el adaptador.
2. Primera validación de grupos.
3. Ajustes de definición por el adaptador.
4. Revisión por parte de los filólogos.
5. Ajustes de definición por el adaptador.
6. Segunda validación de grupos.
7. Ajuste de definición por el adaptador.
8. Publicación del término definido.

Todos los roles tienen acceso a un histórico con las redacciones y propuestas de modificaciones previas a su trabajo, de modo que pueden consultar la evolución de las definiciones de un término para hacer su tarea de forma más eficiente.

De este modo, el flujo de trabajo asegura:

1. El cumplimiento de las pautas de lectura fácil.
2. La garantía de comprensión por públicos con dificultades lectoras.
3. El rigor lingüístico de la obra general.

7. Las herramientas

El proyecto del Diccionario Fácil tiene dos herramientas resultantes. Por una parte, existe una web pública gratuita con el dominio www.diccionariofacil.org. Esta web tiene una portada dedicada a la búsqueda del término, con un diseño similar a un buscador estándar de Internet. El número de pestañas se reduce a las estrictamente necesarias: la explicación del proyecto, el diccionario completo, un canal de noticias y un formulario de contacto. El diseño está validado con los grupos de evaluadores con

discapacidad intelectual de las entidades participantes del Grupo de Expertos de Lectura Fácil. Además, el diseño ha tenido en cuenta las propuestas incluidas en la *Guía de recomendaciones de accesibilidad cognitiva* (2015:27-32), debido a que las pautas WCAG 1.0 y 2.0 de accesibilidad web todavía no incluyen ninguna recomendación específica de accesibilidad cognitiva y navegación sencilla, que estarán disponibles posiblemente a partir de 2018 (Carreras, 2015). En cualquier caso, el diseño de la web cumple con el nivel AA de accesibilidad según las pautas WCAG 2.0. Entre otras cuestiones, la web es responsiva a dispositivos, cuenta con herramientas de ampliación de tamaño de letra y lectura de pantalla y está diseñada para que el usuario tenga que hacer un máximo de dos clicks para que llegue a la información deseada.

Los usuarios tienen dos opciones de búsqueda de palabras: por una parte, el buscador que aparece en la portada de la web o en la parte superior de cada página; por otra, el acceso al abecedario y todas las palabras por letra que se consulta a modo de paginado alfabético. Además, existen opciones de interacción, como la valoración de las definiciones o el envío de peticiones para incorporar términos y expresiones al diccionario.

Por otra parte, el Diccionario Fácil cuenta con una intranet de trabajo en la que cada grupo tiene asignado un rol individual. Existe un administrador general y roles específicos asignados por el mismo. El administrador tiene acceso a palabras buscadas por usuarios y que no están todavía en el diccionario, a través de un sistema de alertas. De este modo, tiene una referencia inmediata de los términos que pueden resultar de interés. Por otra parte, los grupos de validación cuentan con un botón de descarga de palabras, con la finalidad de tener un volumen máximo de 10 términos. Esto se ha diseñado con el fin de que el trabajo sea asumible para una sesión de trabajo y los grupos de validación puedan observar un progreso en el mismo. Solo cuando se agotan los 10 términos, se permite la descarga de otros 10. Para validar las palabras, hay una interfaz donde incluyen los comentarios de modificación para el adaptador en cajas específicas. Este diseño tiene las mismas características para el filólogo. El adaptador recibe los comentarios e introduce las modificaciones propuestas. En ningún caso, ni los filólogos ni los grupos de validación intervienen sobre las definiciones, los ejemplos o las imágenes. La intranet también cumple con las pautas WCAG 2.0. y ha sido validada por los grupos de evaluadores de las entidades del Grupo de Expertos de Lectura Fácil.

8. Aspectos innovadores

El Diccionario Fácil es un proyecto que ofrece los siguientes aspectos innovadores para la accesibilidad cognitiva y la inclusión de personas con dificultades de comprensión lectora:

1. Aplica la lectura fácil como herramienta de adaptación de textos para personas con dificultades de comprensión lectora de forma específica para la creación de un diccionario. Hasta ahora, las definiciones de muchos diccionarios eran muy complejas o infantiles, de modo que no se adaptaban a las necesidades de públicos adultos con dificultades de comprensión lectora.
2. Establece un flujo de trabajo que combina a adaptadores, validadores de textos y lexicógrafos, de modo que se alcanza una conciliación entre el rigor técnico desde el punto de vista lexicográfico, el rigor en la redacción en lectura fácil y la comprobación de la comprensión por parte del público beneficiario.
3. Ofrece una alternativa de empleo a través de la validación de textos, ya que el desarrollo del diccionario es continuo y las sesiones de trabajo de validación son remuneradas. De este modo, se da una opción de empleo a personas con discapacidad intelectual, las cuales contribuyen a través de su trabajo no solo a su empleabilidad, sino a la mejora de la inclusión en la cultura y la educación a un público más amplio con dificultades de comprensión lectora.

9. Resultados iniciales

El Diccionario Fácil se lanzó de forma pública el 6 de marzo de 2017 en un acto en Madrid con 1.200 términos y está registrado como obra con propiedad intelectual de Plena Inclusión Madrid. En los primeros cuatro meses de funcionamiento, ha habido 7.600 usuarios, 43.000 páginas vistas y más de un centenar de solicitudes de inclusión de nuevos términos.

La procedencia de las visitas ya da cuenta de que el alcance del proyecto supera el público objetivo al que iba dirigido el proyecto: personas con discapacidad intelectual o del desarrollo, y que es una herramienta útil para un grupo destinatario mucho más amplio.

Desde el punto de vista geográfico, el 80% de las visitas proceden del sur de Europa por ser la ubicación de nuestro país, aunque se registran entradas desde Italia, Portugal y Grecia. Es significativo el alcance de visitas registradas desde los Países Bajos: Holanda y Bélgica.

En relación con el 20% restante, procede de países del centro y sur del continente americano: Colombia, Perú, Argentina, México, Chile, Venezuela, Guatemala...

En relación con el idioma de procedencia, el 72% de las visitas llegan en castellano, frente al 15% del holandés y un 6% en inglés, tanto británico como estadounidense.

Los comentarios recibidos evidencian que su alcance supera al colectivo de personas con discapacidad intelectual, ya que encontramos comentarios referidos a su uso para aulas de alfabetización y aprendizaje de español por parte de inmigrantes recientes, ejecutores de programas Erasmus + y formadores de países de América Latina. Por lo tanto, este resultado muestra que la lectura fácil beneficia a un público amplio y una herramienta como el Diccionario Fácil es un apoyo para diversos colectivos con dificultades de comprensión lectora.

Además, hemos recibido numerosos comentarios a través de la plataforma y twitter felicitándonos por la iniciativa y proponiendo mejoras de usabilidad en función, por ejemplo, del tipo de teclado que utiliza el usuario, la edición de ejemplares en papel o la incorporación de otro tipo de informaciones gramaticales que estamos estudiando para futuros desarrollos.

Por otra parte, participan 55 validadores de seis entidades federadas a Plena Inclusión Madrid, repartidos entre los dos roles de primera y segunda validación. Este trabajo les empodera y refuerza su capacidad de expresión, debate y participación. El trabajo en el diccionario contribuye a desarrollar la empatía, adquirir vocabulario, mejorar su capacidad de expresión, aceptar el error, adquirir competencias para la relaciones interpersonales como el respeto, la confianza y el control emocional. Las impresiones señaladas por los dinamizadores están relacionadas también con el afloramiento de comentarios relacionados con sus vivencias personales y asociaciones a situaciones de su entorno. En este sentido, se ha comprobado que los ejemplos son muchas veces una ayuda fundamental para la comprensión completa de la definición.

Los equipos de validación han trasladado que la herramienta y el flujo de trabajo contribuyen a la motivación en la actividad, pues ven un resultado directo de su trabajo en la publicación de los términos, la valoración de estos por los usuarios, el número de visitas a la página y la consecución de reconocimientos como el recibido el pasado 26 de junio de 2017, cuando el Diccionario Fácil resultó finalista de los Premios Discapnet en categoría A, que reconocía al mejor producto o servicio basado en las TIC para la mejora de la calidad de vida de las personas con discapacidad.

En conversaciones con los validadores sobre el uso y trabajo en el diccionario, han manifestado: “Saber que vale lo que haces, que lo haces bien y que lo que haces sirve para ayudar a otros, es muy satisfactorio”; “Es un orgullo personal”; “Trabajas la imaginación porque tienes que pensar cómo haces más fáciles las cosas a otros”.

En relación al alcance del diccionario en medios de comunicación, desde su presentación se han registrado un total de 96 impactos en medios digitales, así como 3 en emisoras de radio y 2 en televisión. Uno de ellos fue un [reportaje](#) emitido el pasado 27 de mayo en el programa Para Todos La 2 de TVE, en el que se incluyen testimonios de todos los roles implicados en el proceso de construcción de esta herramienta.

10. Conclusiones

El proyecto de diccionario supone un refuerzo para el método de lectura fácil y para los beneficiarios de este tipo de textos, debido a que:

1. Permitirá el acceso a vocabulario más complejo definido de una forma más sencilla, al alcance de este público.
2. Estandarizará las definiciones en los glosarios de futuras obras en lectura fácil, puesto que se tomará como referencia este diccionario. Las definiciones de este diccionario están validadas desde el punto de vista de comprensión y testadas desde el punto de vista lingüístico, por lo que son directamente aplicables a adaptaciones que incluyan alguno de los términos explicados.
3. Dará un acceso más fácil a una obra como un diccionario, que tiene un carácter complejo y técnico. El uso será intuitivo y las definiciones irán reforzadas con ejemplos e imágenes que mejorarán la comprensión.

Entre las acciones que se acometerán próximamente para aumentar las funcionalidades del diccionario, además del aumento del número de términos, se contempla:

- La autorreferenciación de palabras que están definidas y aparecen dentro de una definición.
- El desarrollo de herramientas que permitan que se incorpore el diccionario en páginas web

para que las palabras definidas aparezcan resaltadas o haya una ventana específica de búsqueda vinculada al diccionario.

- La obtención de datos estadísticos más precisos que ayuden a valorar la evolución de la herramienta.

11. Referencias

[1] Carreras, O.: “WCAG 2.0 Extensions. „WCAG Cognitive Extension“, „WCAG Mobile Extension“, y nueva versión de las WCAG 2.0”. *Usable y accesible*, en línea, 2015.

Disponible en web:

<https://olgacarreras.blogspot.com.es/2015/11/wcag-20-extensions-wcag-cognitive.html> (última consulta: 22 de junio de 2017)

[2] FEAPS: *Tercer plan estratégico de Feaps (2006-2009)*, FEAPS, Madrid, 2005.

[3] Gallardo, A. y otros: *Guía de recomendaciones de accesibilidad cognitiva*, FEAPS Madrid, Madrid, 2014

[4] García Muñoz, Ó.: *Lectura fácil: métodos de redacción y evaluación*, Real Patronato sobre Discapacidad, Madrid, 2012.

[5] Inclusion Europe: *Información para todos. Las reglas europeas para hacer información fácil de leer y comprender*, Inclusion Europe, Bruselas, 2013. Traducción de FEAPS.

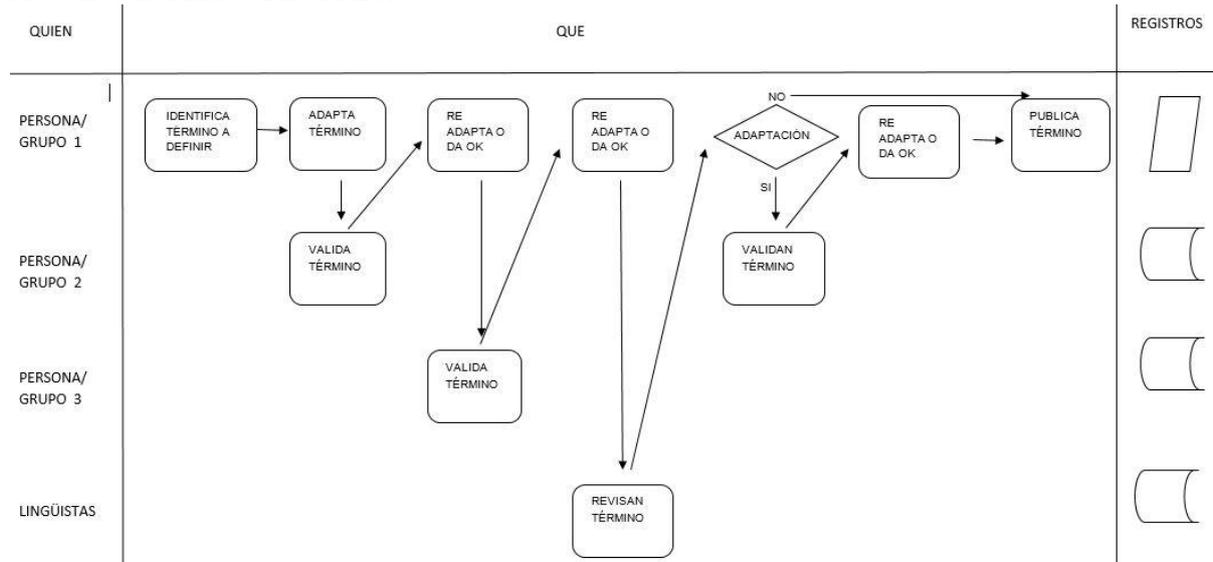
[6] Ministerio de Cultura y Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad: *Estrategia integral española de cultura para todos. Accesibilidad a la cultura para las personas con discapacidad*, Gobierno de España, Madrid, 2012.

[7] Ministerio de Educación, Cultura y Deporte: *Plan estratégico general 2012-2015*, Secretaría de Estado de Cultura, Madrid, 2012.

[8] Tronbacke, B.; Nielsen, G. y Nomura, M.: “Guidelines for easy-to-read materials”, *IFLA Professional Reports, número 120*, IFLA, La Haya, 2010.

[9] SIIS, Centro de Documentación y Estudios. *Informe 2012-2014 sobre la aplicación de la Estrategia Integral Española de Cultura para Todos*. Real Patronato sobre Discapacidad, 2016.

PROCESO INTERNO DE TRABAJO



PANEL ADMINISTRACION ROLES Y GRUPOS

dependencia ☆☆☆☆☆ (0 Valoraciones)

A A A

Escuchar

Esta palabra tiene 3 definiciones :

1.

Necesidad de alguien o de algo para vivir.

Ejemplo de uso:

Luis tiene dependencia de su madre. Él siempre necesita saber lo que ella opina.

2.

Necesidad de apoyos que tiene una persona.

Ejemplo de uso:

Luis tiene dependencia. Él necesita una persona de apoyo para ir al cine.



3.

Habitación de un edificio muy grande.

Ejemplo de uso:

Ahora vamos a entrar en las dependencias del rey.

PANTALLAZO TÉRMINOS MÁS BUSCADOS



Palabras más buscadas

Estas son las palabras más buscadas y que no existen dentro del diccionario

mesa (115 veces buscado)	
hola (95 veces buscado)	
amor (91 veces buscado)	
Arbol (66 veces buscado)	
Comer (55 veces buscado)	
como cuerpo cierto (54 veces buscado)	
inclusion (51 veces buscado)	
Amigo (47 veces buscado)	
silla (42 veces buscado)	
Diccionario (38 veces buscado)	
buscar (36 veces buscado)	
Mama (32 veces buscado)	
impuestos (32 veces buscado)	

Plataforma de Turismo Accesible TUR4all (App y página web)

Tatiana Alemán Selva

Directora técnica de Accesibilidad Universal, Turismo y Cultura de PREDIF

taleman@predif.org

Resumen

TUR4all es la aplicación móvil y la página web de turismo accesible promovida por PREDIF (Plataforma Representativa Estatal de Personas con Discapacidad Física) y Fundación Vodafone España. TUR4all ofrece información objetiva sobre las condiciones de accesibilidad de los alojamientos, restaurantes y de los diferentes tipos de recursos turísticos. Hasta 2016, todos los recursos turísticos publicados en TUR4all fueron analizados por expertos en accesibilidad. A partir de 2017, los usuarios pueden introducir nuevos recursos a través de un cuestionario de evaluación. TUR4all se ha convertido en una plataforma colaborativa en la que los usuarios y expertos valoran, puntúan y comentan la accesibilidad de los establecimientos turísticos. Además, es un canal de promoción para los establecimientos y destinos turísticos accesibles. Con TUR4all, PREDIF quiere mejorar el turismo accesible en todo el mundo y generar a las personas con necesidades de accesibilidad mayor confianza a la hora de viajar.

TUR4all is the accessible tourism mobile App and Web portal promoted by PREDIF (Spanish National Representative Platform for People with Physical Disabilities) and Fundación Vodafone España. TUR4all provides objective information about the accessibility of accommodation, restaurants and diverse types of tourism resources. Until 2016, all tourism resources published in TUR4all underwent an analysis by accessibility experts. As of 2017, users have been able to add new tourism resources using an evaluation questionnaire. As such, TUR4all has become a collaboration platform where end-users and experts assess, score and add comments about the accessibility of tourism establishments. It also acts as a promotional channel for accessible tourism establishments and destinations. Through TUR4all, PREDIF aims to improve accessible tourism around the world and to help people with accessibility needs to

feel more self-assured when it comes to making their travel plans.

1. Introducción

En el año 2005, la Dirección General de Empresa e Industria de la Comisión Europea, con la publicación de la guía “Mejorar la información sobre el turismo accesible para las personas con discapacidad”, establecía la necesidad de que los establecimientos turísticos fueran accesibles para avanzar hacia un modelo de sociedad más igualitario y hacia el turismo universal. La guía da pautas a los establecimientos y destinos turísticos para proporcionar información básica e indispensable para los clientes con discapacidad y con necesidades de accesibilidad, en general.

Previamente a este documento, PREDIF comenzó a trabajar en la creación de un sistema de medición de la accesibilidad de los establecimientos turísticos españoles que permitiera a través del diagnóstico de la accesibilidad in situ, verificar sus condiciones de accesibilidad y generar la información que necesitan las personas con discapacidad para optar por uno u otro establecimiento o destino turístico a la hora de planificar sus vacaciones.

Por otro lado, en 2012 la Comisión Europa encargó a ENAT (Red Europea de Turismo Accesible) un estudio sobre los sistemas de medición de la accesibilidad de los recursos turísticos existentes hasta la fecha en Europa. El estudio se publicó en 2015 bajo el título "Mapping and Performance Check of the Supply of Accessible Tourism Services in Europe". Según el estudio, en Europa existían en esa fecha 85 sistemas diferentes de medir la accesibilidad de los establecimientos y destinos turísticos, siendo uno de ellos el de PREDIF. El estudio clasifica los sistemas según su ámbito territorial de aplicación:

- 54 sistemas nacionales.
- 22 sistemas regionales.
- 9 sistemas a nivel europeo o internacional.

Es importante destacar que el Anexo 7 de este estudio incluye la lista de los sistemas de medición de la accesibilidad identificados y en el Anexo 8 los analiza.

El estudio tiene en cuenta, en primer lugar, las necesidades de accesibilidad incluidas en cada sistema de medición (accesibilidad física, visual, auditiva, intelectual, alergias y otros tipos) y, en segundo lugar, si el análisis de accesibilidad es realizado por expertos o es un sistema de autoevaluación realizada por los propietarios o gestores de los establecimientos.

Por último, el estudio destaca que muy pocos de los sistemas de medición de la accesibilidad identificados incorporan el feedback de los visitantes o turistas con necesidades de accesibilidad.

Además, hay que considerar que a la hora de seleccionar un destino turístico, ciudad, región o país, las personas con necesidades de accesibilidad necesitan reunir toda la información que les permita valerse por sí mismas en ese destino durante todo su viaje. Es decir, necesitan la información sobre el conjunto de los eslabones que conforman la experiencia turística: los transportes, las infraestructuras, los alojamientos, restaurantes y actividades de ocio. También es para ellos importante saber qué hacer en situaciones de emergencia por problemas de salud u otros.

Partiendo de las recomendaciones de la guía y estudio antes mencionados y conociendo las necesidades de las personas con discapacidad física a las que representamos, en su amplia mayoría usuarios de silla de ruedas, PREDIF con el apoyo de la Fundación Vodafone España crea la plataforma TUR4all de turismo accesible, su página web y su aplicación móvil, que ofrece información sobre las condiciones de accesibilidad de más de 3.000 recursos turísticos españoles e información complementaria que facilita la planificación del viaje a distintos destinos turísticos.

2. La concepción de TUR4all

PREDIF creó en 2004 un sistema de medición de la accesibilidad específico para establecimientos e itinerarios turísticos. Este sistema se diseñó en colaboración con el CEAPAT (Centro de referencia Estatal de Autonomía Personal y Ayudas Técnicas) y las entidades sociales nacionales que representan a las personas con discapacidad en España: ONCE (Organización Nacional de Ciegos de España), Fiapas (Confederación Española de Familias de Personas Sordas), CNSE (Confederación Estatal de Personas Sordas) y Plena Inclusión España (organización que representa en España a las personas con discapacidad intelectual o del desarrollo). Además, participaron distintos profesionales del sector turístico. El sistema

se actualiza periódicamente y se valida por las entidades antes mencionadas.

El sistema incluye criterios de accesibilidad física, visual, auditiva, cognitiva y otro tipo de necesidades de accesibilidad, por ejemplo, alergias, intolerancias alimentarias y otras.

Utilizando este sistema, los técnicos de PREDIF han analizado in situ más de 5.000 establecimientos y recursos turísticos de todo el territorio español. Aquellos que cuentan con las mejores condiciones de accesibilidad se han publicado en más de [20 guías temáticas de turismo accesible](#): alojamientos, restaurantes, museos y espacios culturales, espacios naturales, espacios de ocio, vías verdes accesibles, rutas enológicas accesibles, el Camino de Santiago accesible para todas las personas y, por último, escapadas urbanas accesibles en ciudades españolas.

Para facilitar el acceso a toda esta información a través de las nuevas tecnologías, PREDIF desarrolló la plataforma TUR4all que está compuesta por varias herramientas TICs: aplicación móvil de auditores, página web pública y página web privada y aplicación móvil de usuarios, disponible en Android e iOS.

En 2012, PREDIF y Fundación Vodafone crean la primera versión de TUR4all, cuyo objetivo fue proporcionar a los usuarios información fiable y contrastada por expertos sobre las condiciones de accesibilidad de los establecimientos turísticos de todo el territorio español.

Hasta 2016, TUR4all era una aplicación y una web de consulta de información, pero los usuarios demandaban la posibilidad de poder recomendar establecimientos turísticos accesibles. Por este motivo, ambas entidades consideraron importante dar continuidad al proyecto y convertir TUR4all en una comunidad de usuarios activos y a los turistas con necesidades de accesibilidad en prescriptores del turismo accesible.

La nueva plataforma TUR4all cuenta con el apoyo de ENAT y del Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital, al ser un proyecto EMPRENDETUR I+D+i 2/2015.

Esta versión mejorada de la aplicación permite:

- Incrementar la base de datos de recursos turísticos accesibles de una forma colaborativa, haciendo que los usuarios sean los protagonistas.
- Crear interacción con el usuario y entre los usuarios para formar una comunidad activa y vinculada a las redes sociales.
- Internacionalizar TUR4all y obtener información de recursos turísticos fuera de España.
- Usar la plataforma en 11 idiomas: castellano, inglés, francés, alemán, portugués, italiano,

mandarín, catalán, valenciano, euskera y gallego.

- Ofrecer a los gestores de destinos, establecimientos y servicios turísticos la oportunidad de conocer la opinión de sus clientes con necesidades de accesibilidad.

Al igual que en la primera versión, TUR4all ofrece información sobre la accesibilidad física, visual, auditiva, cognitiva y otros tipos de necesidades.

Nuestro objetivo, con esta nueva versión, es promover y mejorar el turismo accesible en todo el mundo y, sobre todo, empoderar a los turistas con necesidades de accesibilidad para que compartan información sobre destinos y experiencias accesibles y generen a otras personas mayor confianza y seguridad a la hora de viajar. Esta decisión está relacionada con uno de los resultados del estudio “Hábitos y actitudes hacia el turismo de las personas con discapacidad física” que PREDIF realizó en 2004, donde se extraía que las personas con discapacidad no tenían confianza en los portales oficiales de los destinos turísticos y que la fuente más fiable para planificar sus viajes era la experiencia y la opinión de familiares, amigos y otras personas con discapacidad.

Asimismo, queremos sensibilizar a los destinos y establecimientos turísticos sobre las ventajas de la accesibilidad para su desarrollo y crecimiento y para sus negocios.



3. Las herramientas y el sistema TUR4all

3.1 Cuestionarios de accesibilidad de auditores

El corazón de TUR4all es una serie de cuestionarios de verificación de la accesibilidad que han sido creados por los técnicos de PREDIF y que recogen los criterios de accesibilidad de las normativas de accesibilidad nacionales de obligado cumplimiento y otros criterios de accesibilidad propuestos por el CEAPAT y las entidades sociales nacionales que representan a las personas con discapacidad en España. También incluyen los criterios de la norma UNE-ISO 21542:2012 Edificación. Accesibilidad del entorno construido.

TUR4all cuenta con 100 cuestionarios distintos que en su conjunto recogen más de 5.000 criterios de accesibilidad para analizar 59 tipologías de recursos turísticos agrupados en 17 categorías: alojamiento, restauración, oficinas de turismo, monumentos, cultura, ferias y congresos, naturaleza y playa, ocio, compras, instalaciones deportivas, balnearios y spas, aseos públicos, bancos y cajeros automáticos, recursos sanitarios, aparcamientos, transportes y rutas urbanas. Son cuestionarios dinámicos que se adaptan a las tipologías de los recursos turísticos.

3.2 Cuestionario de accesibilidad de usuarios

Por otro lado, para que la información proporcionada por los usuarios de TUR4all siga siendo objetiva, se creó un cuestionario simplificado que recoge la información básica sobre la accesibilidad de los recursos turísticos. Este cuestionario también fue revisado y validado por el CEAPAT y las entidades sociales de la discapacidad antes mencionadas. En este proceso, participaron también personas con discapacidad intelectual de la Cooperativa Altavoz y la Fundación Ademo. El cuestionario de usuarios fue adaptado a lectura fácil¹ y traducido a 11 idiomas para facilitar su uso a cualquier persona.

Además, los iconos que ilustran las tipologías de recursos turísticos de la aplicación y página web fueron revisados y validados por expertos en accesibilidad, personas mayores, inmigrantes y personas con discapacidad intelectual, en una reunión de trabajo organizada con el apoyo del CEAPAT.

¹ La lectura fácil es un método de adaptación de textos que ayuda a la comprensión a personas con dificultades lectoras, como personas con discapacidad intelectual, personas mayores, con baja alfabetización o escaso dominio del idioma.

3.3 La aplicación móvil de auditores

La aplicación de auditores es la herramienta que utilizan para hacer el diagnóstico de accesibilidad de los recursos turísticos in situ. La aplicación ha sido creada para ser utilizada en una tablet Android y recoge el conjunto de cuestionarios de accesibilidad. La app facilita la recogida de datos sobre la accesibilidad de los establecimientos y el envío de los mismos a través de internet a la base de datos de TUR4all.

Además, la app permite al auditor planificar el trabajo de campo que debe desarrollar a través de una agenda y un panel de gestión de auditorías. Entre las funciones de la App están: realización de fotografías, geoposicionamiento del establecimiento, medición de pendientes y registro de firmas.

3.4 Base de datos TUR4all

La base de datos TUR4all ha sido creada para gestionar todas las funcionalidades de la plataforma tanto para usuarios como auditores.

Sus características principales son:

- **Multiidioma:** gestión de contenidos en 11 idiomas.
- **Alojamiento y gestión de la información** proporcionada por los auditores a través de la aplicación de auditores y de la página web privada.
- **Alojamiento y gestión de la información** proporcionada por los usuarios de cualquier país, a través de la página web pública www.tur4all.com y de la aplicación TUR4all (Android e iOS).
- **Interconexión** con otras páginas web y aplicaciones móviles del sector turístico.
- **Registros** de todos los procesos realizados a través de los diferentes dispositivos (ordenadores, teléfonos móviles, tabletas), todas las redes (públicas y privadas) y de las aplicaciones móviles del sistema.

3.5 Página web pública TUR4all

La página web se divide en una parte pública y otra privada.

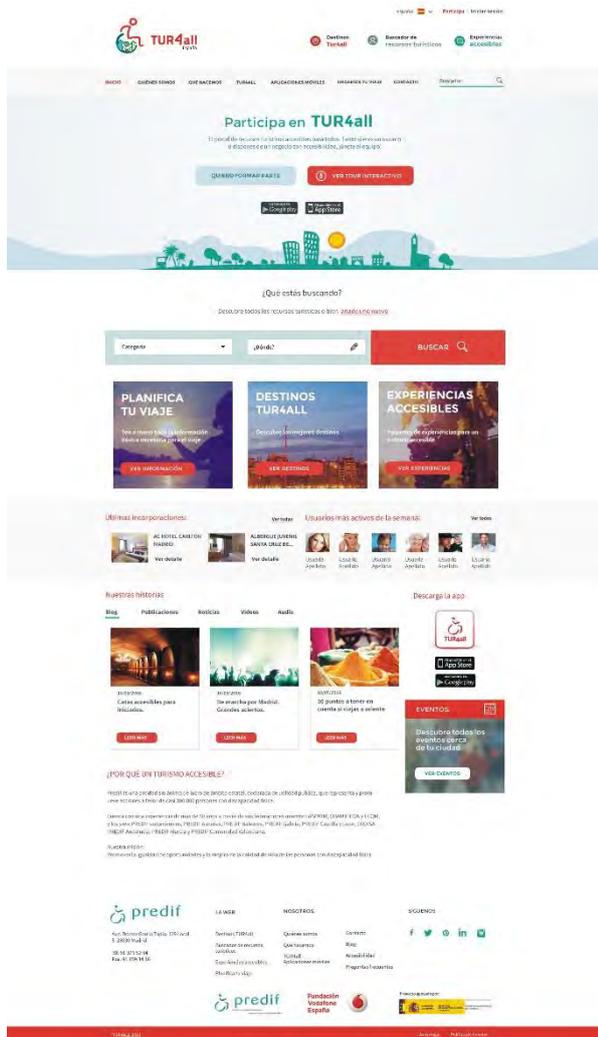
La **parte pública** está dedicada a los viajeros con necesidades de accesibilidad, empresas privadas y destinos turísticos. Sus principales contenidos y funcionalidades son:

- **Buscador de recursos turísticos:** por tipología de establecimientos, geolocalización y criterios de accesibilidad. Los establecimientos analizados por auditores de PREDIF aparecerán de forma destacada.

- **Destinos TUR4all:** se destacan los destinos turísticos con los que PREDIF colabora dando a conocer el conjunto de su oferta turística accesible.
- **Experiencias TUR4all:** se recomiendan diferentes tipos de experiencias turísticas accesibles, culturales, gastronómicas, de sol y playa, rurales, urbanas, etc.
- **Participa en TUR4all:** se explica cómo participar en TUR4all a usuarios, empresas privadas y destinos.
- **Planifica tu viaje:** se proporciona información útil para la planificación del viaje a España y otros destinos turísticos, por ejemplo, información sobre transportes, agencias de viajes especializadas en turismo accesible, servicios de asistencia personal, etc.
- **Blog de viajes:** es un espacio en el que los viajeros pueden compartir sus experiencias de viajes accesible dentro y fuera de España.
- **Noticias y agenda de eventos:** estos apartados están dedicados a dar a conocer la información relevante relacionada con el turismo accesible.
- **Aplicaciones móviles:** se ofrece información sobre otras aplicaciones móviles relacionadas con la accesibilidad y el turismo.
- **Quiénes somos y qué hacemos:** explica qué es PREDIF y los servicios que ofrece relacionados con el turismo accesible.
- **Registro:** es el formulario de registro que permite el acceso y uso de la plataforma a usuarios.

Una vez registrados, los usuarios de TUR4all pueden:

- Introducir información y fotografías sobre la accesibilidad de los recursos turísticos.
- Comentar y puntuar la accesibilidad y la atención al público de los recursos turísticos.
- Contactar con otros usuarios a través del panel de usuarios.
- Marcar sus recursos favoritos e incluirles en su lista de favoritos.



3.6 Página web privada

La página web privada sólo podrá ser utilizada por auditores de PREDIF y profesionales autorizados.

A través de esta web se gestionan el conjunto de contenidos de la web y la aplicación pública TUR4all y los procesos relacionados con los mismos.

Además, dispone de otras funcionalidades hechas a la medida de los técnicos de PREDIF que facilitan la gestión de proyectos y recursos humanos involucrados, la generación de diferentes tipos de informes de accesibilidad y de datos estadísticos.

A través de esta web, el administrador gestiona los permisos de los distintos perfiles de usuarios: usuario final, auditor, empresa privada y administración pública.

3.7 Aplicación móvil TUR4all

Las funcionalidades de la aplicación son similares a las de la web pública, contiene:

- Buscador de recursos turísticos.
- Destinos TUR4all: los más destacados del mes.
- Experiencias TUR4all: las más destacadas del mes.
- Participa en TUR4all: información para usuarios, empresas privadas y destinos turísticos
- Apps asociadas: información sobre otras aplicaciones que recomendamos.
- Información sobre PREDIF y las entidades colaboradoras de TUR4all, Fundación Vodafone, ENAT y Secretaría de Estado de Turismo.
- Cerca de mí: esta es una de las funcionalidades más importantes de la app porque, a través del geoposicionamiento del usuario, se le permite buscar recursos turísticos cercanos indicando un radio de búsqueda en kilómetros y la tipología de los establecimientos que le interesan.
- Mi TUR4all: es el registro de nuevos usuarios o el inicio de sesión de los ya registrados. Los usuarios registrados pueden introducir, a través de la app, nuevos recursos turístico, también actualizar, comentar y puntuar los introducidos por otros usuarios.

La aplicación está actualmente [disponible en Android](#) y próximamente en iOS.

4. Internacionalización de TUR4all

En diciembre de 2016, PREDIF ha firmado un acuerdo de colaboración con la asociación Accessible Portugal para la adaptación y uso de la plataforma TUR4all en Portugal.

El proyecto TUR4all Portugal cuenta con el apoyo de la Fundación Vodafone Portugal y Turismo de Portugal.

Accessible Portugal podrá hacer auditorías de accesibilidad con la aplicación de auditores y gestionar sus proyectos de accesibilidad a través de la página web privada en un entorno específico para Portugal.

Además, contará con una página similar a la página web TUR4all España con contenidos de Portugal.

Partiendo de esta primera experiencia, PREDIF quiere hacer alianzas en otros países con entidades sociales que persigan los mismos objetivos en el ámbito del turismo accesible. Estos son:

- Promover la mejora de accesibilidad en los transportes, instalaciones y servicios turísticos de cualquier destino.
- Sensibilizar y formar a los profesionales del sector turístico del ámbito público y privado para mejorar la acogida y atención del público con necesidades de accesibilidad.
- Dar voz a los turistas con necesidades de accesibilidad a través de TUR4all.
- Proporcionar información objetiva y fiable que facilite la participación de las personas con discapacidad en las actividades turísticas, culturales y de ocio en las mismas condiciones que el conjunto de la población.

5. Referencias

[1] EWORKX, ENAT, VVA Europe: *Mapping and Performance Check of the Supply of Accessible Tourism Services*, Comisión Europea, Bruselas, 2015.

[2] HUESCA, A.M y ORTEGA, E. *Hábitos y actitudes hacia el turismo de las personas con discapacidad física. Informe de resultados 2004*. PREDIF, Madrid, 2005. Segunda edición.

[3] WESTCOTT, J., *Mejorar la información sobre el turismo accesible para las personas con discapacidad*, Comisión Europea, Luxemburgo, 2005.

Creación y evaluación de Pictogramas para Señalización

Cristina Larraz Istúriz, Dimas García Moreno, Rosa Regatos Soriano
Ceapat-Imserso
clarrazi@imserso.es

Resumen

Este artículo recoge los resultados obtenidos en el proyecto: Creación y Evaluación de Pictogramas para Señalización, cuyos objetivos globales han sido, afianzar el uso de pictogramas en la señalización e impulsar la metodología de creación de nuevos pictogramas de señalización, descrita en el documento: "Pautas de diseño de pictogramas para todas las personas", Fundación ONCE [1]. En este documento se aborda tanto el diseño como la evaluación de los pictogramas (ISO 9186-1,2) [2], [3].

El Centro de Referencia estatal de Autonomía Personal y Ayudas Técnicas (Ceapat), inició el proyecto para dar respuesta a las solicitudes de asesoramiento en proyectos de señalización que requerían de la creación de nuevos pictogramas [4].

Se seleccionaron tres centros del Instituto de Mayores y Servicios Sociales (Imserso) y un Centro de Atención al Peregrino en Santiago de Compostela, que han participado a lo largo de todo el proceso.

En un primer momento expusieron sus necesidades y posteriormente llevaron a cabo los Talleres de Producción, con profesionales, residentes y estudiantes, en los que hicieron un dibujo para cada sala o referente. Estos Talleres de Producción son una novedad respecto al proyecto inicial liderado por la Fundación ONCE.

Una vez extraídos los elementos más representativos, se dibujaron en el Ceapat tres propuestas de pictograma por referente, que se vectorizaron en formato digital.

Posteriormente, se realizó el Taller de Evaluación de Estimación de la Comprensibilidad, ISO 9186-1[2], en el que participaron personas mayores; extranjeras; personas con discapacidad, física, intelectual y mental; estudiantes y profesionales.

Con los pictogramas finalistas se está llevando a cabo el Taller de Evaluación de la Calidad de la Percepción, ISO 9186-2 [3], que dará paso a la versión final de los pictogramas para su uso gratuito desde la web del Ceapat.

Abstract

This article gathers the results obtained in the Project: Creation and Evaluation of Pictograms for Signage, whose overall objectives have been, to strengthen the use of pictograms in signage and to promote the methodology of creation of new signage pictograms, described in the document: " Pautas de diseño de pictogramas para todas las personas ", Fundación ONCE [1]. This document addresses both, the design and evaluation of pictograms (ISO 9186-1.2) [2], [3].

The State Reference Center for Personal Autonomy and Technical Aids (Ceapat), has undertaken the project in order to respond to requests for advice on signage projects that required the creation of new pictograms [4].

Three centers of the Instituto de Mayores y Servicios Sociales (Imserso) and a Pilgrim Attention Center in Santiago de Compostela, were selected and have participated throughout the whole process,

In a first moment they exposed their needs and therefore they carried out the Production Workshops with professionals, residents and students, where they made one drawing for each room or referent. These Production Workshops are a novelty regarding the initial project led by the ONCE Foundation.

Once the most representative elements were extracted, three proposals for pictograms per referent were drawn in Ceapat. Those, were then vectorized in digital format.

Subsequently, the Workshop on the Comprehensibility Judgement Test, ISO 9186-1 [2], which involved older people; foreigners; persons with physical, intellectual and mental disabilities; students and professionals, was held.

With the final pictograms, the Workshop on the Testing Perceptual Quality Test, ISO 9186-2 [3] is being conducted, and it will lead to the final version of the pictograms for free use from the Ceapat website.

1. Introducción

Un entorno más comprensible y previsible, nos beneficia a todos, tanto para la orientación como para el uso de sus elementos y servicios. Todos somos analfabetos en un país en el que no hablamos el idioma; todos visitamos grandes edificios en los que nos perdemos al intentar hacer una gestión o encontrar una consulta médica; todos tenemos días en los que nos cuesta más entender la información requerida para hacer las actividades necesarias que la vida nos exige.

Una señalización clara y sencilla favorece la circulación segura y autónoma de todos. Si el mensaje solo está en texto, no lo comprenderán las personas que no conocen el idioma, las que no saben leer, o las que, en una situación estresante, no son capaces de interpretar este texto [4]. La asociación texto/imagen es obligatoria en los principales puntos de la señalización. La señalización direccional necesita de esta asociación texto/imagen [5].

Los pictogramas de señalización tradicionales existentes son los de tipo AIGA (American Institute of Graphic Arts) [6] e ISO (International Organization for Standardization) [7, [8]. Este tipo de recurso gráfico, ya aprendido por todos y que identificamos con la señalización, Figuras 1 y 2, fue diseñado para ser usado en aeropuertos y otros medios de transporte en EEUU, por encargo de DOT (U.S. Department of Transportation) [9] a AIGA. Antes de su creación, se habían desarrollado pictogramas individuales que funcionaban pero no había un sistema de pictogramas que comunicara el rango requerido de mensajes complejos, dirigidos a personas de edades y culturas diferentes y que fueran claramente legibles en la distancia. Para desarrollar este sistema se recopilaron sistemas de símbolos que habían sido usados en diferentes localizaciones en todo el mundo, y un comité de diseñadores gráficos del entorno, evaluó los símbolos e hizo recomendaciones para adaptarlos y rediseñarlos. Basándose en sus conclusiones, un equipo de diseñadores de AIGA desarrolló los símbolos.

Por lo tanto, existen pictogramas para señalar pero hacen falta más.



Figura 1. Pictos ISO de Restaurante, cafetería y hotel



Figura 2. Pictos AIGAd e aseos.

2. Fases del proyecto

FASE I. DOCUMENTACIÓN

Entre todas las solicitudes de asesoramiento recibidas en el Ceapat, se seleccionaron tres centros del Imsero: el Centro de Promoción de la Autonomía Personal (CPAP) de Bergondo (Personas con Discapacidad Física y/o Sensorial y con daño cerebral adquirido); el Centro de Referencia Estatal de Discapacidad y Dependencia de San Andrés del Rabanedo (Personas en situación o en riesgo de dependencia y sus familiares) y el Centro de Atención a Personas con Discapacidad Física (CAMF) de Aluésca. Así mismo, también participó la asociación TADEGa (Tecnologías de Atención a la Diversidad en la Educación Gallega), que quería señalar un centro de atención al peregrino de Santiago de Compostela.

Como primer paso se solicitaron los planos de sus instalaciones con las salas o referentes para los que necesitaban un pictograma.

Se elaboró un listado con los referentes de todos los centros y se hizo una primera selección de aquellos comunes a todos.

Posteriormente, y tanto en los centros como en el Ceapat, se describieron los referentes, indicando el uso de cada una de las salas.

El equipo del Ceapat realizó, para finalizar esta fase, una búsqueda en internet de pictogramas existentes correspondientes a los referentes seleccionados. En la Figura 3 se presenta algún ejemplo del trabajo de documentación realizado.

FASE DOCUMENTAL – DOCUMENTO DE RECOPIACIÓN					
Referente	Imagen	Institución	País	Año	Notas
Almacén		Swedish Institut for Special Needs Education	Suecia	2001	
		_____	Internet	2016	
Archivo		Swedish Institut for Special Needs Education	Suecia	2001	
		Ayuntamiento Campo de Criptana	España	2011	
Aula		Swedish Institut for Special Needs Education	Suecia	2001	
		La Casa Encendida	España	2011	
Baño incontinentes		Centro VILLAFAL	España	2014	Residencia asistida para personas con Alzheimer

Figura 3. Resultados de búsqueda en internet de pictogramas existentes para determinados referentes como almacén, archivo, aula, baño incontinentes, con imagen, institución en la que se encuentra, país, año y notas.

FASE II. PRODUCCIÓN

En todos los centros, unas 200 personas, entre residentes, usuarios y profesionales, participaron en el “Taller de producción de pictogramas”, en el que cada persona hizo un dibujo para cada referente como los que se presentan en las Figuras 2 y 3.



Figura 2. Cuatro dibujos realizados en el Taller de producción, por residentes de uno de los centros, para el Aula de Informática.



Figura 3. Cuatro dibujos realizados en el Taller de producción, por profesionales de uno de los centros, para el Despacho del Psicólogo.

Este taller no se llevó a cabo en el trabajo inicial de la Fundación Once. Consideramos que aporta un valor importante al proyecto, puesto que son las propias personas que usan los centros las que hacen la propuesta gráfica. Así mismo, tiene un gran interés artístico ya que se recopilan cientos de dibujos que evidencian tanto la interpretación que se le da a los espacios, como las capacidades creativas de los participantes, entre los cuales, como hemos mencionado, hay personas con graves discapacidades tanto físicas como cognitivas.

Una vez recopilada toda la documentación gráfica, se agrupó en un formato manejable, según centros y referentes. Se extrajeron las características comunes que aparecían en las propuestas, para facilitar así la elaboración de los borradores de los tres pictogramas por referente. Ver figura 4. Se volvió a hacer una nueva criba de referentes, con el fin de llegar a una producción asumible en este proyecto. El resultado de esta selección fue de 51 referentes, de los cuales se han diseñado 31 y se han modificado 20 ya existentes.

Alcuescar: Páginas	Profesionales:
2 Aula de formación	Mesa con mesas, profesor, pizarra
3 Comedor residentes	Plano cenital , perspectiva, de mesas de preparadas para comer
4 Informática	Mesas con ordenador
5 Almacén	estanterías con paquetes
6 Despacho administración	Mesas con ordenador y papeles. Algunas personas.
7 Despacho administrador	Mesa con persona papeles, dinero, no suele aparecer ordenador. Calculadora
8 responsable Area asistencial	Mesa con papeles, y persona con división de trabajo (cubiertos, camita, cocinita),o de dinero Alguna silla de ruedas.
9 Responsable de mantenimiento	Mesa con utensilios, herramientas silla de ruedas, persona. Escalera.
10 Responsable de área de gestión	Persona sentada frente mesa. "distribución de trabajo". Atiende a personas, ordenador, etc. Caja con personitas
11 Despacho gobernanta	Señora que atiende a diferentes temas. Flechas que indican distribución de algo no específica. En otros se ve camilla, lavadora, plato con cubiertos y vaso.
12 despacho psicólogo	Personas una frente a otra con bocadillos con interrogaciones, palabras. En algunas están tumbadas en camilla o aparecen en sillas de ruedas. Cerebro o persona con cerebro.
13 responsable de residencia	Persona con varias actividades, mesa ordenador. Tiene una casa enfrente o un cuarto o edificio.
14 despacho trabajador social	Persona sentada frente a otra con mesa por medio, (una de ellas en silla de ruedas), dinero, vacaciones. No aparece ordenador.
15 pabellón multiusos	Diferentes actividades: bochia deporte, anillos olímpicos, pelota, notas de música, pandereta, guitarra, iglesia o altar con cruz.
16 sala de curas	Armario con Objetos relacionados con medicina en el mismo dibujo (fonendo, inyección, tijeras, tirit, alcohol, esparadrapo, cruz), enfermera/o, sillas de ruedas
17 sala de encuadernación	En todos aparece un libro o más, abiertos, de canto, utensilios para encuadernar (pegamento, aguja e hilo, cola, prensa,...) libros que se están cosiendo
18 sala de enfermería	Todos sugieren descanso de enfermeros, sin personas, cama, sofá grande, cruces, enfermera, televisión, Privado cruz.

Figura 4. Ejemplos de enumeración de características comunes extraídas, de todas las propuestas de dibujo, para cada referente.

FASE III. DISEÑO:

NOCIONES BÁSICAS:

Un pictograma es un signo icónico que en su elementalidad visual transmite un significado con simplicidad y claridad, más allá de las fronteras culturales, lingüísticas o cognitivas.

El pictograma tiene las siguientes características, clasificadas atendiendo a valores conceptuales, semánticos y formales:

Conceptuales (Costa 1987) [9]

- La finalidad de un pictograma es funcional.
- Se orienta a informar.
- El procedimiento de comunicación es visual.
- Su codificación es por signos icónicos y signos convencionales.
- Su presencia es puntual.
- Su comprensión es automática e instantánea.

Semánticas

- Formaliza referentes sobre lugares, objetos o acciones.
- Desde el punto de vista semántico, su significación debe ser unívoca.

- Se explica por sí mismo.
- Culturalmente es neutral y no puede herir sentimientos o creencias.
- Debe ser comprensible para el mayor espectro posible de personas, independientemente de su formación o capacidad intelectual.
- Permite superar barreras idiomáticas.
- Su interpretación, en ocasiones, se produce por convención social o por insistencia en su difusión.

Formales

- Debe tener carácter de signo y no de ilustración.
- Debe ser fácilmente memorizables (de formas simples y de captación instantánea).
- Su configuración formal debe ser sintética.
- Puede tener una base estructural, modular y serial.
- Su base sintáctica debe regirse por una serie de reglas de construcción que mantengan la coherencia visual del conjunto (partiendo de la idea de que un pictograma es parte de un sistema).
- En su definición se debe estudiar criterios y comportamientos para tamaños, grosores, espacios, etc., y de resistencia al deterioro visual (desenfocado, simulación de percepción a distancia, lateralización, dimensiones mínimas, etc.).
- Para su percepción se debe tener en cuenta que sus formas y contrastes cromáticos estén bien definidos y se perciban de forma inmediata.
- Se debe estudiar convenientemente la relación distancia de lectura/tamaño del pictograma.
- Cuando sea necesario se puede utilizar código cromático, no obstante éste se debe reducir al mínimo.
- La representación de un pictograma es esencialmente plana y ausente de perspectiva. Sólo en casos estrictamente necesarios, para la comprensión del referente, se puede utilizar la perspectiva.
- Se debe evitar la utilización de caracteres tipográficos o leyendas escritas en la medida de lo posible.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, y siguiendo el Manual de Pautas de Diseño de Pictogramas Accesibles[1] , elaborado por el grupo de trabajo Accesibilidad Cognitiva en el Entorno Urbano, liderado por la Fundación ONCE, del que formó parte el Ceapat, se realizaron al menos tres propuestas de pictogramas por referente. En la Figura 5 se muestran algunos ejemplos de los dibujos realizados por el equipo del Ceapat.



Figura 5. Propuestas de pictogramas dibujadas por el equipo Ceapat: tres para Despacho de administrador, tres para Aula de formación y cuatro para Aula de logopedia.

Con el fin de pasar los pictogramas propuestos a un formato digital vectorizado, fácilmente manipulable y replicable, se implicó en el proyecto a:

- Estudiantes de la Universidad Rey Juan Carlos de Madrid:
Grado en Fundamentos de la Arquitectura
Grado en Diseño Integral y Gestión de la Imagen
Grado en Bellas Artes
Grado en Diseño y Gestión de Moda
Grado en Paisajismo
- Estudiantes de 1º año del ciclo de grado superior de DEPIM (Diseño y Edición de Publicaciones Impresas y Multimedia) del centro de Formación Profesional Tajamar.

Todos recibieron formación a través de charlas en las que se presentó el proyecto y en las que se impartieron los criterios técnicos necesarios para

unificar el diseño. En la Figura 6 se ven ejemplos de pictogramas digitales vectorizados.

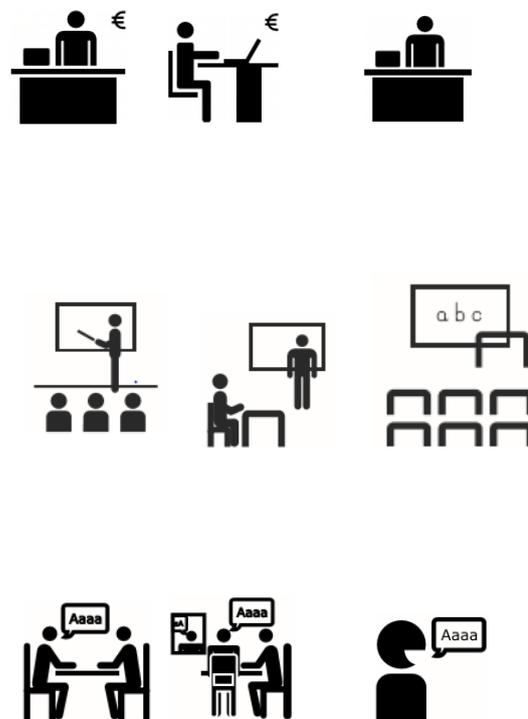


Figura 6. Pictogramas digitales vectorizados: tres para Despacho de administrador, tres para Aula de formación y tres para Aula de logopedia.

FASE IV. EVALUACIÓN ISO 9186-1, 2.

Se tradujo la norma ISO 9186. Parte 1. Método de evaluación: Estimación de la Comprensibilidad y Parte 2: Método de Evaluación de la Calidad Perceptual.

Los talleres de evaluación de la Parte 1 de la norma de la Estimación de la Comprensibilidad [1] se realizaron en:

- Los centros del IMSERSO: Centro de Promoción de la Autonomía Personal (CPAP) de Bergondo, Centro de Referencia Estatal de Discapacidad y Dependencia San Andrés del Rabanedo y Centro de Atención a Personas con Discapacidad Física (CAMF) de Aluéscar;
- La asociación TADEGA

- El Centro de Atención al Refugiado (CAR) de Vallecas;
- El Foro LideA (Liderazgo de Mayores),
- La Universidad Popular de Alcobendas (personas mayores de 65 años);

Para la realización de la prueba, se proporcionaron cuadernillos. En cada página aparecen tres propuestas de pictograma, A, B, C, para un mismo referente y su descripción. Ver Figura 7.

Se les explicó a los evaluadores el contexto en el que se iban a encontrar estos pictogramas y se les pidió que juzgaran las tres propuestas, escribiendo debajo de cada una MUY, BASTANTE o POCO según las consideraran muy, bastante o poco comprensibles. En la norma se pide que estimen el porcentaje de personas que entenderían cada propuesta pero consideramos que esta tarea podía resultar demasiado complicada de entender para algunas personas.

El equipo consensuó la siguiente equivalencia:

- la respuesta MUY COMPENSIBLE equivaldría a que el evaluador considera que el 100% de las personas entendería este pictograma en el contexto dado;
- la respuesta BASTANTE COMPENSIBLE equivaldría a que el evaluador considera que el 70% de las personas entendería este pictograma en el contexto dado;
- la respuesta POCO COMPENSIBLE significa que el evaluador considera que el 0% de las personas entendería este pictograma en el contexto dado.

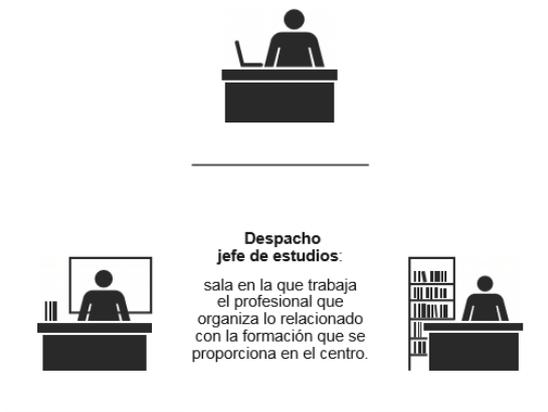


Figura 7. Ejemplo de página de cuadernillo de Evaluación de Estimación de la Comprensibilidad con la descripción del referente: Despacho de Jefe de estudios, y tres pictogramas alrededor, con espacio debajo para escribir MUY, BASTANTE y/o POCO, dependiendo de lo comprensible que sea considerada cada propuesta.

Se recibieron los resultados y se unificaron en una tabla de Excel, valorándose como aceptados los

pictogramas que quedaron por encima del 51% y en caso de haber más de uno aceptado por referente, se incluyó el de mayor puntuación. Ver Figura 8.

Se plastificaron en dos tamaños, según indica la Parte 2 de la norma [3], para proceder a la Evaluación de la Calidad de la Percepción.

Este taller está en proceso de desarrollo y se finalizará en septiembre. Una vez obtenidos los resultados, se procederá a la rectificación final de los pictogramas y se colgarán en el Blog creado al efecto para su uso gratuito.

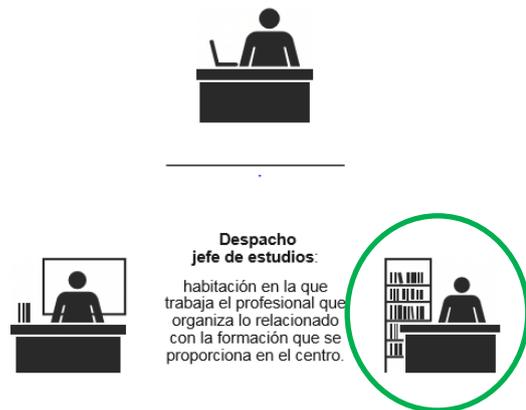


Figura 8. Ejemplo de página de cuadernillo de Evaluación de Estimación de la Comprensibilidad con el referente: Despacho de Jefe de estudios, una vez realizada la evaluación. La opción de la derecha está remarcada como seleccionada.

3. Conclusiones

Queremos mencionar otros proyectos internacionales que han servido de modelo para llevar a cabo este trabajo, dándoles el reconocimiento que merecen por haber establecido, hace ya muchos años, las bases de esta metodología de diseño de pictogramas de señalización. Destacamos el de "Hablamos Juntos: Improving Patient-Provider Communication for Latinos"[10] (desarrollo de una batería de pictogramas para el ámbito hospitalario en Estados Unidos), y los trabajos de investigación para el desarrollo de pictogramas de Eliana de Lemos Formiga, realizados en Brasil.

Centrándonos en las conclusiones extraídas de la tarea desarrollada, cabe destacar que el haber contado desde el inicio con la participación de un gran número de personas: extranjeras, mayores, con discapacidad intelectual, física y mental, profesionales de diferentes ámbitos, etc. nos ha permitido garantizar la implicación de los destinatarios finales en todo el proceso, para conseguir un resultado que nos beneficia a todos.

Así mismo, poner en valor el carácter creativo e innovador del trabajo, que nos ha facilitado

enormemente la implicación de Centros y de profesionales de muchos ámbitos diferentes, tanto a nivel nacional como internacional.

Estamos convencidos de que el uso de estas pautas de diseño y de evaluación, permiten unificar y acotar el proceso de creación de pictogramas para la señalización, de manera que cualquier persona pueda identificar que estas imágenes pertenecen a este contexto, independientemente del lugar o país en el que se encuentren expuestas. Es necesario llegar a un consenso por parte de todas las partes interesadas, que nos permita avanzar en un mismo sentido

Es ya incuestionable el peso de la accesibilidad cognitiva como parte integral de la accesibilidad universal y se afianza el reto de diseñar espacios centrados en la persona y de establecer vías de comunicación funcionales entre la persona y el entorno que nos permitan movernos y desarrollar las actividades propias de la vida diaria de una forma comprensible, amigable y segura.

Nuestro trabajo pretende animar a otras entidades que se encuentren con las mismas necesidades de crear entornos más comprensibles a través de la señalización con pictogramas, a replicar esta metodología, y así ampliar la “Biblioteca digital de pictogramas de señalización” para su uso gratuito.

Por último, agradecer la labor desinteresada de tantos profesionales que han participado activamente desde el planteamiento del proyecto, y a lo largo de todas sus fases, así como el tiempo dedicado por todas las personas que han colaborado en el diseño y evaluación del material.

4. Referencias

[1] Pautas de diseño de pictogramas para todas las personas Proyecto de biblioteca digital de recursos gráficos orientativos en accesibilidad cognitiva urbana (2011-2013) http://accesibilidadcognitivaurbana.fundaciononce.es/docs/M anual_pictogramas.pdf

[2] **ISO 9186-1: 2014** [Preview](#)

Graphical symbols -- Test methods -- Part 1: Method for testing comprehensibility
<https://www.iso.org/standard/59226.html>

[3] **ISO 9186-2:2008** [Preview](#)

Graphical symbols -- Test methods -- Part 2: Method for testing perceptual quality
<https://www.iso.org/standard/43484.html>

[4] Accesibilidad Cognitiva. Ceapat, 12 Retos 12 Meses

http://www.ceapat.es/interpresent3/groups/imserso/document s/binario/reto_diez_acc_cog.pdf

[5] Dimas García Moreno, “Diseño de sistemas de orientación espacial. Wayfinding.”

https://www.academia.edu/10783866/Dise%C3%B1o_de_sis temas_de_orientaci%C3%B3n_espacial._Wayfinding

[6] Symbol Signs

<http://www.aiga.org/symbol-signs/>

[7] The international language of ISO graphical symbols

https://www.iso.org/iso/graphical-symbols_booklet.pdf

[8] The international language of ISO graphical symbols.

Online Browsing Platform (OBP) Graphical Symbols
<https://www.iso.org/obp/ui/#search>

[9] US. Department of Transportation

<https://www.transportation.gov/>

[10] Hablamos Juntos: Improving Patient-Provider Communication for Latinos

<http://www.hablamosjuntos.org/>

Tabla de la Figura 4, con los ejemplos de enumeración de características comunes extraídas, de todas las propuestas de dibujo, para cada referente

Alcuescar: Páginas	Profesionales:
2 Aula de formación	Mesa con mesas, profesor, pizarra
3 Comedor residentes	Plano cenital, perspectiva de mesas preparadas para comer
4 Informática	Mesas con ordenador
5 Almacén	Estanterías con paquetes
6 Despacho administración	Mesas con ordenador y papeles. Algunas personas.
7 Despacho administrador	Mesa con persona papeles, dinero, no suele aparecer ordenador. Calculadora.
8 Responsable área asistencial	Mesa con papeles, y persona con división de trabajo (cubiertos, camita, cocinita), o de dinero. Alguna silla de ruedas.
9 Responsable de mantenimiento	Mesa con utensilios, herramientas, silla de ruedas, persona, escalera.
10 Responsable de área de gestión	Persona sentada frene mesa. "Distribución de trabajo". Atiende a personas, ordenador, etc. Caja con personitas.
11 Despacho gobernanta	Señora que atiende a diferentes temas. Flechas que indican distribución de algo no específica. En otros se ve camilla, lavadora, plato con cubiertos y vaso.
12 Despacho psicólogo	Personas una frente a otra con bocadillos con interrogaciones, palabras. En algunas están tumbadas en camilla o aparecen sillas de ruedas. Cerebro o persona con cerebro.
13 Responsable de residencia	Persona con varias actividades, mesa ordenador. Tiene una casa enfrente o un cuarto o edificio.
14 Despacho trabajador social	Persona sentada frente a otra con mesa por medio (una de ellas en silla de ruedas), dinero, vacaciones. No aparece ordenador.
15 pabellón multiusos	Diferentes actividades: boccia, deporte, anillos olímpicos, pelota, notas de música, pandereta, guitarra, iglesia o altar con cruz.
16 sala de curas	Armario con objetos relacionados con medicina en el mismo dibujo (fonendo,

	inyección, tijeras, tirita, alcohol, esparadrapo, cruz), enfermera/o, sillas de ruedas
17 sala de encuadernación	En todos aparece un libro o más, abiertos, de canto, utensilios para encuadernar (pegamento, aguja e hilo, cola, prensa,) libros que se están cosiendo.
18 sala de enfermería	Todos sugieren descanso de enfermeros, sin personas, cama, sofá grande, cruces, enfermera, televisión. Privado, cruz.

A Vision of a Smart City Addressing the Needs of Disabled Citizens

Nataša Rebernik
Faculty of Engineering
University of Deusto
Av. Universidades, 24, 48007, Bilbao
natasa.rebernik@deusto.es

Eneko Osaba
Faculty of Engineering
University of Deusto
Av. Universidades, 24, 48007, Bilbao
e.osaba@deusto.es

Alfonso Bahillo
Faculty of Engineering
University of Deusto
Av. Universidades 24, 48007, Bilbao
alfonso.bahillo@deusto.es

Delfin Montero
Faculty of Psychology and Education
University of Deusto
Av. Universidades 24, 48007, Bilbao
dmontero@deusto.es

Abstract

There were 42 million disabled people aged 15–64 in the EU-27 in 2012. The urban population is increasing, and has according to United Nations Population Fund already exceeded 50% of the global population. Cities are becoming more and more complex. City governments face challenges in designing fully inclusive city services, spaces and information. These still tend to be designed in a way to fit the needs of an active, fully abled person, thus excluding a great number of citizens with impairments. With this article we contribute to the issues raised; first, by proposing a four-dimensional model towards addressing the complexity of the societal challenges; second, by elaborating a holistic Vision of a Smart and Inclusive City, and finally as a part of this vision, by proposing a concept of a holistic modular digital tool, namely Social Cooperative Monitoring Tool to support the inclusiveness of the city.

En 2012, existían en la EU-27 42 millones de personas con discapacidad de entre 15 y 64 años. La población urbana se está viendo incrementada y, de acuerdo al United Nations Population Fund, ya supera el 50% de la población mundial. Los gobiernos municipales afrontan diferentes retos para diseñar espacios y servicios urbanos completamente inclusivos, si bien siguen tendiendo a orientar el diseño de estos aspectos a cumplir las necesidades de una persona totalmente capacitada. Este hecho excluye a un gran número de ciudadanos con algún

tipo de discapacidad. Con este artículo queremos contribuir a las cuestiones planteadas; proponiendo, primero, un modelo cuatridimensional que aborde la complejidad de los retos de la sociedad; elaborando, segundamente, una visión holística de una Ciudad Inteligente e Inclusiva, y finalmente, como parte de esta visión, proponiendo un concepto de herramienta digital holística y modular, concretamente “Social Cooperative Monitoring Tool”, que apoye el carácter inclusivo de una ciudad.

1. Introduction

This paper in its essence brings insights into complexity of the challenges in regard to planning, designing and governing inclusive public spaces, and creating smart, inclusive and fully accessible cities that respond to the needs of all their citizens. Specifically, it is focused on one of the most vulnerable groups of citizens, namely disabled persons, which are still facing barriers when trying to access public and private services, places and information. With this vision paper we aim at introducing our vision of a holistic approach towards understanding and responding to the complexity of inclusive city design, that also addresses the needs of disabled people. The vision sets its foundation on the findings delivered through researchers' previous professional and academic work, a solid literature review of the past years, as well as some initial insights gathered through a small-scale participatory ethnographic field research, conducted in the city of Maribor, Slovenia in winter and spring of 2017.

The vision, presented here, is an integral part of a research “A Social Cooperative Monitoring Tool for the Production of Inclusive Public Spaces”, that has been designed as a response to the needs and challenges identified through our previous work in the areas of disability, inclusion, accessibility of public spaces, mobility, digital dimension and modern conceptualizations of a Smart City. The scope of the research goes beyond this paper, thus we will limit our academic contribution here to introducing a Vision of a Smart and Inclusive City that responds to the needs of disabled people. Within this vision first, a complexity of relevant societal challenges is being addressed through a *four-dimensional model*. Secondly, a holistic approach towards a fully inclusive and accessible city is introduced as a model that each city should strive for, and third a conceptualization of a Social Cooperative Monitoring Tool for the production of inclusive public spaces is drafted. Although still under development, we believe that by bringing the vision forth, we lay a strong foundation and provide a valuable contribution not only to our research, but also for rethinking the existing concept of a Smart City. The originality of our contribution is exactly the visionary approach taking into consideration a complexity of specific societal challenges, providing faith that such an ideal of an inclusive city can and in fact must be pursued.

The paper is structured as follows: The justification section provides some insights into understanding the challenges through four different dimensions / levels: a) individual, b) environmental, c) technological and d) relational level. Further on, related work of previous scholars is introduced in relation to the identified scope of disciplines that need to be studied for the purpose of our research. In the following section we explain our vision in more details and address the current challenges and opportunities provided by the modern Smart City paradigms, incorporating also the digital dimension by briefly tackling the role and diversity of digital tools within the introduced city concepts. Finally, we draft a concept of a Social Cooperative Monitoring Tool that is anticipated to be proposed as a part of a holistic approach towards smart and inclusive cities for all. In the final section we tackle some future challenges, in respect to the complexity of our research, and draw some insights into our future work.

2. Justification

If considering data, reported by Eurostat¹ there were 42 million disabled people aged 15–64 in the

¹ http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Disability_statistics (October 2016)

EU-27 in 2012, if considering the EHSIS² definition of disability. Furthermore, according to European Commission by 2025 more than 20% of Europeans will be 65 or over, with a particularly rapid increase in numbers of over-80s. In Europe there is clearly a growing population of people facing barriers, be it in regard to physical, sensory, intellectual or mental impairment, thus resulting in a great need to make the services, spaces and information accessible, available and inclusive.

According to the United Nations Population Fund³, the urban population has already exceeded 50% of global population and is expected to rapidly increase in the upcoming years and decades. Cities are also becoming more and more complex, thus city governments are facing great challenges in addressing both, the complexity of cities themselves as well as a wide variety of citizens’ needs. When it comes to the needs of disabled people it is often so, that those who are in power to take action still show significant lack of awareness, resulting in non-inclusive city projects, places, services and information. An individual’s ability to integrate into the city, navigate around the environment and understand the information provided, affects health, wellbeing, ability to work and finally individual’s quality of life. Thus it is reasonable to say, that citizens should be the drivers of the city, and city governments should put the human dimension to the forefront of their efforts [8].

Our previous work, also applicable to real-life situations, shows that in spite of efforts made by all relevant stakeholders, an inclusive design is not yet fully a reality. Most relevant stakeholders involved have been open to collaboration, and even expressed interest, but have at the same time showed a great lack of knowledge, and finally, when needed to take action, a significant level of uncertainty. Consequently, disabled people showed signs of mistrust, scepticism and apathy. We realized at one point, that the needs of disabled people within the scope of inclusive cities and inclusive public spaces design should only be addressed by first and foremost, through understanding the complexity and holliness of the phenomena; secondly, by establishing participatory approach with firm, fluent and long-lasting channels of two-way communication; thirdly, raising knowledge and awareness among all relevant stakeholders; and last but not least, simplifying, automizing and mundaning governance processes, thus bringing the reality of disabled people closer to those in power to take actions. Understanding the changeability of life, acknowledging the essence of a human being, respecting individuality and building empathy for others seem to be main directions we would need to follow when considering inclusive

² European Health and Social Integration Survey

³ www.unfpa.org (June 2017)

public spaces and accepting intertwining societies. Thus it is crucial to take significant steps towards creating holistic participatory models of city design and governance.

City is a complex system of subsystems and processes [8]. To address this complexity and improve city's functioning, safety, attractiveness, accessibility, inclusiveness and smartness in general, some holistic models have been considered already (e.g. Smart city⁴, Placemaking⁵). However, we have not been able to identify one that would address the whole array of challenges, at least not to the extent that we have identified them so far. Thus we use a Smart City concept as a generic platform on which we build our Vision of a Smart and Inclusive City, incorporating a *four-dimensional model* of societal challenges that we are tackling within the research. A digital dimension is incorporated, fitting the nature of a Smart City as a city of new digital era. Thus we propose a concept of a holistic modular digital tool to be integrated in the proposed holistic approach to inclusive city design.

3. Related work

The studied problem has been previously discussed from numerous angles and perspectives. The related work is thus introduced through the complexity of the studied phenomena, addressing the following research areas: a) inclusion and (dis)ability in relation to public spaces design, b) community engagement and open-government, c) Smart City, Placemaking, governance, and d) digital tools in relation to the studied problem.

Inclusion of public spaces, as a term, carries within a wide scope of meanings and interpretations. Often it is used to explicitly address the needs of disabled people, so to relevant stakeholders are reminded to pay special attention to creating physically, sensory, intellectually accessible places, services and information. In a broader sense, it refers to inclusion of all the people, regardless of their societal, economical, medical, cultural, religious etc. background [28].

Several authors [16], [18], [19] have addressed the issue of public spaces design in the last decades being put in front of the greatest challenges in breaking down barriers that disabled people face in accessing the public space. In fact, by segregating disabled from fully abled people, and by making a distinction between general and special needs, the "urban design has failed to rise to the challenge of an increasingly diverse society" [16].

The author's background [28] and extensive literature review available therein, show that

accessibility is still too often considered merely as architectural accessibility for physically and visually impaired, not considering the need for accessible information, communication and services, nor the needs of deaf and hard of hearing or intellectually and mentally impaired. As clearly stated by Hanson, one of the British authority researchers of inclusion and accessibility of public spaces to fit the needs of disabled people, urban environments are still "not sympathetic to the needs of older people and people with disabilities" although a "greater stress is being placed upon the importance of *inclusive design, universal design* or *design for all*" [16].

The shift from the *medical* to the *social* (and *biosocial*) model of disability is still being too slow thus resulting in a lack of holistically inclusive public spaces [16]. *Universal and Inclusive design* principles are paving the way to the more and more inclusive public spaces, however based on the observations of several authors [16], [18], [19], [27], [29], as well as own professional, academic and personal observations, inclusive design as a theoretical concept lacks applicability and the ability to encompass the wide variety of the needs of public space users. There will always remain some needs unsatisfied, which is why the interaction and communication with public space users, herein referred to as *community engagement / participation / co-creation*, is of even greater importance in order to "give a voice" to everyone and enhance the production of inclusive cities, and specifically inclusive public spaces for all.

Community engagement is even one of the priority principles, placed at the core of the eleven principles of a *Placemaking paradigm* [22], which started as an idea of designing "cities for people, not cars". In spite of a low number of cars at that time, this paradigm has developed in 1960s by the pioneers William H. Whyte and Jane Jacobs [36], who claimed people's rights towards the city. As such all these principles set the foundation for inclusive spatial design which now fits into the new *social* and *biosocial models* of disability [16].

By increasing the engagement and interaction between space-users and relevant space-stakeholders, integrating relevant methods, such as behavioural mapping [14] and ethnographic methods, it is clearly possible to understand the needs, behaviours and attitudes of users, and consequently the reasons for use and non-use of public spaces in the cities, as well as how the space is used. Combining this with non-segregation as an approach towards cities design, we are getting closer to Inclusive design which "aims to accommodate the broadest range of bodily shapes, dimensions and movements...", and should ensure "to address the needs of the widest possible audience" [16].

With the rise of the digital era and an increasing penetration, as well as rapid development of

⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/Smart_city (June 2017)

⁵ <https://www.pps.org/blog/technology-brings-people-together-in-public-spaces-after-all/> (5th May 2017)

technologies and devices a huge potential is being given to the information and communication exchange between all the relevant stakeholders in the process of city planning, design and governance.

Community engagement and participation, co-creation and co-design have been discussed a lot in this context already. Be it in a context of a digital dimension [1], [6], [19], [30] or Smart City and Open-government concepts [4], [5], [6], [7]. Some studies [13], [15], [33] show that community engagement can in fact be encouraged by technological solutions. An extensive study of human behaviour in public spaces from early 1980s until now, implemented in USA by PPS project⁶ and W. H. Whyte [33], found that the use of public spaces increased with the digital era. However, in spite of this finding, the use of mobile devices in public spaces has been only 3-10% among all the people that were observed [15], [33]. This raises a question of readiness, motivations, reasons and barriers that people face in using digital tools while using public spaces.

Additionally, the phenomenon is too complex and multi-layered in order to simplify it with a claim that the technology encourages community engagement and the use of public spaces. Although technology is at the core of the Smart City conceptualization [17], it is clear that not even the best, and most user friendly of the technology will be of use and benefit if not incorporated appropriately into governmental systems, urban planning policies, adopted by stakeholders and recognized as beneficial by the users [7], [8], [20], [24], [32]. In fact, in addition to Smart City and related conceptualizations, some of holistic models to inclusive and engaging governance (Open-government) have been introduced already e.g. [7], especially after their studies had shown that cities still struggle to incorporate Smart City governance principles to improve the quality of life of their citizens.

By saying that, we need to agree with Stadler when claiming that »the quality of planning and design has always represented one of the key factors of success or failure of public spaces.« Furthermore, «nowadays, ICTs tools allow us to easier model architectural proposals, undertake better and more diverse analysis of the urban context and, last but not least, better communicate with communities and users of public spaces.» [32] Incorporating the digital dimension into city planning, design and governance can bring many benefits, as long as it is incorporated wisely, smartly, participatory and holistically, by first and foremost driven by users' needs.

As it has been discussed by previous authors [14], [16], [29] «users play an important role in sustainable spatial development» and it is highly important to

know how they experience open space and how their «environmental perception reflects their priorities, and consequently, their use of open space» [29]. In the same way, it is clearly as much important to understand also the use of digital tools in public spaces, which is still a relatively new phenomenon, and by human brain considered as a multitasking activity, which our brain still has difficulties accepting [21].

Among possible reasons, that can prevent full adoption of digital tools there were many discussed [1], [4], [6]. Considering the complexity and the abundance of challenges also in usage and adoption of digital tools, it is obvious that a thoughtful consideration will need to be undertaken in order to fully understand the use of digital tools in the city, specifically among disabled people, how these tools can support community engagement and finally the process of planning, design and governance of the city as a whole, and specifically public spaces.

In this context a Smart City concept has been promoted as a city for the future, «an urban development vision to integrate ICTs and IoT» in order «to improve the efficiency of services», «allow officials to interact directly with the community and the city infrastructure and to monitor what is happening in the city, how the city is evolving, and how to enable a better quality of life» [30]. Nevertheless, as seen already, technology is not the only component of a Smart City, although often perceived by scholars and practitioners as the key component [17]. The main three pillars of components fitting into the Smart city concept usually are contextualized as a) Technology, b) People, and c) Institutions/Governments [26].

As emphasized by Hanson «urbanisation has become the fundamental human condition» and «cities are the engine of economic development, employment and opportunity» [16]. The concept of a Smart City is thus highly welcome, when adopted as thoughtfully and holistically as possible. One of the main Smart City definitions emphasizes exactly that: «The EU has developed a shared European vision of sustainable urban and territorial development. European cities should be places of advanced social progress and environmental regeneration, as well as places of attraction and engines of economic growth based on a holistic integrated approach in which all aspects of sustainability are taken into account.» [29]

Smart City could in fact be more ready to respond to a set of urban challenges than a traditionally governed city [30]. It certainly seems a promising but also a highly challenging paradigm for the modern cities to adopt. Cavada shares his doubts as follows: «Yet, the term itself remains unclear to its specifics and therefore is open to many interpretations.» [8]. Not only that, the concept has many conceptual relatives e.g. Digital city, Intelligent city, Wired city, Information city,

⁶ <https://www.pps.org/blog/technology-brings-people-together-in-public-spaces-after-all/> (5th May 2017)

Knowledge city, Smart community [26 – Table 3] and lacks “shared understanding”, thus there is “a need for a universal definition” of a Smart city [8]. “The discussion of smart city has been made without solid conceptualization” [26] thus many researchers have asked themselves questions such as: What is a smart city? What are its characteristics? Which components are crucial to be addressed within the smart city? What are the indicators that can be applied globally to different city contexts? How can we approach the concept in a most holistic way? How can we apply the concept in practice? [3], [8], [26]. Here we go even deeper, asking ourselves: How can we ensure a fully inclusive city design by incorporating basic inclusive principles, respecting the various needs of each group of disabled citizens, into each of the city components and processes?

Nevertheless, it is important to emphasize that scholars and practitioners have mostly come to a general agreement that a Smart City is “a system of (sub)systems” or a structure of “components” that need to work together on a relational level as a whole [9], [20], [24], [26] and only then can make a city truly smarter. Holistic approach is thus a crux of the Smart City’s smart functioning.

Last but not least, the human value should be perceived as a city priority and it should always come before the profit [26]. As well put by the Focus Group on Smart Sustainable Cities the “needs of present and future generations with respect to economic, social and environmental aspects” should be ensured. British Standards Institution defines Smart cities as cities that should “deliver a sustainable, prosperous and inclusive future for its citizens.” [26]

Our vision builds exactly on what has been introduced so far; on human value and citizen-driven approach on the one hand, and the need for a holistic and integrated approach to connect all the components, the stakeholders and the processes, on the other hand, integrating also the digital dimension to support the city interactions and automation of processes. Meaning, not only a holistic approach towards a city’s smartness as perceived by most scholars, but a true smartness incorporating also the needs of disabled people into each and every city subsystem, its component, element and pore, in order to design a truly inclusive city.

4. How can we holistically address the needs of disabled citizens in inclusive city design? Challenges and opportunities.

Herein we wish to bring forth some insights into the complexity of societal challenges that cities face

⁷ <http://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/ssc/Pages/default.aspx> (June 2017)

when aiming at planning, designing and governing inclusive cities, specifically public spaces (services and information) that should respond to the needs of all their citizens. A *four-dimensional model* of considering societal challenges is proposed. Within this model we explain, which questions we are addressing within our research in order to be able to understand the complexity of the studied phenomena and propose a truly holistic approach to smart and inclusive cities. Following the presentation of this four-dimensional model, a Vision of a Smart and Inclusive City is drafted, as a holistic model that could represent an opportunity for further inclusive city design initiatives. Finally, a concept of a Social Cooperative Monitoring Tool is proposed as an integral part of our vision and as a part of the proposed holistic approach.

4.1. Societal challenges & a four-dimensional model

As a platform on which our vision is built, we use the modern concept of a Smart City, in order to pave the way to better understanding of the city’s complexity, its functional components and the relations between these components, and finally address the specific societal challenges of our research. As said, the Smart City concepts are usually introduced by emphasizing three main components, namely a) technology, b) people and c) institutions [26]. Following this logic, we propose a *four-dimensional model* towards addressing the identified societal challenges within inclusive city design. As introduced in the Figure 1, within this model, the holistic approach incorporates four levels: a) individual or user level, b) environmental and governmental level, c) technology level, and finally d) relational level. The relations between the first three components are of a paramount importance, if the city wants to address the citizens’ needs, and work as a system in a whole, thus we consider the relational level as the main set of challenges to be addressed when striving for a holistic approach.

At the individual level, the challenges that we need to tackle are related to (disabled) citizens, their needs, their individuality and their role as public space users within context of a growing urban, ageing and differently abled population in Europe. A citizen-driven approach needs to be incorporated into each further discussion.

At the environmental and governance level the challenges relate to the environment, specifically open public spaces, how they are built, planned, designed and governed. One of the main challenges here is also how the planning, design and governing processes can be improved, and approached through a holistic participatory and integrative approach, involving users and stakeholders throughout the whole process. From a governance perspective, a

Smart City concept, a Placemaking paradigm, Open-government and other related conceptualizations undoubtedly represent important success stories to be considered.



Figure 1: A four-dimensional model of addressing societal challenges

Several cities across the globe have already implemented concepts following the Smart City principles, for example Barcelona, Madrid, Amsterdam, Toronto, London or Berlin [32]. Many have also holistically raised a question of accessibility and inclusiveness to fit the needs of disabled people, thus designing extensive accessibility projects. European Union supports these projects and promotes good practice examples through an Access City Awards⁸ initiative, which each year awards several prizes. Certainly we can learn much from all these cities, however in majority cities still struggle with incorporating all the aspects of fully inclusive design strategies, and incorporating inclusiveness into all the components, processes and pores of a (smart) city.

At the technology level, it is evident that the modern society faces an increasing penetration of digital technologies and devices (e.g. smart phones etc.), as well as rapid development and increasing application possibilities. These application possibilities are not yet fully investigated, and have a highly untapped potential to being applied and used widely in the real life environments addressing specific sets of users' behaviours and needs. To develop technologies that will be acceptable to the end-users, it is essential to involve the later in the development and testing process. It is important to know why, when and how people use digital tools or don't use them. We need to be aware of possibilities and limitations of existing digital solutions. At this level, our specific research challenge relates to investigating the array of digital solutions designed

for the purpose of inclusive city design and governance, such as different Smart City platforms and apps, including or standalone citizens' apps, community engaging tools, urban planning, design and governance tools, evaluation and monitoring tools, (behavioural) analysis tools, (ethnographic) research tools etc.

Finally, there is the relational level, which puts the understanding of the other three levels to another dimension. Here we are challenged with the (co)relations between at least; a) public space users and public spaces, b) public space users and public-space agents (co-creation), and the nature of Human-Computer Interaction (HCI) between c) public space users and digital tools, and finally between d) public space agents and digital tools.

4.2. Holistic approach & A Vision of a Smart and Inclusive City

As introduced, our holistic approach builds on a *four-dimensional model* of a complex set of societal challenges through which our specific study problem needs to be addressed. It also builds on a *needs-driven approach* that considers participatory practices between public space agents and public space users, and in addition integrates digital tools aiming at supporting co-creation processes between the two groups. This *needs-driven approach* is introduced in Figure 2.



Figure 2: Needs-driven approach to inclusive public spaces design

Further on, in Figure 3 our holistic model itself is introduced. This incorporates a complex set of diverse needs and corresponding solutions into each step and each component of the city design. By saying that, we refer to respecting (dis)ability of different groups of disabled people e.g. physically disabled, blind and visually impaired, deaf and hard of hearing, intellectually and mentally disabled, but also a diverse range of other disabilities arising from long-term conditions and/or illnesses. Awareness among relevant stakeholders through strong participatory and open-governance approach is then strongly promoted, meaning not only about the diversity between these groups but also the diversity within a specific group of disabled people. Further on, there is a set of standardized, legislative

⁸ <http://ec.europa.eu/social/main.jsp?catId=1141&langId=en> (4th May 2017)

procedures and solutions incorporated, however a strong emphasis on individuality is also given, as the needs of individuals with similar disabilities can significantly differ from one another. This is supported through a strong user-centred participatory approach and open-government principles with a constant exchange of knowledge, ideas and practices between all the relevant stakeholders. Since it is not realistic not reasonable to always implement a direct user involvement, as seen in Figure 3, a three-level-user model is proposed when it comes to citizen-driven and open-government participatory approach: a) end users (disabled people themselves), b) association level (disability associations), c) representation/advocacy level (associations' representatives in governmental and political frameworks).

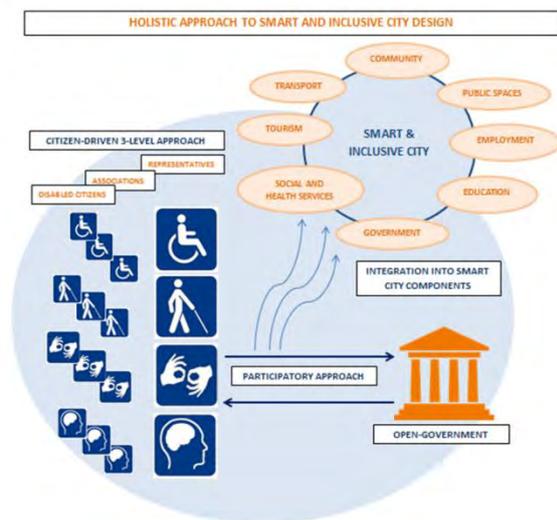


Figure 3: Holistic approach to Smart and Inclusive City design.

Participatory actions are further on proposed to be organized into the following levels: a) community level (focus groups, public disclosures, public opinions, direct collaborative practices etc.), b) operational level (meetings, working groups, workshops, automated on-going collaboration within city offices), c) management level (city management meetings, governance openness to disability initiatives, disability representatives involvement in decision making), d) political and strategic level (parliament and council sessions, disability representatives involvement in planning and strategic processes, groups etc.).

Finally, a holistic view over the city as a system of subsystems (components and processes) is proposed. Taking into account the Smart City concept, first all the city components, to which the inclusiveness should apply, are identified. The Figure 3 tries to give an overview of such relevant components, namely a) Public spaces, b) Transportation, c) Public services, d) Social and

Health services, e) Education, f) Employment, g) Tourism, h) Community etc. Within each of the components, a specific set of stakeholders, processes, steps, actions, measures, standards, models, tools etc. should then be identified, and adapted to the needs of each group of disabled people. Within each of the processes participatory and open-governance principles as explained above should be applied, in order to ensure that the needs of disabled people are truly recognized.

Within such a holistic approach, the city is governed through a *bottom-up* (needs-driven, citizens-driven), but also *top-down approach* (governmental, policy and strategic initiatives). These two approaches can be a winning combination, as long as they are primarily focused on a human dimension, well intertwined and iterative.

4.3. A Social Cooperative Monitoring Tool

The vision introduced, is a part of our broader research, namely “A Social Cooperative Monitoring Tool for the Production of Inclusive Public Spaces”. For this reason it incorporates also a proposal of such a digital tool as conceptualized herein and drafted in Figure 4. However, this tool first needs to be contextualized within our vision of a Smart and Inclusive city. As said, digital dimension is one of the key elements of a Smart City concept, but there are still some doubts to be considered. As noticed by several authors, “a greater attention is paid to the ICTs while ignoring the social aspects” [1], [13]. And in the flood of many digital tools, that do not live their full acceptance and adoption, perhaps Smart Cities could in fact play a significant role, but only when emphasizing the importance of all the dimensions needed to be considered in a holistic framework in inclusive public spaces design, always having disabled people in mind.

As shown through related work section, digital tools can in fact, to a certain level, increase the attractiveness of public spaces by supporting users in enjoying public spaces, providing them with location based and context based services, and at the same time giving them the opportunity to express their opinions, provide suggestions, complaints, and get engaged with the environment, other community members and stakeholders [1], [2], [32], [33]. They have been incorporated in many Smart City initiatives and are being thoroughly studied all the way through the last decades of the digital era. However, in order for them to be of a true value, the research show, that they need to respect and address the users’ needs, be designed with and for the users according to user-experience design principles, and finally be implemented holistically, thoughtfully and patiently as to gain the maturity and general acceptance.

Saying that, as a part of our vision to Smart and Inclusive Cities, we envision also a proposal of a holistic modular digital tool, carefully incorporated into all the identified city components and processes. We do not envision a completely new digital tool. In a flood of many this may not have a promising future. However, based on the state of the art, undertaking a conceptual approach, we propose a modular tool (Figure 4) that combines, intertwines and updates the already existing digital solutions, only to incorporate a holistic and inclusive dimension.

A great number of digital tools have already been identified through literature review and a participatory ethnographic field research. Some of the digital tools that are of interest to us for the proposal of a Social Cooperative Monitoring Tool, could be categorized into: a) location-based participatory digital tools, such as Wheelmap for wheelchair users⁹ [32], Arianna for the blind¹⁰, Fix my Street, Ushahidi, [32], EthnoAlly¹¹, b) monitoring, evaluation and analytical tools, such as SpaceSyntax¹² and Flux Space [32], unobtrusive tool for behavioural analysis [2]; Hadrian as an “design for all” evaluation tool [25], 311 app as an cooperative-analytical tool [4], but also c) context-based social and networking tools such as FourSquare¹³ [12], Fabric¹⁴, and finally, d) holistically designed Smart city digital solutions that can work globally or can be applied and adapted to the needs of a specific city context, such as Comarch Smart city platform¹⁵, holistic transportation Smart city tool Moovit¹⁶, Butterfly Smart city app for the citizens of Amsterdam¹⁷ etc. Of course, the categories introduced are only sketching the differentiation since technology nowadays is becoming more and more multimodal, multifunctional and thus has many overlapping functionalities.

For example, many of these tools use geo-positioning, geo-tracking, contextualized information etc. but combined with other functionalities in a different way for a most likely different purpose. Most of the participatory tools nowadays for example use a principle of *crowdsourcing* which in a context of urban planning »involves an interactive online environment, where community members help decision makers, financial bodies and project developers to tackle urban issues by locating them on

a map, by expressing opinions, wishes and expectations« [32]. This should allow cities to become more community engaging, open and responsive. However, adoption of such tools is a far more complex process. In the flood of new ideas and digital solutions it is difficult to; first, achieve successful integration into governmental systems, and second ensure a satisfactory level of interest among community members to use the proposed digital solutions. Also the community needs to be properly trained [32]. Further on, again there is often a lack of holistic approach. The digital solutions are often also dispersed for different purposes, although they are in most cases logically very integral solutions when considering a holistic functioning of a Smart City.

In fact, by combining these tools we envision that such a holistic modular digital tool could be conceptualized and designed, that a) can be used widely by all relevant city stakeholders, also respecting specific needs of disabled people, b) is integrated into all relevant city components with corresponding processes, c) creates solid channels of two-way communication and enables a participatory approach to governance, d) enables evaluation, monitoring, data collection and analysis, e) provides social networking opportunities, and safe, attractive, useful and usable exchange of information, and finally f) provides contextual information and navigation possibilities.

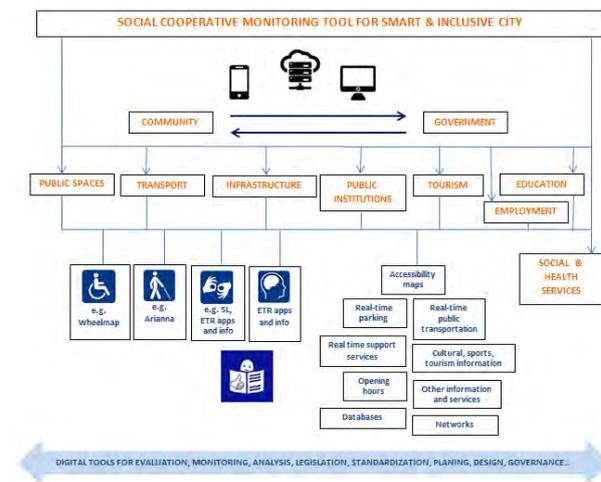


Figure 4: Social Cooperative Monitoring Tool

Specifically referring to inclusive public spaces design, this tool, as envisioned and conceptualized herein, would enable a two-way communication between public space agents and public space users, aiming at, on one hand communicating barriers, complaints, suggestions initiated by public space users, and on the other hand providing citizens with quality and useful contents by the public space agents (e.g. public services info, opening hours, events information, tourist information, accessibility

⁹ <https://wheelmap.org> (4th May 2017)

¹⁰ <http://in-sight.srl/arianna> (June 2017)

¹¹ <http://cloud.mobility.deustotech.eu/ethnoally/> (October 2016)

¹² <http://www.spacesyntax.net/> (January 2017)

¹³ <https://foursquare.com/about> (November 2016)

¹⁴ <https://techcrunch.com/2016/08/10/former-facebook-engineers-launch-fabric-an-automated-personal-journal-of-your-life/> (November 2016)

¹⁵ <https://smartcity.comarch.com> (June 2017)

¹⁶ <https://www.moovitapp.com/> (June 2018)

¹⁷ https://en.wikipedia.org/wiki/Smart_city (May 2016)

maps of locations, destinations and routes; sign language interpreters, audio information and navigation etc.). It would enable direct involvement of the citizens into all the aspects of *plan-design-govern-maintain public spaces chain*, but would also offer them useful contextual information to motivate them even more for using the tool. The tool could work on a municipality level, national level, union or global levels. The tool itself would follow WCAG 2.0 principles for accessible websites and apps, and would as such in its very essence respond to the basic needs of citizens with disabilities, be it the needs of physically disabled for getting information about accessible locations; be it providing visually impaired with easy-to-access audio information, contrast colours, big fonts; offering easy-to-read versions of all relevant information to support those with hearing, intellectual or mental impairment; and in addition provide sign language interpreters to support those with hearing impairment in social contacts.

5. Conclusion & Future work

It is anticipated that our vision, presented in this paper, will have an impact on the future work in the area of research. We conceptualize a smart and inclusive city as a city, that primarily responds to the needs of one of the most vulnerable citizens, namely disabled people who face a different array of barriers while using public spaces, services and information. In order to achieve full accessibility of the public sphere, the city must incorporate a biosocial model into its functioning. However, without deep understanding of the complexity behind disability, inclusion, citizenship and the Smart City itself, we are far from truly inclusive cities. We believe that current holistic approaches to smart city governance need to be upgraded with a detailed understanding of disability as a part of the citizenship. Thus, a holistic approach towards planning, design and the governance of public spaces needs to be undertaken. Inclusive dimension should be incorporated, thus making the city system work smarter for all the citizens. A digital, participatory and open-governance dimension should be incorporated into such system in order for the city to be able to build firm communication channels between all the relevant stakeholders, and simplify, optimize and automate the city processes. We believe the main challenges for the future will be, first to enhance the understanding of the diversity and the complexity of disability, secondly, to enhance the understanding that Smart city initiatives are worthless if they fail to meet the needs of disabled people, and last but not least, answering the challenge of how to incorporate the inclusive dimension into all the pores of the city. This research will further on focus on understanding of the relations between and/or among disabled

citizens, relevant stakeholders, public spaces, digital technology and the smart city governance approaches. We will continue to explore the complexity of the presented phenomena, considering the Smart City good practice examples as well as the most recent and most used Smart City digital solutions that could be incorporated into a holistic inclusive city design. Additionally, an exploratory field work will be conducted in a setting of at least one small-size European city, namely Maribor in Slovenia, possibly also in Ljubljana, Bilbao and/or Antwerp. As a contribution to the scientific, professional and political community, a practical step-by-step model to a holistic public spaces planning, design and governance will be proposed, incorporating the principles of inclusive, participatory and digital-based design. Following our conceptualization and ideology of a »Social Cooperative Monitoring Tool for the Production of Inclusive Public Spaces« a design specification is anticipated to be outlined.

6. Acknowledgements

This paper is a part of a research Social Cooperative Monitoring Tool for the Production of Inclusive Public Spaces within the COFUND project, co-funded by the European Union within the Marie Skłodowska Curie Action, under H2020 Programme.

This work has also been supported by the Spanish Ministry of Economy and Competitiveness under the ESPHIA project (ref. TIN2014-56042-JIN).

7. References

- [1] Abdel-Azziz, A.A., Abdel-Salam, H., El-Sayad, Z., "The Role of ICTs in Creating the New Social Public Place of Digital Era", *Alexandria Engineering Journal (2016)* 55, 2016, pp. 487-493.
- [2] Bahillo, A., Goličnik Marušić, B. and Perallos, A., "A Mobile Application as an Unobtrusive Tool for Behavioural Mapping in Public Spaces", *Springer International Publishing Switzerland*, 2015, pp. 13-25.
- [3] Boob, T. N., "Transformation of Urban Development in to Smart Cities: The Challenges", *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, 12(3-II), 2015, pp. 24-30.
- [4] Castelnovo, W., Mainka, A., et al., "Open Innovation in Smart Cities: Participation and Co-creation of Public Services", *Proceedings of the Association for Information Science and Technology*, 53(1), 2016, pp. 1-5.
- [5] Castelnovo, W., Misuraca, G., Salvoldelli, A., "Citizen's Engagement and Value Co-production in Smart and Sustainable Cities", *International conference on public policy*, 2015, pp. 1-16.

- [6] Castelnovo, W., Public Services Coproduction: From Users' Engagement to the State 2.0., *International Conference on Public Policy* 2015.
- [7] Castelnovo, W., Misuraca, G., Savoldelli, A., "Smart Cities Governance: The Need for a Holistic Approach to Assessing Urban Participatory Policy Making", *Social Science Computer Review*, 34(6), 2015, pp. 724-739.
- [8] Cavada, M. Hunt, D. V. L., Rogers, C. D. F., "Smart Cities: Contradicting Definitions and Unclear Measures", *World Sustainability Forum – Conference Proceedings Paper*, 2014, pp 1-12.
- [9] Dirks, S., Keeling, M., *Smarter Cities for Smarter Growth: How Cities Can Optimize Their Systems for the Talent-Based Economy*, Somers, NY, IBM Global Business Services.
- [10] Favero, P., *For A Creative Anthropological Image-Making, Chapter 3, Media, Anthropology and Public Engagement*, Berghahn Books, 2015, pp. 67-91.
- [11] Favero, P., Bahillo, A., »Apps, visual practices and the mediated tourist experience«, *International Conference „ICiTy. Enhancing Places through Technology“*, Valletta, Malta, Edições Universitárias Lusófonas, 2016, pp.23-24.
- [12] Garau, P. E. A., *Public Space in the Global Agenda for Sustainable Urban Development The "Global Public Space Toolkit"*, UN HABITAT, 2014.
- [13] Gehl, J., *Cities for People*. Island Press, Washington, DC, 2010.
- [14] Goličnik, B., *Vedenjski e mljevidi ljubljanskih trgov in parkov novi i iv i in pogledi na na rtovanje in urejanje prostora*, Ljubljana, Urbanistični inštitut Republike Slovenije, 2006.
- [15] Hampton, K. N., "Social Life of Wireless Urban Spaces: Internet Use, Social Networks, and the Public Realm", *Journal of Communication* 60, 2010, 701–722.
- [16] Hanson, J., "The inclusive city: delivering a more accessible urban environment through inclusive design", *RICS Cobra 2004 International Construction Conference: responding to change*, 2004.
- [17] Holands, R. G., "Will the real smart city please stand up?" *City*, 12(3), 2008, 303-320.
- [18] Imrie, R., "Barried and Bounded Places and Spatialities of Disability". *Urban Studies*, 38(2), 2001, pp. 231-237.
- [19] Imrie, R., Hall, P., "An Exploration of Disability and the Development Process", *Urban Studies* 38(2), 2001, pp. 333–350
- [20] Ishida, T., Isbister, K. (Eds.), *Digital Cities: Technologies, Experiences, and Future Perspectives*, Springer, Berlin, Germany, 2000.
- [21] Klichowski, M., Patricio, C., Eds. Zammit, A, Kenna, T., "Does the human brain really like ICT tools and being outdoors? A brief overview of the cognitive neuroscience perspective of the CyberParks concept". *Enhancing places through technology*, Edições Universitárias Lusófonas, 2017, pp.223-239.
- [22] Mackenzie, A., *Placemaking and Place-Led Development: A New Paradigm for Cities of the Future*, 2015.
- [23] Marshall, R., Summerskill, S., Gyi, D. E., Case, K., "The HADRIAN approach to accessible transport", *A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation*, 33 (3), 2009, pp. 335-344.
- [24] Mohanty, S. P., Choppali, U., Kougiannos, E., Everything You wanted to Know about Smart Cities: The Internet of things is the backbone, *IEEE Consumer Electronics Magazine*, 5(3), July 2016, pp. 60-70.
- [25] Moody, L., "User-centred health design: reflections on D4D's experiences and challenges", *Journal of Medical Engineering and Technology* 39(7), 2014, pp. 395-403
- [26] Nam, T., Pardo, T. A., "Conceptualizing Smart City with Dimensions of Technology, People and Institutions", *The Proceedings of the 12th Annual International Conference on Digital Government Research*, ACM New York, June 12-15, 2011, pp. 282-291.
- [27] Oliver, M., Barnes, C., "Disability studies, disabled people and the struggle for inclusion", *British Journal of Sociology of Education*, 31(5), 2010, pp. 547-560.
- [28] Rebernik, N., "Humanisation of work & support for employers in the employment of disabled persons (Slovenian perspective)", *Ergonomics – opportunity for new human jobs Conference Proceedings Paper*, University of Siedlce, 2015, pp. 23-37.
- [29] Rozman Cafuta, M., "Open Space Evaluation Methodology and Three Dimensional Evaluation Model as a Base for Sustainable Development Tracking Sustainability, 7(10), 2015, pp. 13960-13712.
- [30] Smart cities – Vocabulary, D.f.B.I. Skills, Editor. 2014, BSI Group Headquarters: London.
- [31] *Smart Cities and Communities – European Innovation Partnership*, European Commission, Commission Smart Cities and Communities, Brussels, 2012.
- [32] Stadler, R.L., "ICTs as a Tool to Increase the Attractiveness of Public Spaces", *Science – Future of Lithuania 2013* 5(3), 203, pp. 216-228.
- [33] Whyte, W.H., *The Social Life of Small Urban Spaces. Project for Public Spaces*, New York, 2001.

8. Copyright

Authors of the submitted papers accept its copyright released in order to be published in the proceedings by sending them to approval of the Scientific Committee.

La Impresión 3D de Modelos Táctiles para Apoyo del Aprendizaje Personalizado, Abierto, a Distancia y su Uso Combinado con Otras Herramientas Accesibles

Torregrosa Maciá, Rosa
r.torregrosa@ua.es
Molina Sabio, Miguel
m.molina@ua.es
Lillo Ródenas, María Ángeles
mlillo@ua.es
Silvestre Alberó, Joaquín
j.silvestre@ua.es
Martínez Mira, Isidro
isidro@ua.es
Vilaplana Ortego, Eduardo
e.vilaplana@ua.es
Cornejo Navarro, Olga
olga.cornejo@ua.es
Berenguer Murcia, Ángel
a.berenguer@ua.es
Dpto. de Química Inorgánica
Universidad de Alicante

Martínez Maciá, Domingo
domingo.martinez@ua.es
Fernández Gil, José María
josema.fernandez@ua.es
Centro de Apoyo al Estudiante
Universidad de Alicante

Martínez Ferreras, Francisco
p.ferreras@ua.es
Dpto. de Expresión gráfica, Composición y
Proyectos
Universidad de Alicante

Villar Pérez, José María
jmvp@once.es
Centro de Recursos Educativos de Alicante
O.N.C.E.

Resumen

En esta comunicación se presentan los resultados de la utilización por el alumnado -una parte del cual presenta diversidad funcional- de distintos materiales docentes, entre ellos modelos 3D, que han sido adaptados previamente a los Principios del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA). La adaptación del material docente se llevó a cabo, previamente, teniendo en cuenta las características de los diferentes formatos que se ofrecen en la actualidad para presentar al alumnado información espacial estructural. Para hacer accesible, inclusivo y móvil el uso de los formatos de presentación de información seleccionados, se tuvieron en cuenta las pautas y guías relacionadas con cada formato. Uno de los formatos de presentación de información que mejor permite que el alumnado adquiera conocimientos acerca de

estructuras atómicas/iónicas ordenadas es el uso de modelos 3D, ya sea construido manualmente o, como en este caso, con tecnología de impresión 3D. Combinando los modelos táctiles con otras herramientas accesibles se puede obtener un amplio abanico de escenarios de aprendizaje personalizados.

Abstract

The results of the use of different teaching materials including 3D models, by students –some of them with functional diversity-, previously adapted to the Principles of the Universal Design for Learning (UDL), are described. Teaching materials were previously adapted taking into account the characteristics of the different formats we can get nowadays to provide students with structural spatial

information. To make accessible, inclusive and mobile the use of the selected information presentation formats we take into account the guidelines related to each format. One of those information presentation formats that best allows students to acquire knowledge about ordered atomic/ionic structures is the use of 3D models, either, hand-made or, as in this case, with 3D printing technology. Combining the tactile models with other accessible tools will provide a wide range of learning customized scenarios.

1. Introducción

1.1 Legislación vigente sobre accesibilidad

La educación del s. XXI tiene como meta fundamental la búsqueda de la accesibilidad universal e inclusiva que se recoge en las directrices de la UNESCO y en el Foro Mundial sobre la Educación 2015 (Incheon. Rep. de Corea) [1]. En este Foro, tras analizar los logros obtenidos en las metas de educación propuestas por el Grupo de Trabajo Abierto sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), se define el horizonte de educación para el año 2030, en base al Acuerdo de Mascate, aprobado en la Reunión Mundial sobre la Educación para Todos (EPT) de 2014 [2]. Dentro de las diferentes estrategias para conseguir llegar a esta meta existe una herramienta común, el Diseño universal o diseño para todas las personas que se presentó en Estocolmo [3]. En nuestro país se define en el artículo 2 del Real Decreto Legislativo 1/2013, de 29 de noviembre (2013) [4] como “*la actividad por la que se conciben o proyectan desde el origen, y siempre que ello sea posible, entornos, procesos, bienes, productos, servicios, objetos, instrumentos, programas, dispositivos o herramientas, de tal forma que puedan ser utilizados por todas las personas, en la mayor extensión posible, sin necesidad de adaptación ni diseño especializado. El «diseño universal o diseño para todas las personas» no excluirá los productos de apoyo para grupos particulares de personas con discapacidad, cuando lo necesiten.*”

1.2 Revisión bibliográfica

La aplicación del espíritu y los principios del Diseño Universal (DU) a la enseñanza conducen al Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) [5]. En la era de la revolución de la información, el objetivo de la educación deja de ser el almacenamiento de información por parte del alumnado. El objetivo en esta era es aprender a buscar, evaluar y utilizar la información para generar nueva información. Para conseguir este objetivo global hay que aprender a entender y dominar el propio proceso de aprendizaje.

El alumnado debe dejar de tener el papel de “aprendiz novel” para convertirse en “aprendiz experimentado” que desea aprender, que conoce las estrategias para aprender y lo hace con un estilo propio, flexible y adaptado a su personalidad y, gracias a ello, estará bien preparado para seguir aprendiendo durante toda su vida.

Los educadores tienen que modificar los criterios de elaboración de los currículos para conseguir que el alumnado pueda alcanzar este objetivo global. El DUA proporciona un marco para entender cómo crear currículos accesibles e inclusivos que atiendan, desde el primer momento, las necesidades de todo el alumnado, independientemente de su diversidad funcional y sus características particulares de aprendizaje.

Sin embargo, para poder ofrecer al alumnado los beneficios de un aprendizaje fundamentado en los principios del DUA, no hay que esperar a que se modifiquen los currículos. Cualquier docente puede empezar adecuando los materiales de apoyo que ya utiliza en su docencia, para lo cual deberá adoptar los siguientes tres principios fundamentales en los que se basa el DUA y las pautas a desarrollar [6], que se resumen en:

- I. Proporcionar MÚLTIPLES FORMAS de REPRESENTACIÓN.
 1. Proporcionar diferentes *opciones de percepción.*
 2. Proporcionar diferentes opciones para *el lenguaje, las expresiones matemáticas y los símbolos.*
 3. Proporcionar diferentes opciones para *la comprensión.*
- II. Proporcionar MÚLTIPLES FORMAS de ACCIÓN Y EXPRESIÓN.
 1. Proporcionar opciones para *las acciones físicas.*
 2. Proporcionar opciones para *la expresión y la comunicación.*
 3. Proporcionar opciones para *las funciones de ejecución.*
- III. Proporcionar MÚLTIPLES FORMAS de COMPROMETER AL ALUMNADO.
 1. Proporcionar opciones para *aumentar el interés.*
 2. Proporcionar opciones para *mantener el esfuerzo y la persistencia.*
 3. Proporcionar opciones para *la auto-regulación.*

Cada uno de los tres principios anteriores dotará al alumnado de las características que debe tener un “aprendiz experto”:

- I. Aprendiz con recursos, bien informado.
- II. Aprendiz estratégico, encaminado a conseguir metas.

III. Aprendizaje resolutivo, motivado.

La investigación sobre la utilización de tecnología avanzada para facilitar el aprendizaje del alumnado con diversidad funcional no suele encontrarse en revistas científicas sino más bien en formato de informes realizados por institutos gubernamentales como el *Institute of Museum and Library Services*, que tiene publicada una *Guía de impresión 3D para educación* [7] o el *Informe Final sobre 3D Printing for Accessible Materials in Schools*, realizado por Yue-Ting Siu en nombre de *DIAGRAM Center* [8], en el que se identifican los usos de la impresión 3D con el alumnado con problemas visuales, los retos de su puesta en funcionamiento en el aula, la identificación de las barreras en el uso de esta tecnología y la propuesta de soluciones.

No habiendo encontrado otros trabajos en los que se haya aplicado la impresión 3D para la obtención de modelos de estructuras de metales, los componentes de la Red se han planteado la consecución de los objetivos que se describen en el siguiente epígrafe.

2. Objetivos

Los objetivos de este trabajo son,

1. la utilización por el alumnado –una parte del cual presenta diversidad funcional- de distintos materiales docentes, entre ellos modelos 3D, que han sido adaptados previamente a los Principios del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), mediante el trabajo en la Red 3747 del Programa de Redes-I³CE de investigación en docencia universitaria del Vicerrectorado de Calidad e Innovación Educativa-Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad de Alicante (convocatoria 2016-17) [9] y,
2. la comprobación de su utilidad para el alumnado con déficit visual/ceguera, facilitando la obtención de documentación accesible y abierta mediante el uso de códigos QR y/o etiquetas NFC.

3. Descripción de los materiales docentes que se utilizan en la actualidad

El material de que dispone actualmente el alumnado para obtener conocimientos acerca de las estructuras ordenadas de átomos en metales consta de un documento escrito con instrucciones para utilizar un modelo de esferas del mismo tamaño unidas según las características de la estructura que describe el modelo y una web en la que se visualizan, mediante applets de Java, las diferentes características de las estructuras.

3.1. Documentos electrónicos

Los documentos electrónicos se redactan en formato DOC/DOCX y, posteriormente, se imprimen en formato PDF para su descarga desde el Sistema de gestión Docente (LMS en inglés) de la asignatura. Los documentos PDF actuales no cumplen con los requisitos de accesibilidad.

El documento de trabajo de la práctica se encuentra en formato PDF con videos incrustados para que el alumnado pueda recordar el trabajo realizado en el laboratorio con los modelos (se puede obtener una copia en: <https://dqino.ua.es/rtm/docs/Q-II-Practical1-2.2.2.rar>). Este documento contiene también enlaces a las páginas web con applets interactivos que, después del trabajo realizado por la Red, ya son accesibles. El fichero PDF no es accesible y los vídeos tampoco (tienen subtítulos pero no tienen sonido ni texto explicativo de las imágenes).

3.2 Modelos físicos

Los modelos que se utilizan actualmente se han construido manualmente usando pelotas de ping-pong blancas y de colores. Estos modelos no poseen ningún código táctil, solo visual y el alumnado solo los puede utilizar durante el periodo de prácticas de laboratorio, definido en el calendario de la asignatura.

4. Componentes del equipo y esquema de trabajo

El equipo que ha realizado el trabajo está formado por cinco docentes, tres técnicos de laboratorio que asisten al profesorado en sus labores docentes, del Dpto. de QI, dos técnicos del Centro de Apoyo al Estudiante (CAE), un técnico de laboratorio del Dpto. de Expresión gráfica, Composición y Proyectos (Dpto. de EGyP), que tiene una amplia experiencia en la utilización de impresoras 3D y un Profesor del Equipo de Apoyo de Educación Integrada (EAEI) del Centro de Recursos Educativos de Alicante de la O.N.C.E.

El trabajo se ha llevado a cabo siguiendo el siguiente esquema de actuación:

- a. El profesorado propone una práctica actual para realizar las modificaciones que conseguirán que se adapte al DUA.
- b. Los técnicos de laboratorio y el profesorado analizan los materiales que se utilizan actualmente en el aprendizaje de dicha práctica para localizar los aspectos del DUA que no cumplen.
- c. Se hacen propuestas de modificación de cada tipo de material utilizado. Se aprueban las que se considera que cumplen mejor con el DUA. Adicionalmente, se propone el uso de páginas

web con applets que ayuden a visualizar las estructuras en 3D, que sean accesibles y se puedan utilizar en cualquier tipo de dispositivo móvil.

- d. Se pide a los técnicos del CAE formación sobre las reglas a tener en cuenta para hacer accesible cada tipo de material (documentos en formato DOC, PDF, HTML, etc...).
- e. Se distribuye el trabajo de aplicación de dichas reglas a DOCs y PDFs entre los profesores y se contrata a un informático para preparar una plantilla siguiendo las Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web (WGAC) 2.0 (2008) [10].
- f. Una vez preparada la plantilla de la web, el profesorado completa los contenidos necesarios para que la web pueda ser utilizada con un lector de pantalla y que los colores de los gráficos y applets cumplan con los requisitos de accesibilidad para personas con acromatopsia. Para facilitar su uso por parte de estas personas, se solicita que la plantilla de la página web incluya un botón para seleccionar un cambio de fondo de los applets con mayor contraste.
- g. Paralelamente a los pasos e. y f., el técnico de laboratorio del Dpto. de EGCyP, especialista en impresión 3D, prepara los ficheros vectoriales y realiza la impresión 3D de los modelos que acompañan a la práctica seleccionada, utilizando un código de textura superficial para complementar el código de color que se usa en los modelos, con el objetivo de conseguir que las personas con deficiencia visual puedan obtener la misma información que las que no la tienen. Los modelos se imprimen utilizando impresoras 3D del espacio MakerCig del Ayuntamiento de Alicante [11].
- h. Se redactan las instrucciones de uso del modelo en formato DOC, PDF y HTML accesible, y se colocan en la página web los enlaces desde los que se pueden descargar tanto estos ficheros DOC y PDF, como los correspondientes a las diferentes partes de cada modelo en formato STL para imprimir en 3D.
- i. Terminada la adaptación de los materiales, se prueba con una parte del alumnado del Dpto. de QI que cursa el Grado de Química. El alumnado con deficiencia/ausencia de visión (un alumno de 2º y otro de 4º de ESO) realiza la prueba del material con el apoyo del Profesor del EAEI del CR de la O.N.C.E. Adicionalmente, también prueban el material dos profesores afiliados a la O.N.C.E. y un componente de la Red con deficiencia visual. Se prepara una mesa de trabajo con los

modelos táctiles señalizados convenientemente con etiquetas en los dos códigos, tinta y braille, para alumnado sin y con deficiencia visual, y se utiliza un código QR (del inglés *Quick Response code*, "código de respuesta rápida") y una etiqueta NFC (del inglés *Near Field Communication*, "comunicación en el entorno próximo") para que el alumnado acceda a la dirección de la web que contiene las instrucciones de uso del modelo y los ficheros para imprimir en 3D los modelos.

5. Resultados

Los materiales preparados a partir de los que han sido elaborados previamente para la docencia de QI se pueden utilizar de forma universal, por todo tipo de alumnado con o sin DF.

Estos materiales cumplen con algunas de las recomendaciones de los tres principios del DUA. Así, dentro del primer principio (Proporcionar MÚLTIPLES FORMAS de REPRESENTACIÓN), se dedica especial atención al suministro de materiales de un mismo tema en diferentes formatos, que proporcionan un abanico de opciones de percepción para facilitar la comprensión del tema.

Respecto al segundo principio (Proporcionar MÚLTIPLES FORMAS de ACCIÓN Y EXPRESIÓN), la utilización de los materiales de un mismo tema en diferentes formatos requiere diferentes tipos de acción física y formas de ejecución por parte del alumnado.

En cuanto al tercer principio (Proporcionar MÚLTIPLES FORMAS de COMPROMETER AL ALUMNADO), al suministrar al alumnado materiales de un mismo tema en diferentes formatos que se pueden utilizar en cualquier momento y lugar, se pretende fomentar la autorregulación y así aumentar su interés por aprender.

Dado que la Red ha venido funcionando durante varios años y una gran parte de sus componentes ya estaban trabajando conjuntamente en otros proyectos docentes, el trabajo realizado por los componentes de la Red ha sido fluido y los escollos, derivados de la falta de preparación inicial del profesorado en la elaboración de materiales electrónicos accesibles se subsanaron con la instrucción aportada por los miembros del CAE. El diseño de los modelos lo realizó el especialista en impresión 3D con las instrucciones aportadas por el profesorado.

La experiencia obtenida por los autores en la preparación de materiales adaptados al DUA es de un valor incalculable. La visión del papel del profesorado en el aprendizaje del alumnado ha cambiado, acercándose más al papel de facilitador del aprendizaje que de transmisor directo de información, que sigue

dándose en la actualidad. Y en este sentido, también ha cambiado la percepción del papel que tiene el alumnado en su propio aprendizaje.

Los materiales preparados se encuentran disponibles en la web del Dpto. de QI de la Universidad de Alicante (<https://dqino.ua.es/es/>). A título de ejemplo, en la Fig. 1(a) se presenta el modelo original que se utiliza en la actualidad y en la Fig. 1(b) el modelo impreso en 3D.



(a) (b)
Figura 1. Modelo (a) original; (b) impreso en 3D.

Se incluyen, a continuación, los enlaces web y los códigos QR correspondientes a:

- 1) la página web en que se explica la forma de trabajar con el modelo, el enlace al documento en Word y los ficheros para la impresión 3D del modelo:

<https://dqino.ua.es/rtm/docs/Describeion-Pactical-2-2-2.html>



- 2) la página web que contiene applets interactivos en JavaScript en los que se pueden visualizar en 3D las características más destacadas de la estructura:

<https://dqino.ua.es/rtm/quim-inorg-estruct/cubico-centrado-en-las-caras.html>



La prueba de uno de los modelos (señalizado con etiqueta con código braille, código QR y etiqueta NFC, para que el alumnado pudiera recibir la información de uso del modelo almacenada en la web), mostró que es bastante difícil para una persona con ceguera capturar el código QR con su móvil, a pesar de recibir pautas para enfocar la región espacial en la que el código QR,

preparado con un tamaño adecuado, se puede leer por la app del móvil. En cambio, las personas sin deficiencia visual pueden localizar el código y acceder a la información que contiene con relativa facilidad. Por este motivo, se utilizó, adicionalmente, una etiqueta NFC, puesto que el procedimiento de recepción de la información es pasivo. El resultado de su uso mostró que las etiquetas NFC son totalmente operativas para todo el alumnado que participó utilizando un dispositivo móvil en el que está habilitada la Comunicación mediante Campo Cercano (NFC), con sistemas operativos Android o Windows. Desgraciadamente, entre estos dispositivos no se encuentra todavía ningún modelo de Apple, aunque la firma anunció en el WWDC 2017 que los dispositivos con iOS 11 podrán tener lectores de etiquetas NFC y mensajes NDEF. Esto significa que todos los iPhone 7 y posteriores serán capaces de leer etiquetas NFC [12] como lo son en la actualidad los dispositivos con Android y Windows.

Una vez obtenidos los documentos en los que se explica el trabajo a realizar con el modelo, se demuestra su facilidad de uso por personas con escasa o nula visión. Mediante el tácto, estas personas pueden localizar las esferas destacadas con código de textura superficial lisa y con oquedades para hacerse una visión mental de la ordenación espacial de las mismas.

6. Agradecimientos

Los autores agradecen a MakerCig la utilización de impresoras de dicho espacio para la impresión de los modelos 3D.

Nuestro agradecimiento al alumnado y al profesorado del Centro de Recursos Educativos de la O.N.C.E. en Alicante, por participar en la prueba de los materiales.

Los autores pertenecientes a la Universidad de Alicante han realizado el presente trabajo en la Red GEQIA, que se enmarca en el seno del Programa de Redes-I³CE de investigación en docencia universitaria del Vicerrectorado de Calidad e Innovación Educativa-Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad de Alicante (convocatoria 2016-17), Ref.: 3747.

7. Referencias

[1] Foro Mundial sobre la Educación 2015 (Incheon. Rep. de Corea). Recuperado de:

<http://es.unesco.org/world-education-forum-2015/>

[2] Acuerdo de Mascate, *aprobado en la Reunión Mundial sobre la Educación para Todos (EPT) de 2014*. Recuperado de:

<http://www.unesco.org/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Santiago/pdf/Muscat-Agreement-ESP.pdf>

[3] Stockholm declaration from the European Institute for Design and Disability. Recuperado de:
http://dfaeurope.eu/wp-content/uploads/2014/05/stockholm-declaration_spanish.pdf

[4] Real Decreto Legislativo 1/2013, de 29 de noviembre B.O.E. N° 289 (2013), por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley General de derechos de las personas con discapacidad y de su inclusión social. Recuperado de:
<http://www.boe.es/boe/dias/2013/12/03/pdfs/BOE-A-2013-12632.pdf>

[5] CAST (2011). Universal Design for Learning Guidelines version 2.0. Wakefield, MA: Author. Traducción al español versión 2.0. (2013). Recuperado de:
http://www.udlcenter.org/sites/udlcenter.org/files/UDL_Guidelines_v2.0-full_espanol.docx

[6] National Centre for Universal Design Learning. Recuperado de:
http://www.udlcenter.org/aboutudl/udlguidelines/udlguidelines_graphicorganizer

[7] 3D Printing for education. Quick Start Guide. made possible in part by the Institute of Museum and Library Services (<https://www.imls.gov/>). Recuperado de:
<http://diagramcenter.org/3d-printing.html#3dprintingschool>

[8] Yue-Ting Siu. (2014). UC Berkeley & San Francisco State University. Recuperado de http://diagramcenter.org/wp-content/uploads/2014/06/3D_FinalReport_SIU_3.docx

[9] REDES-INNOVAESTIC 2017. Libro de actas. Roig Vila, R. (Coord.); Lledó Carreres, A., Blasco Mira, J., Antolí Martínez, J.M.(Eds.). pp. 296-297. Recuperado de:
<http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/66627>

[10] Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web (WGAC) 2.0 (2008). Recuperado de:
<http://www.sidar.org/traduccion/wcag20/es/>

[11] Espacio MakerCig del Ayuntamiento de Alicante. Recuperado de:
<http://www.alicante.es/es/contenidos/makercig>

[12] iOS NFC API docs in the Apple developer site:
<https://developer.apple.com/documentation/corenfc#topics>

8. Derechos de autor

Los autores de los artículos presentados como soporte documental para sus intervenciones en el Congreso, en el mismo acto de enviarlos para su aprobación, aceptan la cesión de los derechos de autor sobre los mismos para su publicación en el libro de actas del Congreso.

Sistema Versátil de Comunicación para Sordociegos: TactileCom

Alonso Alonso Alonso
Laboratorio de Electrónica y Bioingeniería (LEB)
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación.
Universidad de Valladolid
alonso3@tel.uva.es

Ramón de la Rosa Steinz
LEB
Universidad de Valladolid
ramros@tel.uva.es

Andrea Marín Brezmes
LEB
Universidad de Valladolid
andrea.marin@alumnos.uva.es

Albano Carrera González
Director de hardware
ARGOTEC
albano.carrera@uva.es

Resumen

En este trabajo se presenta TactileCom, un sistema de ayuda técnica para personas con sordoceguera. El sistema, basado en 4 interfaces, permite establecer una comunicación, a partir de conceptos o ideas prefijados. Por un lado, se han implementado dos interfaces adaptadas para la persona sordociega: un estimulador vibrotáctil para la cintura con 5 actuadores y un teclado adaptado. Por otro lado, dos más, que emplean un *smartphone* permiten enviar y recibir los comandos al interlocutor del sordociego

Se ha realizado 2 series de ensayos con 15 voluntarios para comprobar las prestaciones del sistema y se ha analizado los resultados. El sistema ha demostrado unas buenas prestaciones resumidas en: alta portabilidad y fiabilidad, capacidad de intercambio de información y velocidad de respuesta adecuadas, comodidad y un coste reducido que permite que sea asequible para los discapacitados y sus familias.

Abstract

This paper presents TactileCom, a technical aid system for deafblinds. This system is based on four human-machine interfaces and it allows a communication from a set of previously fixed concepts or ideas. On the one hand, we have developed two adapted interfaces for deafblinds: a vibrotactile waist stimulator with 5 actuators and an adapted keyboard. On the other hand, 2 additional interfaces are implemented employing a smartphone that allows to

send and receive the commands to the interlocutor of the deafblind.

Two series of tests were carried out with 15 volunteers to check the usability of the system and the results were analyzed. To summarise, the strengths of the system are: high portability and reliability, balanced information exchange and response time, suitable comfort and reduced cost which makes it accessible to the disabled and their families.

1. Introducción

Las Tecnologías de Rehabilitación están orientadas a intentar paliar muchos de los problemas funcionales que presentan las personas con discapacidad. En este ámbito trabaja desde hace años el Laboratorio de Electrónica y Bioingeniería (LEB) de la Universidad de Valladolid.

Concretamente, en el grupo de investigación se trabaja en interfaces humano-máquina y sistemas de ayudas técnicas. En lo que respecta a las interfaces, se han concebido dos tipos de dispositivos diferentes según cumplan una función de entrada o salida de información con respecto al usuario [1]. Así, se han definido las interfaces aferentes como aquellas que obtienen información del usuario, mientras que las interfaces eferentes son aquellas que envían información al usuario. Por otro lado, los sistemas de ayudas técnicas utilizan estas interfaces para la realización de una tarea, ya sea esta de propósito general o específico.

El sistema presentado en este artículo está orientado a la comunicación de un sordociego con un

interlocutor no discapacitado, por lo tanto, debe incluir como mínimo un total de cuatro interfaces, es decir, una interfaz de entrada y otra de salida de la información para cada uno de los dos usuarios de la comunicación. Adicionalmente, el sistema incorpora un enlace inalámbrico para conseguir una comunicación entre las interfaces. En todos los casos es imprescindible utilizar un canal de uso de las interfaces adecuado, pero este hecho se hace especialmente crítico en las interfaces utilizadas por el sordociego. En este caso particular, debe utilizarse uno de los sentidos sanos para la realización de la comunicación, como por ejemplo el tacto.

La comunicación táctil es una de las estrategias más utilizadas para mejorar la interacción de los sordociegos con el entorno [2]. Se han desarrollado numerosos métodos y sistemas sencillos de ayuda para solucionar este problema: escritura Braille [3], el método Tadoma [4], el lenguaje de signos apoyado, el alfabeto Malossi [5], monitores de frecuencia [2], monitores táctiles [6] o estimulación de los sistemas mecanorreceptivos de la piel [7]. Si el potencial usuario conserva una visión residual se puede utilizar lenguaje de signos o lectura de labios [8].

Se han desarrollado también soluciones basadas en sistemas más complejos. Por ejemplo, Freedom Scientific comercializa el producto "FaceToFaceTM" [26]. Este sistema, el más parecido a TactileCom en objetivos y prestaciones, consiste en unos dispositivos portátiles para que los individuos sordos-ciegos puedan comunicarse en tiempo real con personas oyentes, sin la necesidad de un intérprete especialmente entrenado. Este sistema consigue unas prestaciones más amplias que el nuestro, pero basándose en un voluminoso dispositivo Braille táctil y 2 PC portátiles. Por otra parte, nuestro sistema presenta otras características respecto a "FaceToFace" que lo convierten en una buena alternativa:

- En primer lugar, nuestro sistema es abierto y de bajo coste, en beneficio de cualquier asociación, particular o empresa que desee replicarlo o usarlo.

- TactileCom es muy sencillo, solo emplea un móvil o tableta convencional y un pequeño hardware muy económico. Es mucho más pequeño y portable.

- Además, hemos comprobado que muchos sordociegos desconocen el Braille y que tampoco están dispuestos a aprenderlo. Los sordociegos nos pidieron construir un sistema más simple, sin el uso de Braille.

- Nuestro sistema no transmite caracteres o palabras sino conceptos completos lo cual es más efectivo en cuanto a la rapidez de la comunicación.

- Transmitir conceptos en lugar de palabras presenta una ventaja adicional: el concepto no depende del idioma del usuario. Se usa pues un idioma universal.

En conclusión, nuestro sistema es una buena alternativa para la comunicación cara a cara entre sordociegos y personas sin discapacidad.

Para asegurar la eficiencia de la interfaz eferente en el extremo del sordociego en TactileCom hemos tenido que abordar un tema ampliamente estudiado en la literatura científica: la estimulación de los mecanorreceptores cutáneos. Diversos autores han realizado estudios de evaluación de los efectos de ubicación corporal y espacio ocupado de la estimulación táctil en diferentes partes del cuerpo: torso [9], abdomen [10], brazos [11], parte superior de la pierna [12], palma de la mano y dedos [13]. Además, se ha estudiado la influencia de otros parámetros como la edad [14], el ciclo menstrual [15], el área de estimulación [16], la grasa corporal [17], la temperatura de la piel [18] y la influencia de tener sentidos debilitados o perdidos, como la vista o el oído, [19]. Teniendo en cuenta esta experiencia previa pudimos elegir un estimulador vibrotáctil adecuado para la estimulación de la franja de piel abdominal y construir nuestro interfaz eferente para el sordociego.

El sistema de sustitución sensorial para sordociegos TactileCom permite comunicarse con un discapacitado sordociego mediante un smartphone y dos interfaces adaptadas específicas.

El objetivo de este trabajo es presentar un sistema de sustitución sensorial, principalmente orientado a personas sordociegas. Este hecho no excluye que el sistema pueda ser empleado en otros ambientes y aplicaciones, como por ejemplo en entornos industriales ruidosos y multilingües.

2. Material, funcionamiento y métodos

Este sistema presentado, TactileCom, se ha desarrollado como una mejora directa de un sistema diseñado previamente en el grupo de investigación [7 y 27]. El desarrollo de todo el equipo está centrado en las necesidades de los potenciales usuarios y ha tenido, en todo caso, en cuenta las preferencias de éstos. Para ello, se han realizado reuniones durante el desarrollo tanto con sordociegos como con personal especializado en su atención, a través de ASOCYL (Asociación de Sordociegos de Castilla y León).

Uno de los objetivos principales que han motivado la modificación del sistema anterior es la comodidad de cara al usuario. Para conseguirlo se ha optado por una interfaz eferente de estimulación sensorial colocada en un lugar del cuerpo que no interfiera con las tareas cotidianas del usuario. Además, aprovechando este cambio de ubicación, se consiguió una prestación adicional requerida por los potenciales usuarios: que el sistema pase desapercibido durante su utilización, quedando oculto bajo la ropa.

El sistema desarrollado es fácilmente portable, de manera que un usuario puede utilizarlo en cualquier entorno. Para ello, se ha sustituido el ordenador personal presentando en la anterior versión por un dispositivo móvil: un teléfono móvil o bien una tableta con Android. Adicionalmente, se ha conseguido que el procesado del sistema se realice de forma local sin necesidad de conexión a Internet. Para mejorar la portabilidad de TactileCom la alimentación se realiza mediante pequeñas baterías recargables.

Finalmente, se ha implementado un canal de comunicación adaptado en el que el sordociego es el emisor del mensaje. Se trata de una interfaz aferente para el sordociego basado en un teclado táctil que le permitirá comunicarse con otra persona en diferentes entornos. Esta interfaz envía mensajes de manera inalámbrica al teléfono móvil o dispositivo asociado, permitiéndose una comunicación bidireccional entre una persona, ya sea un cuidador o un familiar, y el sordociego.



Imagen 1. Partes del sistema de comunicación para sordociegos. En la fotografía se observan todas las partes del sistema que se explicarán a continuación: *smartphone*, teclado adaptado y cinturón de estimulación sensorial táctil.

Al tratarse de un sistema adaptado a la discapacidad, nuestro diseño cumple una serie de requisitos [1 y 20] para mejorar la facilidad de uso del sistema. Estos parámetros son: correcta elección del sentido a estimular, fiabilidad, capacidad, entendida ésta como la cantidad de mensajes que pueden codificarse con el dispositivo, velocidad de respuesta adecuada y coste computacional bajo, comodidad, evitando interferir con actividades realizadas simultáneamente por el sujeto y coste económico asequible para los potenciales usuarios.

El sistema está dividido en dos partes fundamentales, cada una de las cuales será portada por cada uno de los interlocutores de la comunicación, Imagen 1. Estas dos

partes actúan ambas como interfaces aferentes y eferentes al mismo tiempo, para cada uno de los sujetos. Entre estos dos dispositivos se establece una conexión inalámbrica mediante Bluetooth, que permite una comunicación bidireccional dedicada entre ambos.

En este apartado se explicará la estructura y el funcionamiento cada una de las interfaces del sistema.

2.1. Dispositivo para el sordociego

Se ha diseñado e implementado una primera interfaz eferente que permite la estimulación sensorial en cinco puntos de la cintura del potencial usuario sordociego y una interfaz aferente que, mediante un teclado adaptado, permite la transmisión de ideas que el sordociego quiera comunicar, Imagen 1.

2.1.1. Interfaz eferente. La parte del sistema portada por la persona sordociega tiene una interfaz eferente de estimulación táctil. En esta nueva versión de TactileCom se ha sustituido el guante estimulador presentado en [7 y 27] por un cinturón. De esta forma, se han cumplido dos de los requisitos demandados por la comunidad de potenciales usuarios: dejar libre las manos para conseguir una mejor interacción con el entorno y ocultar la interfaz de estimulación debajo de la ropa para no llamar la atención.

Al igual que el anterior prototipo de estimulación táctil, se ha construido un dispositivo con cinco actuadores. Estos actuadores han sido colocados con la suficiente distancia como para tener una correcta discriminación de estimulaciones, Imagen 2: parte central delantera (C), partes laterales delanteras izquierda y derecha (DI y DD) y partes laterales traseras derecha e izquierda (TD y TI).

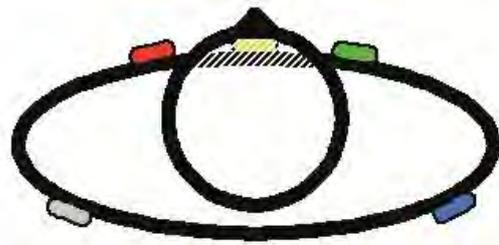


Imagen 2. Posición de los cinco actuadores de la interfaz eferente de la Imagen 1 en un esquema de una silueta humana en vista cenital. Los colores están relacionados con los leds de información del dispositivo.

Las estimulaciones se han codificado en función de los actuadores activos y la frecuencia de funcionamiento de éstos, cumpliendo las restricciones del tamaño del juicio y la memoria inmediata, estudiadas en [21]. Así se han implementado órdenes codificadas en función de los actuadores activos y con

tres frecuencias de funcionamiento configurables en cada uno de ellos: estimulación continua, interrupciones de 1Hz y de 10Hz. Con estos parámetros se pueden conseguir un total de 1024 órdenes.

Con el objetivo de mejorar la descodificación de la información por parte del usuario sordociego, se han implementado únicamente 38 órdenes codificadas utilizando los patrones más sencillos, Tabla 1. Todas estas codificaciones tienen una duración de cuatro segundos, que puede reducirse o incrementarse según las necesidades de cada usuario concreto.

El sistema de estimulación empleado está basado en un motor vibrador. Estos actuadores tienen la principal ventaja de que su tamaño es muy reducido y se encuentran completamente encapsulados.

Adicionalmente, se ha creado una codificación para los números de manera similar a la implementada en otros dispositivos destinados a los sordociegos, [22]. Esta herramienta es útil para aquellos comandos que requieren una comunicación numérica, como por ejemplo la información de cantidades. Los números se codifican por cifras, tres para la parte entera y dos decimales, permitiéndose la codificación de cantidades hasta 999,99. Cada cifra se codifica con pulsaciones largas o cortas, de manera que una pulsación corta se corresponde con una unidad y una pulsación larga con cinco unidades (el 0 quedaría codificado con dos pulsaciones largas). Cada uno de los cinco sensores está asignado a una de las cifras del número que se quiere transmitir, Imagen 3.

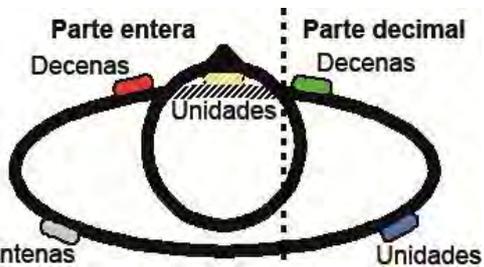


Imagen 3. Posición de los cinco actuadores de la interfaz eferente de la Imagen 1 en una silueta humana vista desde arriba. Se indica la cifra a la que corresponde cada uno de los actuadores, con parte entera y parte decimal, desde 000,00 a 999,99.

2.1.2. Interfaz aferente. En este caso, tal y como se ha indicado anteriormente, como interfaz aferente se ha utilizado un teclado adaptado, Imagen 4. Se ha elegido un teclado numérico en el que se presentan los números del 0 al 9, y los símbolos * y #. Por lo tanto, este teclado presenta un total de 12 teclas en relieve en el que la tecla central, correspondiente al número 5, está marcada con una pequeña protuberancia para facilitar su uso por el sordociego mediante el tacto.

Tabla 1. Órdenes codificadas actualmente en la interfaz de estimulación táctil. Se presenta en colores iguales a la de la Imagen 2 en caso que el actuador esté activo. Se indican las frecuencias de activación: 0Hz (estim. continua), 1Hz y 10Hz.

#	Actuadores en funcionamiento y frecuencia				
1	○	○	1 Hz	○	○
2	○	○	○	1 Hz	○
3	○	1 Hz	○	○	○
4	○	○	○	○	1 Hz
5	1 Hz	○	○	○	○
6	○	○	10 Hz	○	○
7	○	○	○	10 Hz	○
8	○	10 Hz	○	○	○
9	○	○	○	○	10 Hz
10	10 Hz	○	○	○	○
11	1 Hz	1 Hz	1 Hz	1 Hz	1 Hz
12	10 Hz	10 Hz	10 Hz	10 Hz	10 Hz
13	○	○	1 Hz	1 Hz	○
14	○	1 Hz	1 Hz	○	○
15	○	○	1 Hz	○	1 Hz
16	1 Hz	○	1 Hz	○	○
17	○	1 Hz	○	1 Hz	○
18	1 Hz	○	○	○	1 Hz
19	○	○	10 Hz	10 Hz	○
20	○	10 Hz	10 Hz	○	○
21	○	○	10 Hz	○	10 Hz
22	10 Hz	○	10 Hz	○	○
23	○	10 Hz	○	10 Hz	○
24	10 Hz	○	○	○	10 Hz
25	○	○	1 Hz	10 Hz	○
26	10 Hz	○	1 Hz	○	○
27	○	○	0 Hz	○	○
28	○	○	○	0 Hz	○
29	○	0 Hz	○	○	○
30	○	○	○	○	0 Hz
31	0 Hz	○	○	○	○
32	○	○	0 Hz	0 Hz	○
33	○	0 Hz	0 Hz	○	○
34	○	○	0 Hz	○	0 Hz
35	0 Hz	○	0 Hz	○	○
36	○	0 Hz	○	0 Hz	○
37	0 Hz	○	○	○	0 Hz
38	0 Hz	0 Hz	0 Hz	0 Hz	0 Hz

Para que el dispositivo sea lo más eficiente posible se ha codificado un total de 36 conceptos o ideas que el

usuario sordociego puede transmitir en pulsaciones simples o dobles. Siguiendo las indicaciones de los potenciales usuarios, que necesitan la transmisión de diferentes conceptos o ideas en función del entorno en el que se encuentren, se han agrupado en 4 familias las correspondientes combinaciones. La Tabla 2 muestra la correspondencia entre los conceptos y la codificación utilizada en el teclado adaptado para cada uno de los ambientes.

2.1.3. Sistema de procesado. El sistema de procesado ha sido una plataforma Arduino Micro, que permite implementar todas las prestaciones necesarias para el dispositivo. El dispositivo de procesado permite conectar el teclado adaptado, gestionar las interrupciones, establecer las comunicaciones bidireccionales vía Bluetooth con el *smartphone* del otro interlocutor y activar la estimulación de los cinco actuadores de la interfaz eferente.

Tabla 2. Conceptos versus códigos en el teclado adaptado para los sordociegos. Se definen cuatro ambientes según la combinación pulsada.

Ambiente	Teclas	Comando
Hogar	1	Estoy bien
	2	Estoy mal
	3	¿Qué ocurre?
	4	¿Puedo ayudar?
	8	Ir al aseo
Paseo Compras	*+1	Cruzar la calle
	*+2+(1 al 9)	Buscar dirección
	*+3	¿Cantidad?
	*+4	¿Talla?
	*+5	¿Color?
	*+6	¿Precio?
	*+7	Estoy perdido
	*+8	Ir al aseo
	*+9	Estoy mal
Hospital Médico	0+1	Estoy mejor
	0+2	Estoy peor
	0+3	Avisar a
	0+4	Lugar de la cita
	0+5	¿Tratamiento?
	0+6	¿Cuidados?
	0+8	Ir al aseo
	0+9	Dolor intenso
Transporte público	#+1	Número de línea de bus y ayuda para subir
	#+2	Indicación de parada de bus
	#+3+(1 al 9)	Dirección para el taxista
	#+6	¿Precio?
	#+7	Estoy mal

El sistema diseñado permite, además, la configuración de diferentes parámetros de la estimulación de los que depende la sensación percibida [23]. Se puede cambiar la intensidad de las estimulaciones y una de las frecuencias de estimulación. Los ajustes se realizan mediante un *jumper* y dos potenciómetros internos del dispositivo.

2.1.4. Aspecto final. La interfaz aferente comentada así como el sistema de procesado ha sido integrado conjuntamente en un dispositivo compacto, Imagen 4, al que se conecta la interfaz eferente. Tal y como puede verse se han incluido 7 *leds* en el frontal: 5 para la indicación de estimulación en cada sensor colocados en semicírculo, 1 de indicación de encendido y 1 de indicación de segunda pulsación activada.

El sistema funciona mediante una batería incorporada y se ha incluido un sistema de carga al cuál se accede mediante un conector externo. El proceso de carga se señala mediante un *led*.



Imagen 4. Aspecto del dispositivo en que se integra la interfaz aferente, el sistema de procesado, la batería de alimentación y su sistema de carga.

2.2. Dispositivo para el interlocutor

Tal y como se ha indicado anteriormente, para el caso del interlocutor que pretenda comunicarse con el sordociego, se ha utilizado un *smartphone* o dispositivo similar tanto como interfaz aferente como eferente. Así se mostrará en pantalla, en una aplicación desarrollada a tal efecto, tanto la opción de enviar mensajes como la información que se reciba. En todo caso, es necesaria una conexión Bluetooth en el dispositivo para enlazar las dos partes del sistema.

2.2.1. Interfaz aferente. En el *smartphone* se han incluido tres formas para que un usuario pueda enviar información a la persona sordociega: pictogramas, teclado o reconocimiento de voz.

Por defecto se utilizará el modo de envío por pictogramas, en el que se ha utilizado una imagen que

representa la idea a transmitir y una palabra que la define. La aplicación muestra en todo momento un cuadro de texto, Imagen 5, en el que se permite escribir o dictar un comando de la lista previamente definida, y se indicará si ha sido correctamente enviado o no.



Imagen 5. Captura de la aplicación en la que se observan pictogramas que representan las ideas que se pueden enviar, donde también se puede escribir o dictar un comando y el botón para la configuración.

2.2.2. Interfaz eferente. Siempre que el dispositivo reciba un mensaje procedente de la interfaz aferente del sujeto sordociego, explicada anteriormente, se activará una notificación en el *smartphone*, es decir, lanzará un aviso sonoro y vibratorio.

El dispositivo presentará en la pantalla el mensaje transmitido además de un cuadro de diálogo que permite al cuidador o familiar interactuar con el sordociego así como conocer el mensaje. Para los entornos fuera del hogar definidos, se ha incluido un mensaje previo, demandado por los potenciales usuarios, en el que se indica que el usuario es una persona sordociega que necesita ayuda. Ante este mensaje el interlocutor puede aceptar ayudar o declinar la oferta. Si acepta, la aplicación mostrará el mensaje que desea transmitir el sordociego y dará las gracias. Si la comunicación lo requiere, se dará acceso a una pantalla de interacción, por ejemplo si el sordociego demanda conocer una cantidad.

2.2.3. Funcionalidades adicionales. Para mejorar algunas funcionalidades de la aplicación TactileCom se ha realizado una comunicación entre aplicaciones para el *smartphone* o *tablet*. De esta forma, se permite una interacción con la aplicación de navegación GoogleMaps y la herramienta de comunicación Skype.

Para la aplicación GoogleMaps, TactileCom permite almacenar 9 direcciones que serán utilizadas siempre que el usuario sordociego, mediante su interfaz aferente, demande una de las órdenes asociadas a direcciones. En el sistema actual estos comandos están asociados a la situación en la que el sordociego necesita utilizar un servicio de taxi o cuando se encuentra desorientado y debe pedir ayuda a otro viandante. En estos casos, si la persona acepta ofrecer su ayuda, en el *smartphone* aparecerán las

indicaciones necesarias para llegar al destino solicitado por el sujeto sordociego.

La segunda aplicación, Skype es una herramienta de comunicación muy utilizada por los sordociegos con visión remanente. En este caso, atendiendo a la demanda propuesta por esta población, ante una llamada a Skype el *smartphone*, automáticamente, enviará una estimulación vibrotáctil a la interfaz eferente portada por el sordociego para avisarle de la llamada.

2.2.4. Configuración. En este dispositivo se permiten configurar dos parámetros: las 9 direcciones que puede llegar a gestionar la aplicación y el dispositivo Bluetooth al que está asociada la aplicación TactileCom.

De esta manera, se permite introducir 9 direcciones de interés para el sordociego, a las que se accederá mediante un comando de tres pulsaciones con la interfaz aferente explicada en el apartado 3.1.1. Estas serán las direcciones utilizadas con Google Maps, tal y como se ha explicado en el apartado anterior.

La comunicación Bluetooth de todo el sistema se restringe a un único dispositivo. Para ello se utiliza la dirección MAC del dispositivo portátil, limitándose la comunicación únicamente a este dispositivo. Así se evita que el *smartphone* quede vinculado con otro enlace Bluetooth y la intercomunicación falle.

3. Pruebas y Resultados

Se ha realizado 30 pruebas sobre un total de 15 personas, destinadas a evaluar la facilidad de uso de TactileCom y el porcentaje de aciertos conseguidos en el canal cuidador hacia sordociego. El canal contrario no requiere de estudios de fiabilidad, puesto que el mensaje es presentado al cuidador como texto. Aunque estamos realizando una colaboración con la asociación de sordociegos ACSOCYL, en Valladolid, no tenemos aún pruebas sistemáticas sobre estos discapacitados, sino solo algunas pruebas preliminares necesarias durante el desarrollo, pero se esperan conseguir a lo largo de este año. Los primeros 15 participantes en ensayos sistemáticos han sido no discapacitados.

3.1. Protocolo.

Se informó a los participantes del contenido y finalidad de las pruebas y se les instaló la interfaz eferente con los 5 estimuladores. Ninguno de ellos tenía entrenamiento previo con el sistema. Como se ha explicado, cada estimulador puede reproducir 3 tipos de excitación: 1Hz, 10Hz, operación continua (0Hz), o bien puede permanecer inactivo. Se ha diseñado una tabla de mensajes que recoge 20 combinaciones de estimulación de diversa dificultad, Tabla 3. Se ha

elegido esas combinaciones de entre todas las posibles por ser las mínimas necesarias para representar las familias de variaciones en los 5 estimuladores. Además más de 20 patrones en 2 pruebas resultaría demasiado largo y tedioso. Como se precisó en el punto 2.1.1, los posibles diferentes patrones ascienden a 1024. Un operador fue enviando los mensajes o patrones de dicha tabla ordenadamente hacia el participante y este fue respondiendo con la percepción de la acción que hubiera tenido sobre él cada uno de los estimuladores. En caso de acierto, el operador anotaba el resultado y enviaba el siguiente patrón de la tabla. En caso de fallo, se anotaba la respuesta errónea percibida y el patrón era enviado una segunda vez, si el fallo persistía se anotaba de nuevo y volvía a repetirse la acción de enviar ese patrón por tercera y última vez. Si seguía fallando se apuntaba también la respuesta y se informaba del fallo. A continuación, el operador procedía a enviar el siguiente patrón de la tabla. En todo caso, cada vez que el participante acertaba el patrón, se pasaba al siguiente de la tabla.

Tabla 3. Patrones utilizados en las pruebas.

Patrón	TI	DI	C	DD	TD
1	○	○	○	1Hz	○
2	1Hz	○	○	○	○
3	○	○	○	○	10Hz
4	○	○	10Hz	○	○
5	○	○	○	0Hz	○
6	○	○	0Hz	○	○
7	1Hz	○	○	○	1Hz
8	○	1Hz	○	1Hz	○
9	○	○	1Hz	1Hz	○
10	○	○	10Hz	○	10Hz
11	○	10Hz	○	10Hz	○
12	○	○	10Hz	10Hz	○
13	○	○	0Hz	0Hz	○
14	○	0Hz	○	0Hz	○
15	0Hz	○	○	○	0Hz
16	10Hz	○	1Hz	○	○
17	○	○	1Hz	10Hz	○
18	1Hz	1Hz	1Hz	1Hz	1Hz
19	10Hz	10Hz	10Hz	10Hz	10Hz
20	0Hz	0Hz	0Hz	0Hz	0Hz

Al finalizar los 20 patrones, se esperaba un mínimo de 15 minutos para volver a repetir exactamente la misma prueba, pero con los patrones dispuestos en otro orden, para evitar efectos de memorización. Se obtienen así 2 tablas de resultados completas para cada participante, donde, mediante comparación de los dos ensayos, es posible comprobar si ha existido alguna mejora por entrenamiento con el uso del sistema.

Además, al final de las pruebas, cada participante podía expresar su opinión respecto de cualquier aspecto del uso del sistema. El operador anotaba también las características físicas de los participantes, que pueden influir sobre la capacidad de percibir correctamente la acción de los actuadores, principalmente la presencia de grasa abdominal.

3.2. Análisis de resultados.

De los datos obtenidos podemos hallar diferentes conclusiones respecto de 4 aspectos sobre la facilidad de uso y fiabilidad de TactileCom. Analizaremos estos aspectos a la luz de los datos procesados en forma de gráficos, de donde resulta más sencillo extraer las conclusiones:

a) Los aciertos y fallos totales de los usuarios para los 20 patrones. Para analizar esto, podemos fijarnos en la imagen 6, que presenta un diagrama de barras que muestra precisamente los aciertos y fallos totales, desglosados en los dos intentos. Se aprecia que hay un total de 491 aciertos en el primer intento, un 82% sobre el total de los intentos. Por otra parte se registraron 52 fallos tras 3 oportunidades, lo que representa un 8,6%. Si tenemos en cuenta que, según la imagen 7, los fallos se concentran en 3 patrones 18, 19 y 7, que en la práctica podrían ser sustituidos por otros más sencillos, los resultados mejorarían sensiblemente. Además, la imagen 8 muestra que 11 de los 52 fallos se concentran en el participante 1, probablemente debido a su constitución endomorfa, que provocaría una peor percepción del efecto de los estimuladores a través de la capa grasa.



Imagen 6. Aciertos y fallos totales comparando las dos pruebas consecutivas

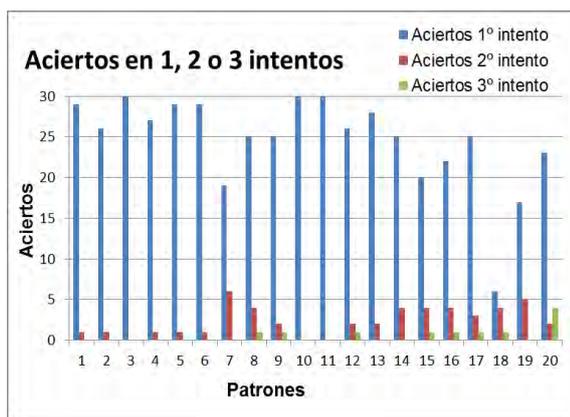


Imagen 7. Aciertos en hasta 3 intentos sucesivos desglosados para cada patrón.

b) La posibilidad de aprendizaje y mejora entre los dos ensayos consecutivos. Respecto a este aspecto, la capacidad de aprendizaje en el uso del sistema, el diagrama de barras de la imagen 6, los aciertos en el primer intento son prácticamente iguales, pero el porcentaje total de aciertos mejora en el segundo experimento, y por tanto desciende el de fallos, representado en las dos últimas columnas. El mismo efecto puede verse de otra forma, referido al comportamiento de cada uno de los 15 participantes en el diagrama de la imagen 8, en el cual se muestra que, salvo en el participante 4, quien de todos modos comete solamente un error, los fallos bajan en el segundo experimento o bien permanecen iguales. Los datos indican que las respuestas de los participantes mejoran cuando usan por segunda vez el interfaz del sistema.

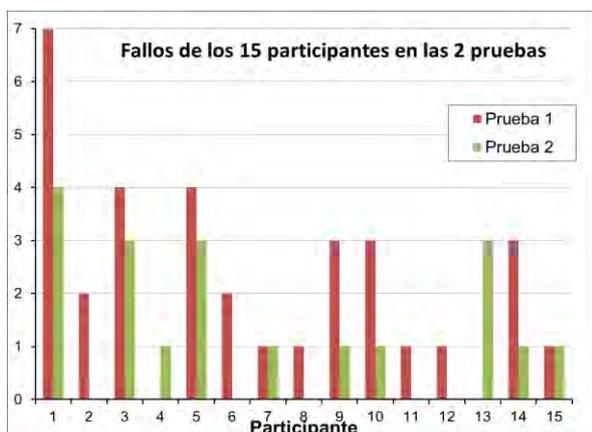


Imagen 8. Fallos por participante en 2 pruebas.

c) La dificultad relativa de identificación de cada patrón. Este parámetro trata sobre la diferente dificultad de cada patrón y puede estudiarse empleando el diagrama de barras de la imagen 7. Nuevamente puede inferirse que existen patrones mucho más difíciles de ser percibidos correctamente que otros. Los

patrones que más fallos (menos aciertos) han provocado: 18 y 19, tienen en común que emplean todos los estimuladores a la vez con 1Hz y 10Hz, respectivamente, dificultando la discriminación espacial por separación física. El patrón 7 también acumula 5 fallos sobre el total de los participantes y podría indicar la dificultad de separar los efectos de los dos sensores traseros funcionando a la vez a 1Hz. Nuevamente los patrones con 1Hz son más difíciles de percibir correctamente, como en el caso del patrón 18.

d) Las diferencias en la capacidad de percepción entre los 15 participantes. Respecto a este aspecto, que trata sobre la variabilidad de la respuesta entre los 15 participantes, la imagen 8 muestra que existe, al menos inicialmente, una mayor capacidad de discriminación de los patrones por parte de los sujetos 2, 4, 6, 7, 8 11, 12 y 15, con 1 o 2 fallos cada uno en el total de las dos pruebas, respecto del caso peor, el sujeto 1, con un total de 11 fallos, casi tanto como los 12 fallos acumulados entre los 8 mejores participantes mencionados anteriormente. Entre estos casos extremos, se encuentran 3, 5, 9, 10, 13 y 14. Como se estableció en el protocolo, ninguno de los participantes en las pruebas había recibido entrenamiento previo por lo que las diferencias pueden atribuirse a una habilidad preexistente en los individuos.

4. Discusión

El primer aspecto que habría que tener en cuenta en el caso de un dispositivo de estimulación vibrotáctil es su ubicación. Respecto al primer prototipo presentado [7 y 27], se ha cambiado de ubicación de la interfaz. Este hecho conlleva la penalización de que la nueva ubicación no será la más indicada en lo que a discriminación táctil se refiere. Esto es debido a que la percepción táctil siempre es mejor en aquellas partes del cuerpo en las que la movilidad es mayor, [24]. Sin embargo, se ha demostrado que el abdomen es una parte indicada para la estimulación táctil y que la percepción de los estímulos táctiles puede mejorarse mediante el entrenamiento de la zona elegida [10 y 25].

El sistema presentado debe cumplir los requisitos psicológicos referentes al tamaño de la memoria inmediata [21]. Las necesidades demandadas por los sordociegos cumplen holgadamente este tipo de restricciones. Los requisitos exigidos por el colectivo de sordociegos mediante el contacto con asociaciones de usuarios contenían un total de 6 órdenes para la interfaz eferente de estimulación sensorial y 27 para la interfaz aferente de teclado táctil, de las cuales sólo 19 son de información única en cada ambiente. Además, para mejorar la facilidad de uso se han incluido diferentes ajustes en el sistema que permiten adaptar al usuario tanto las órdenes como los patrones e intensidades de estimulación.

La naturaleza de este tipo de sistemas impone que éstos deban ser portables y que, además, tengan una autonomía elevada. La duración de la batería incorporada que puede acercarse a las 40 horas con un uso moderado. Adicionalmente, el uso de un *smartphone* ha mejorado el aspecto de la portabilidad respecto al anterior prototipo que necesitaba el uso de un ordenador portátil.

Además, las estadísticas de uso del sistema han demostrado que este posee una excelente fiabilidad y robustez. Ésta es debida en parte a la gran fiabilidad de la comunicación utilizada y a la baja carga computacional de los sistemas empleados para la gestión de las interfaces.

Una de las últimas cualidades a destacar del sistema es su bajo coste económico. Esta característica permite la fácil y rápida difusión del dispositivo ya que la intención es que todos los sordociegos puedan acceder al sistema.

Por último, los ensayos realizados con 15 voluntarios han demostrado la facilidad de uso y adecuación del sistema en la práctica. De las pruebas se han obtenido no solamente datos estadísticos sobre aciertos y fallos, sino también opiniones y sugerencias de los usuarios que serán tenidas en cuenta, para que el sistema tenga la mayor aceptación y difusión posible.

5. Conclusión

Se ha presentado un sistema de sustitución sensorial y ayuda a la comunicación orientado a personas sordociegas. El sistema está formado por un total de cuatro interfaces, dos para cada uno de los sujetos que participen en la comunicación, los dispositivos de procesamiento asociados a cada una de ellas y un enlace inalámbrico Bluetooth entre éstos.

Merece la pena destacar que aunque el sistema esté orientado a personas con sordoceguera, éste puede ser utilizado en otros ambientes, por ejemplo, industrias con mucho ruido ambiente que no permiten una comunicación verbal o entornos profesionales multilingües en los que personas sin un lenguaje común deban comunicarse.

Por un lado, se ha implementado dos interfaces para un potencial usuario sordociego basadas en el sentido del tacto. La interfaz eferente desarrollada consiste en un estimulador vibrotáctil para el abdomen del usuario. La interfaz aferente consiste en un teclado adaptado y permite al usuario codificar un total de 38 órdenes, clasificadas en 4 ambientes diferentes, para enviar a otra persona con la que necesite comunicarse.

Por otro lado, para el interlocutor del sordociego se ha implementado dos interfaces software en forma de aplicación para un *smartphone*. Así, la aplicación hace las veces de interfaz aferente y eferente. El usuario puede enviar los comandos en forma de conceptos o

ideas. La recepción de las ideas emitidas por el usuario sordociego mediante su interfaz adaptada producirán una notificación y en la pantalla aparecerá la información.

Adicionalmente, la aplicación permite una interacción software con Skype, y con GoogleMaps.

TactileCom ha sido implementado completamente y hemos llevado a cabo pruebas satisfactorias con los potenciales usuarios. Los sordociegos han sido capaces de decodificar las órdenes estimuladas de manera táctil y de enviar conceptos utilizando el teclado adaptado. Así pudieron aportar sugerencias muy útiles que fueron incorporadas al desarrollo. De este modo se ha conseguido que los sordociegos valoren muy positivamente el funcionamiento del equipo.

Por otra parte, las pruebas realizadas sobre 15 voluntarios han permitido evaluar la fiabilidad y robustez del sistema, así como el grado de satisfacción de los usuarios. El papel del aprendizaje, en este caso, permite estimar un creciente porcentaje de acierto por parte del sujeto en el uso de su interfaz eferente y por tanto una mejora de su eficiencia. A través de este estudio, hemos identificado patrones especialmente difíciles de acertar y hemos podido estimar cuáles pueden ser las características que producen esa dificultad de percepción por parte del usuario. Los patrones más problemáticos pueden ser fácilmente sustituidos por otros más adecuados.

6. Agradecimientos

Trabajo financiado parcialmente por la Consejería de Educación de la Junta de Castilla y León (España) y Fondo Social Europeo. Agradecemos su colaboración a la Asociación de Sordociegos de Castilla y León.

7. Referencias

- [1] A. Carrera, *Innovations in systems and human-machine interfaces: application to rehabilitation technologies*, ProQuest, UMI Dissertations Publishing, Ann Arbor, Michigan (EEUU), 2013.
- [2] CM. Reed, NI. Durlach y LD Braid, "Research on tactile communication of speech: a review," *ASHA Monographs*, American Speech-Language-Hearing Association, Rockville, Maryland (EEUU), Mayo 1982, vol. 20, pp. 1-23.
- [3] L. Braille, *Method of Writing Words, Music, and Plain Songs by Means of Dots, for Use by the Blind and Arranged for Them*. National des Jeunes Aveugles (National Institute for Blind Children), Paris (Francia), 1829.
- [4] CM. Reed, "The implications of the Tadoma method of speechreading for spoken language processing," *Proceedings of the 4th International Conference of Spoken Language (ICSLP 96)*, IEEE, Philadelphia, Pennsylvania (EEUU), Octubre 1996, vol. 3, pp.1489-1492.

- [5] N. Caporusso, "A wearable Malossi alphabet interface for deafblind people," *Proceedings of the Working Conference on Advanced Visual Interfaces (AVI 2008)*, ACM Press, Napoli (Italia), Mayo 2008, pp. 445-448.
- [6] K. Myles y MS. Binseel, "The Tactile Modality: A review of tactile sensitivity and human tactile interfaces," *Technical Report ARL-TR-4115*, U.S. Army Research Lab. (ARL), Human Research and Engineering Directorate, Aberdeen Proving Ground, Maryland (EEUU), Mayo 2007.
- [7] A. Carrera, A. Alonso, R. de la Rosa, R. Morago y JP. de Castro, "Sensory-substitution system for deaf-blind communication based on web service," *Proceedings of the 5th International Congress on Design, Research Networks and Technology for all (DRT4all 2013)*, Fundación ONCE para la Cooperación e Inclusión Social de las Personas con Discapacidad, Madrid (España), Septiembre 2013, pp. 21-28.
- [8] CE. Sherrick, "Basic and applied research on tactile aids for deaf people: Progress and prospects," *Journal of the Acoustical Society of America*, Acoustical Society of America, Melville, New York (EEUU), Mayo 1984, vol. 75, no. 5, pp. 1325-1342.
- [9] JBF. Van Erp, "Vibrotactile spatial acuity on the torso - effects of location and timing," *Proceedings of the 1st Joint Eurohaptics Conference Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems (World Haptics 2005)*, IEEE, Pisa (Italia), Marzo 2005, pp. 80-85.
- [10] RW. Cholewiak, JC. Brill y A. Schawab, "Vibrotactile localization on the abdomen: Effects of place and space," *Perception & Psychophysics*, Psychonomic Journals, Austin, Texas (EEUU), Agosto 2004, vol. 66, no. 6, pp. 970-987.
- [11] RW. Cholewiak y AA. Collins, "Vibrotactile localization on the arm effects of place, space, and age," *Perception & Psychophysics*, Psychonomic Journals, Austin, Texas (EEUU), Octubre 2003, vol. 65, no. 7, pp. 1058-1077.
- [12] EC. Wentink, A. Mulder, JS. Rietman y PH. Veltink, "Vibrotactile stimulation of the upper leg - effects of location, stimulation method and habituation," *Proceedings of the 33rd Annual International Conference IEEE EMBS*, Boston, Massachusetts (EEUU), 9/2011, pp. 1668-1671.
- [13] RW. Cholewiak y AA. Collins, "Vibrotactile pattern discrimination and communality at several body sites," *Perception & Psychophysics*, Psychonomic Journals, Austin, Texas (EEUU), Julio 1995, vol. 57, no. 5, pp. 724-737.
- [14] RT. Verrillo, "Age related changes in the sensitivity to vibration," *Journal of Gerontology*, Oxford University Press, Oxford (UK), Marzo 1980, vol. 35, no. 2, pp. 185-193.
- [15] GA. Gescheider, RT. Verrillo, JT. Mccann y EM. Aldrich "Effects of the menstrual cycle on vibrotactile sensitivity," *Perception & Psychophysics*, Psychonomic Journals, Austin, Texas (EEUU), Diciembre 1984, vol. 36, no. 6, pp. 586-592.
- [16] RT. Verrillo, "Effect of contactor area on the vibrotactile threshold," *Journal of the Acoustical Society of America*, Acoustical Society of America, Melville, New York (EEUU), 1963, vol. 35, no. 2, pp. 1962-1966.
- [17] M. Bikaha, S. Hallbecka y JH. Flowersb, "Supracutaneous vibrotactile perception threshold at various non-glabrous body loci," *Ergonomics*, Taylor & Francis, Londres (Reino Unido), Junio 2008, vol. 51, no. 6, pp. 920-934.
- [18] GB. Green, "The effect of skin temperature on vibrotactile sensitivity," *Perception & Psychophysics*, Psychonomic Journals, Austin, Texas (EEUU), Mayo 1977, vol. 21, no. 3, pp. 243-248.
- [19] IL. Barbacena, ACO. Lima, AT. Barros, RCS. Freire y JR. Pereira, "Comparative analysis of tactile sensitivity between blind, deaf and unimpaired people," *Proceedings of the IEEE International Workshop on Medical Measurement and Applications, MeMeA2008*, IEEE, Ottawa (Canada), Mayo 2008, pp. 215-228.
- [20] A. Alonso, R. de la Rosa, A. Carrera, A. Bahillo, R. Durán y P. Fernández, "A control system for robots and wheelchairs: its application for people with severe motor disability," *Mobile Robots - Current Trends*, InTech, Rijeka (Croacia), 2011, pp. 105-126.
- [21] GA: Miller, "The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information," *The Psychological Review*, American Psychological Association, Washington DC, 3/1956, vol. 63, pp. 81-97.
- [22] Alexandravisión, "Meteor". Disponible en: <http://www.alexandravisión.com>, última visita: 27/2/2015.
- [23] M. Azadi y LA. Jones, "Evaluating vibrotactile dimensions for the design of tactons," *IEEE Transactions on Haptics*, IEEE, Los Alamitos, California (EEUU), Enero 2014, vol. 7, no. 1, pp. 14-23.
- [24] EH. Weber, *The sense of touch*, Academic Press for Experimental Psychology Society, Nueva York, Nueva York (EEUU), Diciembre 1978. (original published in 1826).
- [25] A. Gallace, HZ. Tan y C. Spence, "The body surface as a communication system: The state of the art after 50 years," *Presence*, MIT Press Journals, Cambridge Massachusetts (EEUU), Diciembre 2007, vol. 16, no. 6, pp. 655-676.
- [26] Deaf-Blind Solutions. Freedomscientific, St. Petersburg, FL, USA. Available online: <http://www.freedomscientific.com/Products/Blindness/Interpretype> (accessed on 3 March 2017).
- [27] Albano Carrera, Alonso Alonso, Ramón de la Rosa, and Evaristo J. Abril "Sensing Performance of a Vibrotactile Glove for Deaf-Blind People" *Applied Sciences*, MDPI AG Basel, (Switzerland), March 2017, 7(4), 317.

Actuaciones del Plan Estratégico de Turismo Accesible de la Comunitat Valenciana para facilitar la planificación del viaje

Ada García-Quismondo Cartes
Coordinadora de Turismo Accesible de la AVT
accesibilidad_turismoa@gva.es

Resumen

Un turismo accesible para todos debe garantizar el acceso en igualdad de condiciones a los espacios físicos, los medios de transporte, la información y comunicaciones y a las instalaciones de los destinos [1]. Por tanto, la cadena de valor del turismo accesible implica garantizar esa igualdad desde el inicio de la planificación del viaje hasta el retorno, pasando por todas las fases que proporcionan la experiencia en destino.

Para los turistas con necesidades especiales la fase de planificación cobra especial importancia. En el momento actual, los recursos turísticos accesibles siguen siendo limitados por lo que es fundamental tener una información completa y real de las facilidades que ofrece el destino, de lo contrario el viajero puede encontrarse con que una vez desplazado no puede disfrutar de la experiencia turística completa.

La Agència Valenciana del Turisme (AVT), como ente público de la Generalitat al que le corresponde el fomento y la ordenación de la actividad turística en la Comunitat, elaboró en 2016 el Plan Estratégico de Turismo Accesible de la Comunitat Valenciana (PETACV) [2] en colaboración con PREDIF¹. En esta comunicación se exponen las actuaciones previstas en el mismo para facilitar la planificación del viaje.

Abstract

Accessible tourism for all is a form of tourism which ensures equal access to built environments, planning and information, and shared public spaces and specific spaces at the destinations. Therefore, the value chain of accessible tourism means that people with disabilities have equal access from the beginning of the planning of the trip until the return, passing through all the phases that provide the experience in destination.

Travel planning is essential for tourist with special needs. Nowadays, accessible tourist resources are limited, therefore the provision of truthful and complete information is crucial. Otherwise, the traveller will not enjoy the whole tourist experience at the destination.

The Agència Valenciana del Turisme (AVT), the organization of the Generalitat in charge of the promotion and regulation of tourist activity in the region, and PREDIF elaborated the Strategic Plan of Accessible Tourism for the Comunitat Valenciana (PETACV) in 2016. This paper summarizes the main planned actions which aim is to facilitate travel planning.

1. Introducción

La necesidad de la implicación de las administraciones públicas en la creación de destinos turísticos accesibles ha sido señalada en *Las Recomendaciones de la OMT para un Turismo Accesible para Todos*: “Las entidades de gestión de los destinos turísticos, así como las administraciones, deberían llevar a cabo una estrategia de turismo accesible en la que se exponga un conjunto de principios y un razonamiento de por qué es necesaria la accesibilidad en el turismo, de manera que se puedan evaluar los servicios e identificar los cambios que pueda ser necesario realizar.” [1].

En este sentido, la Generalitat Valenciana ha asumido el compromiso con el turismo para todos en el Código Ético del Turismo Valenciano [3], que establece que “Un turismo responsable y sostenible es un turismo al que todas las personas tienen acceso, en especial los colectivos más vulnerables o desfavorecidos.” Para la consecución de este compromiso la AVT ha elaborado el citado *Plan Estratégico de Turismo Accesible de la Comunitat Valenciana* del cual se expondrán más adelante sus objetivos y líneas estratégicas.

No obstante, durante la elaboración del mismo se detectó la importancia que tiene la accesibilidad a la información sobre los recursos turísticos en la fase de planificación del viaje, las carencias que existen

¹ Plataforma Representativa Estatal de Personas con Diversidad Funcional (<http://www.predif.org>)

actualmente y la relevancia de las nuevas tecnologías de la información en esta fase.

Según el estudio realizado por el Observatorio de Accesibilidad del Turismo en España [4], el 70% de las personas con necesidades de accesibilidad reservaron su viaje por Internet. Esto muestra la importancia de la difusión de los recursos accesibles a través de webs y aplicaciones móviles accesibles. Por este motivo, las principales actuaciones previstas en el PETACV en relación con la planificación del viaje se apoyan en la difusión de los recursos mediante recursos online.

No obstante, para que la información que llega a los usuarios sea veraz y accesible, la tecnología es fundamental pero no es suficiente. La transversalidad del sector turístico implica que sea necesaria la participación activa y coordinada de los tres sectores implicados: empresas turísticas, asociaciones representativas de personas con discapacidad y administraciones públicas. De lo contrario no será posible enlazar todos los eslabones de la cadena de valor del turismo accesible para proporcionar una experiencia turística satisfactoria.

Por este motivo dentro del Plan también se han establecido unos mecanismos de coordinación con los distintos entes tanto públicos como privados implicados en la cadena de valor del turismo que se expondrán más adelante.

2. El problema de la falta de información en la fase de planificación del viaje

La falta de homogeneidad en las normativas sobre condiciones de accesibilidad y en sus criterios de aplicación ha tenido como consecuencia que a fecha de hoy todavía los recursos turísticos accesibles sean limitados. A esta carencia se suma el hecho de la falta de acceso a esa información por parte de los usuarios. En el año 2012 la Universidad de Alicante realizó un estudio en colaboración con COCEMFE², para detectar cuáles eran las necesidades de información sobre los establecimientos que tienen los usuarios con algún tipo de discapacidad y comprobar si la información que se encontraba disponible, y era de fácil acceso, satisfacía esas necesidades [5]. Se encuestó a 115 personas distribuidas por la geografía española y un 97,39% contestó que cuándo se desplaza a un establecimiento público le gustaría tener información con antelación sobre las medidas de accesibilidad que tiene. En contraposición, un 74,78% contestó que no conocía guías o páginas web que ofrecieran información sobre

las condiciones de accesibilidad de los establecimientos.

La misma problemática se manifestó cuatro años después en 2016 durante la elaboración del PETACV. En el proceso de elaboración se organizaron mesas de trabajo con representación de los sectores implicados: sector empresarial turístico, administraciones públicas y asociaciones representativas de personas con necesidades especiales.

Una de las debilidades que se detectó en los grupos de trabajo fue la falta de conocimiento por parte de los usuarios de los recursos turísticos accesibles, a la vez que los empresarios con recursos turísticos accesibles se quejaron de la falta de difusión de sus recursos en los canales de información utilizados por los potenciales usuarios.

Un ejemplo concreto de esta carencia es el relativo a la información sobre hoteles accesibles en la Comunitat Valenciana. En el año 2007 se inició, desde la entonces Conselleria de Turismo, un plan para conocer y mejorar la accesibilidad de los hoteles [6] que consistió en la realización de auditorías por parte de los técnicos de los servicios territoriales de la Conselleria, elaboración de informes de adecuación a la normativa vigente y recomendaciones de mejora. Estas auditorías se realizaron a los hoteles existentes durante el periodo 2008-2010 y desde entonces se realizan de forma sistemática a todos los establecimientos nuevos o que realizan una reforma o modificación importante de sus condiciones.

Aunque la relación de hoteles accesibles puede encontrarse a través del buscador de página web oficial de la AVT [7], las asociaciones de personas con discapacidad participantes en los grupos de trabajo para la elaboración del plan indicaron el unánime desconocimiento de este recurso. Por tanto, se concluyó que el medio de difusión no era el adecuado.

Por otro lado, estos datos contrastaban con la difusión de recursos turísticos que hace la plataforma Tur4all, [8] donde sólo existen datos de 21 alojamientos accesibles en la Comunitat Valenciana. En este caso, se producía el efecto contrario, una plataforma con una gran difusión entre los colectivos de usuarios disponía de poca información sobre los recursos accesibles.

3. La necesidad de colaboración entre todos los sectores implicados en la cadena de accesibilidad

Otra de las carencias detectadas durante la fase de diagnóstico fue la falta de comunicación y coordinación entre los distintos agentes implicados en

² COCEMFE es la Confederación española de personas con discapacidad física y orgánica. <http://www.cocemfe.es>

el sector turístico. El mismo ejemplo anterior sirve para ilustrar esta carencia, la información de que dispone la administración, en este caso la turística, no llega a los usuarios por una falta de coordinación con las asociaciones representativas de personas con discapacidad.

Dejando a un lado el ejemplo concreto, esta problemática está generalizada. La cadena de accesibilidad implica tanto a administraciones (locales, autonómicas y estatales) como a las empresas turísticas (alojamiento, ocio, restauración, guías, cultura, deporte, etc.) y a las propias asociaciones de personas con discapacidad que desempeñan un papel fundamental a la hora de exponer sus necesidades y de difundir aquellos recursos existentes que las satisfacen.

Por esto motivo, para poder conseguir los objetivos del PETACV, que se exponen en el apartado siguiente, se estableció como eje fundamental el *principio de colaboración entre administraciones, asociaciones representativas de personas con discapacidad y entidades del sector turístico empresarial*.

Dentro del plan operativo se determinaron los agentes implicados en la cadena de accesibilidad cuya participación era necesaria en las actuaciones previstas para la consecución de los objetivos.

Dada la complejidad de la tarea de coordinación, en la Agència Valenciana del Turisme se ha creado un grupo de trabajo multidisciplinar para lograr la participación activa de los sectores implicados y coordinar las actuaciones. La coordinación entre la Agència y el resto de administraciones se articula a través de tres organismos existentes en la estructura de la Generalitat Valenciana: el Consejo Valenciano del Turismo, la Comisión Interdepartamental de Turismo y la Comisión Técnica de Turismo Inclusivo³.

4. Estrategias del PETACV para la mejora de la planificación del viaje

El Plan Estratégico de Turismo Accesible de la Comunitat Valenciana es el documento que constituye la hoja de ruta de la Generalitat Valenciana para la promoción del turismo Accesible en el trienio 2017-2019. Sus objetivos son los siguientes:

- *Mejorar el grado de accesibilidad de la oferta contribuyendo a la inclusión del colectivo de personas con discapacidad y con otras necesidades de accesibilidad, como las personas mayores y personas con alergias a*

alimentos y látex, así como al aumento de la competitividad del sector turístico valenciano.

- *Posicionar a la Comunitat Valenciana como destino de turismo accesible en el mercado nacional e internacional, atrayendo nuevos flujos turísticos, mediante la incorporación de la oferta de turismo accesible a la estrategia global de marketing del destino Comunidad Valenciana y el desarrollo de otras acciones de comunicación y promoción específicas.*
- *Proporcionar nuevas oportunidades de negocio a las empresas turísticas locales y, por tanto, de riqueza y empleo para la Comunitat Valenciana.*
- *Poner en marcha diferentes iniciativas que permitan conseguir mayores niveles de formación de los profesionales y de sensibilización de la población en general sobre accesibilidad universal.*
- *Establecer mecanismos de carácter estable que permitan la gestión conjunta del turismo accesible por todos los agentes involucrados en el turismo en la región.*

Así mismo, se han determinado 33 actuaciones para alcanzar esos objetivos, agrupadas en 5 áreas temáticas:

1. Mejora de la accesibilidad de la oferta turística
2. Sensibilización y formación en materia de turismo accesible
3. Promoción de la oferta de turismo accesible
4. Diseño de experiencias turísticas accesibles
5. Innovación e inteligencia de mercado

En concreto, las actuaciones que se han previsto para mejorar la planificación del viaje son las siguientes:

1. Análisis de la accesibilidad de los principales recursos turísticos y oficinas de información turística
2. Análisis de la accesibilidad de las empresas turísticas
3. Difusión de los contenidos de turismo accesible a través aplicaciones móviles
4. Diseño de material promocional específico dirigido a personas con necesidades de accesibilidad
5. Creación y promoción de experiencias turísticas accesibles
6. Posibilitar la búsqueda de recursos turísticos en la red de oficinas de turismo con discriminación por accesibilidad

A continuación se expone brevemente el contenido de las mismas.

³ DECRETO 161/2015, de 25 de septiembre, del Consell (DOGV 7625 de 29.09.2015)

4.1. Análisis de la accesibilidad de los principales recursos turísticos y oficinas de información turística

En la Comunitat existen una serie de recursos turísticos cuya accesibilidad ya ha sido evaluada por distintos procedimientos y entidades. Entre otros cabe destacar el ya mencionado Plan de Accesibilidad de Hoteles, la red Tourist Info⁴ (evaluadas en 2015), los establecimientos turísticos adheridos a SICTED⁵ que han superado el cuarto ciclo de formación en materia de accesibilidad y otra serie de recursos varios como son museos, playas, etc.

Sin embargo, las metodologías empleadas para la toma de datos y evaluación no han sido uniformes y la información obtenida tiene visibilidad para el gestor del establecimiento y no para el usuario. Por este motivo, en esta línea de actuación se plantea el revisar la información, previamente obtenida, bajo unos criterios comunes que permitan su difusión entre los usuarios. En este caso, se ha elegido emplear los criterios establecidos en la plataforma TUR4all⁶, el portal de recursos turísticos accesibles para todos desarrollado por PREDIF y la Fundación Vodafone España. Este sistema de medición de la accesibilidad es específico para establecimientos e itinerarios turísticos y se diseñó en colaboración con el CEAPAT⁷ y con las entidades sociales nacionales representativas de las personas con discapacidad en España. Por este motivo, se ha considerado idóneo para tomarlo como referente en la tarea de homogeneizar como se muestra al turista la información sobre accesibilidad obtenida en etapas anteriores.

4.2. Análisis de la accesibilidad de las empresas turísticas

Siguiendo con el criterio de homogeneizar la información que se muestra a los usuarios para la planificación del viaje, se van a elaborar durante el presente año una serie de publicaciones breves dirigidas al sector turístico. Es una colección tematizada por tipo de recurso (alojamientos, oficinas de turismo, restauración, eventos, etc.) en la que además de informar a los gestores de cómo hacer su establecimiento más accesible y de cómo atender a los

4

<http://www.turisme.gva.es/opencms/opencms/turisme/es/contents/touristinfo/touristinfo.html>

⁵ Sistema Integral de Calidad Turística Española en Destinos (<http://www.calidadendestino.es>)

⁶ <http://www.tur4all.com/>

⁷ Centro de referencia Estatal de Autonomía Personal y Ayudas Técnicas

clientes con necesidades especiales, también se incluirán los criterios para publicitar la información sobre accesibilidad establecidos en el sistema TUR4all. De esta manera los gestores de establecimientos tomarán conciencia no sólo de las condiciones de accesibilidad de los establecimientos si no también de las necesidades de información que tienen los usuarios para planificar el viaje de acuerdo a sus características.

La Agència Valenciana del Turisme se encargará de la difusión de estos materiales entre las asociaciones empresariales y cámaras de comercio, así como de organizar jornadas de sensibilización y de formación.

4.3. Difusión de los contenidos de turismo accesible a través aplicaciones móviles

En la introducción ya se mencionó la importancia del uso de las nuevas tecnologías en la planificación del viaje. Por este motivo, la AVT incluye en los pliegos de condiciones para la creación o renovación de webs el requisito del cumplimiento de las condiciones de accesibilidad (como mínimo, los niveles A y AA establecidos por la Web Accessibility Initiative (WAI) del World Wide Web Consortium (W3C)). Así mismo, en la web de promoción turística de la Comunitat⁸ se incluirá un apartado específico destinado a recursos turísticos accesibles.

En cuanto a aplicaciones móviles, los recursos turísticos accesibles se difundirán a través de la App TUR4all, que ha sido reconocida por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo como la App de referencia del turismo accesible de España.

4.4. Diseño de material promocional específico dirigido a personas con necesidades de accesibilidad

En la elaboración de material promocional del destino se procurará que el material en formato papel cuente con alternativas para personas con discapacidad visual, así como con pictogramas.

En el caso de contenidos audiovisuales se está colaborando con FESORD⁹ para introducir el signado en los principales spots de publicidad, así como para la posible utilización del sistema de video interpretación SVisual¹⁰ en la red de oficinas de turismo.

8

<http://comunitatvalenciana.com>

⁹ Federación de Personas Sordas de la Comunitat Valenciana.

¹⁰ <http://www.svisual.org/>

4.5. Creación y promoción de experiencias turísticas accesibles

Durante la planificación de un viaje para cualquier usuario resulta de gran ayuda la información sobre experiencias de ocio, restauración, naturaleza y otros muchos recursos que se pueden encontrar en el destino. En este sentido, en el pasado año 2016 se crearon en colaboración con PREDIF y con COCEMFE CV una serie de experiencias turísticas accesibles¹¹ y rutas turísticas inclusivas¹² que fueron presentadas en FITUR¹³ el pasado mes de enero.

Durante el presente año se mantiene la colaboración con ambas entidades para la creación de nuevas rutas y experiencias que se difundirán tanto a través de las webs propias de las entidades como de la web de promoción de la AVT.

4.6. Posibilitar la búsqueda de recursos turísticos en la red de oficinas de turismo con discriminación por accesibilidad

La red de oficinas de turismo utiliza el Sistema de información turística local (WINSITUR), que despliega información detallada sobre los recursos y actividades turísticas de la Comunidad Valenciana. La base de datos que utiliza el sistema se modificará para incluir un elemento de búsqueda que discrimine por recurso accesible.

5. Conclusiones

La creación de destinos turísticos accesibles es una obligación moral y legal de reconocimiento del derecho de las personas con necesidades especiales a acceder de forma independiente, con igualdad y dignidad, a los mismos servicios turísticos que los demás. En este proceso la administración debe realizar las tareas de impulso, promoción y coordinación, así como de conseguir la implicación y participación activa de los tres sectores implicados para que sea posible enlazar todos los eslabones de la cadena de valor del turismo accesible. De igual manera, se debe apoyar e impulsar el desarrollo de herramientas y soluciones tecnológicas que permitan mejorar la experiencia turística. No obstante, es fundamental que tanto en su elaboración como en su difusión participen tanto las asociaciones de personas con discapacidad

como el sector turístico empresarial para conseguir una buena aceptación del producto final por parte de los usuarios.

[1] Organización Mundial del Turismo (2014). *Recomendaciones de la OMT por un Turismo Accesible para Todos*. Madrid.

[2] http://www.turisme.gva.es/opencms/opencms/turisme/es/contents/turismo_accesible/turismo_accesible.html

[3] http://www.turisme.gva.es/turisme/es/files/pdf/Codigo_Etico_Turismo_Valenciano.pdf

[4] Luz Arqué, Mercedes (2017). Jornada 'Turismo Accesible y Vías Verdes'. Fundación ONCE. <http://www.fundaciononce.es/es/noticia/las-personas-con-discapacidad-gastan-casi-un-30-mas-en-viajar-que-los-turistas-sin-0>

[5] García-Quismondo, A. (2015). Modelado de un sistema inteligente de ayuda a la toma de decisiones en la evaluación de la accesibilidad de los edificios (tesis doctoral). Universidad de Alicante, España.

[6] Plan de Accesibilidad de Hoteles, PAH (no publicado)

[7] www.comunitatvalenciana.com

[8] TUR4all es la aplicación móvil y la página web del turismo accesible promovida por PREDIF y Fundación Vodafone España. (<http://www.tur4all.com/>)

¹¹

http://www.tur4all.com/documents/Guia_actualizada_CV_marzo_2017.pdf

¹²

<http://cocemfecv.org/turismo-accesible/#guias-turismo>

¹³

Feria Internacional del Turismo

EmoPLAY: aprendizaje de emociones en niños con Trastorno del Espectro Autista mediante una herramienta informatizada

Jimena Pascual¹, María Saornil¹, Jaime Menéndez¹, Sonia García¹, Pilar Chanca Zardaín, M^a Ángeles Alcedo², Laura E. Gómez², Yolanda Fontanil² y Asunción Monsalve²

¹Fundación CTIC Centro Tecnológico, ²Universidad de Oviedo
{jimena.pascual, maria.saornil, jaime.menendez, sonia.garcia} @fundacionctic.org
{malcedo, gomezlaura, fontanil, Monsalve} @uniovi.es
czpilar@yahoo.es

Resumen

Las personas con TEA presentan dificultades para procesar los aspectos emocionales que intervienen en la comunicación, con especial dificultad en el reconocimiento de expresiones faciales y emociones. Para favorecer este aprendizaje, la imitación por modelado en vivo es el procedimiento habitual. Los métodos habituales implican un procedimiento constante del terapeuta. Sin embargo, los desarrollos tecnológicos permiten reforzar diversas habilidades de las personas con TEA. En esta línea, se propone el desarrollo de una aplicación tecnológica que permita el aprendizaje y modulación de emociones de manera informatizada, interactiva, en tiempo real y con reforzamientos contingentes ante el reconocimiento e imitación correcta. Tras una primera fase de validación, la aplicación del instrumento en 75 niños ($M_{edad}=10,08$; $DT_{edad}=3,01$; 64% niños) diagnosticados con TEA ha confirmado el desarrollo de una solución innovadora, totalmente personalizable y adaptada a dispositivos móviles la cual, además, presenta una alta fiabilidad en cuanto a sus algoritmos de reconocimiento facial.

People with Autistic Spectrum Disorder (ASD) show difficulties in processing the emotional aspects involved in communication, with difficulty in recognizing facial expressions and emotions. To facilitate this learning, the imitation by in vivo modelling is the typical procedure. This involves a continuous procedure promoted by the therapist. However, technological developments allow the reinforcement of several skills of people with ASD. In

this vein, the development of a technological application that allows the learning and modulation of emotions in a computerized, interactive, real time and with contingent reinforcement based on face recognition and correct imitation is proposed. After a first validation phase out was carried out, the instrument was applied to 75 children ($M_{age}=10.08$, $SD_{age}=3.01$, 64% boys) diagnosed with ASD. Results confirmed the development of an innovative solution, fully customizable and adaptable to mobile devices. In addition, a high reliability on the facial recognition algorithms of the solution proposed were shown.

1. Introducción

El Trastorno del Espectro Autista (TEA) es un trastorno del neurodesarrollo que afecta a las habilidades para la simbolización y la flexibilidad y las competencias cognitivas, emocionales y sociales [1, 2]. Las manifestaciones clínicas de los TEA pueden variar enormemente entre las personas que los presentan. Sin embargo, dentro del conjunto de síntomas asociados, los déficits sociales y comunicativos constituyen los primeros indicadores observables del trastorno, siendo éstos, habitualmente, los desencadenantes que provocan la evaluación y diagnóstico por profesionales sanitarios [3, 4]. Concretamente, las dificultades específicas de las personas con TEA se manifiestan como alteraciones cualitativas observables, en mayor o menor intensidad, de las capacidades de relación social, lenguaje, flexibilidad y anticipación, y simbolización [5].

La prevalencia del TEA se ha incrementado significativamente en las tres últimas décadas, cifrándose, en la actualidad, en torno a 1 caso por cada 100 nacimientos [6], lo que implicaría más de 450.000 personas con TEA en España. No obstante, la realidad es que el número de personas afectadas por este trastorno superaría el millón si se consideran las consecuencias sociales y emocionales generadas en el sistema familiar en el que se desarrolla la persona con TEA. Dado el elevado volumen de personas afectadas, resulta necesario seguir avanzando en el desarrollo de métodos y soluciones dirigidas tanto al diagnóstico temprano como a la intervención.

En este contexto, las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), presentan un rol potencial especialmente interesante debido a que posibilitan una serie de prácticas sociales de comunicación e intercambio de información que pueden generar importantes beneficios educativos. En el caso de su aplicación a personas con TEA, el objetivo general de las TIC es mejorar la comunicación y el lenguaje, ayudando a estas personas a expresar sus emociones e identificar las de los otros, mejorando así su interacción social. Bajo este enfoque, la aplicación de las TIC supone un interesante medio tecnológico de apoyo a la intervención educativa en casos de alumnado con necesidades específicas de apoyo educativo, y en particular de las personas con TEA.

Los trabajos desarrollados hasta la fecha, han aportado evidencias del potencial de las TIC a la hora de reforzar diversas habilidades de las personas con TEA [7, 8]. Específicamente, las TIC han mostrado su capacidad para mejorar los procesos de interacción social y comunicación, favoreciendo el aprendizaje de habilidades sociales de las personas con TEA [9, 10]. Algunos ejemplos de desarrollos tecnológicos desarrollados en esta línea son el *Easy Communicator* (ECO), centrado en la visualización y generación de mensajes para la interacción del usuario con su entorno mediante la combinación de elementos de comunicación [11]. Igualmente, *AbaPlanet*, supone una plataforma que, sobre las bases del ABA (análisis aplicado de conducta), favorece la adquisición del lenguaje en sus primeras fases: previas y vocabulario básico, mediante ejercicios de emparejamiento. Algo similar a otras aplicaciones como *Linking Igualación* o *Linking categorización* emparejando, en este caso, pictogramas y categorías.

Estos beneficios vienen especialmente determinados por diferentes características concretas de las TIC. En primer lugar, el amplio margen de manipulación que ofrecen, al permitir diseñar un entorno controlado, predecible y con contingencias comprensibles para la persona [12]. A dicha flexibilidad, hay que añadir la atracción que estas tecnologías provocan en los niños con TEA. En este

sentido, sus características visuales generan un mayor atractivo a la hora de recibir y gestionar la información [13]. Además, al contar con un conjunto de estímulos multisensoriales, éste favorece el aprendizaje de manera más lúdica, motivando así al niño en su proceso de aprendizaje [9]. Finalmente, permiten generar un contexto en torno a una actividad sobre la que es factible desarrollar una relación personal más estrecha [14]. Todo ello coloca a las TIC como medios idóneos para la atención educativa de las competencias emocionales de personas con TEA [15].

A la hora de llevar a cabo una intervención con personas con TEA, diferentes estudios han mostrado la consecución de avances en la identificación de emociones tras la implementación de programas específicamente diseñados para tal fin [16, 17]. Estas son conclusiones especialmente relevantes, pues permiten a la persona mejorar su proceso de inclusión social, con la consecuencia de una mejora en su calidad de vida.

Actualmente, existen múltiples abordajes en el campo de los TEA. Así, es posible encontrar programas basados en enfoques conductuales, tales como ABA o Denver [18], al mismo tiempo que otras modalidades de trabajo como las basadas en el desarrollo del niño (DIR, RDI), en terapias específicas (lenguaje, motricidad, sensorialidad), combinadas (TEACCH) o familiares (*Early Bird Program*), siendo todas ellas válidas según diferentes guías de buena prácticas [19, 20].

Dentro de estos diferentes modelos de intervención, la imitación presenta una gran relevancia a la hora de proporcionar a los niños con TEA la oportunidad de introducirse en el mundo comunicativo [21]. De hecho, algunos investigadores la han considerado como una habilidad pre-requisita para la enseñanza de respuestas más complejas como, por ejemplo, el lenguaje espontáneo [22]. Así, un déficit en la imitación supone problemas para la adquisición del lenguaje, la comunicación, y las habilidades sociales a través de la observación de modelos sociales, pudiendo contribuir a las alteraciones en el uso y la discriminación de las formas no vocales de comunicación como son las expresiones faciales [23].

El entrenamiento y la generalización del repertorio imitativo de modelos faciales puede, por sí solo, mejorar estas dificultades y servir como un requisito previo para el posterior entrenamiento afectivo [23]. Actualmente, esta intervención es abordada mediante el procedimiento de modelado *en vivo*. Para ello, se realizan ejercicios de reconocimiento de emociones con imágenes estáticas y su posterior imitación con intervención del terapeuta y un espejo. Siendo este procedimiento efectivo para enseñar respuestas afectivas apropiadas, la realidad es que “*aplicarlo con*

coherencia supone un procedimiento agotador y difícil para los terapeutas” [24]. Las tecnologías presentan potencialidades que permiten cubrir estas limitaciones, suponiendo una herramienta adecuada para que estas personas puedan potenciar su habilidad para reconocer y expresar emociones [25]. Así, éstas permiten el diseño de tareas en donde, manteniendo el procedimiento de modelado, se manipulan imágenes de expresiones faciales con las que la personas deben interactuar (e.g. exagerando su sonrisa, simplificando los rasgos faciales, eliminando estímulos contextuales interferentes...) para el correspondiente reconocimiento de emociones y su posterior generalización a otros contextos. Este tipo de intervenciones ha mostrado mejoras en comportamientos sociales no verbales de las personas con TEA, tales como su mirada y expresión facial [26], así como en su comprensión de las emociones y expresiones faciales de los otros [13], un déficit asociado a las personas con TEA que, además, aumenta con la edad cuando se alude a casos en que no se implementa una intervención apropiada [27].

Ante las dificultades que las personas con TEA presentan para la adquisición y el desarrollo de habilidades emocionales y sociales, el objetivo de este trabajo es desarrollar una solución tecnológica para el aprendizaje y modulación de emociones de estas personas que les ayude a mejorar sus habilidades sociales. Para ello, se presenta un recurso educativo basado en una solución tecnológica que favorezca el aprendizaje y modulación de emociones, mediante una herramienta denominada EmoPLAY. Esta propuesta aglutina la totalidad de ventajas expuestas con anterioridad respecto a estandarización del entorno, personalización de escenarios, contexto estimulador y atractivo para el aprendizaje y creación de un escenario favorecedor de una relación personal entre el terapeuta y el niño con TEA. Además, en base al procedimiento de modelado *en vivo*, esta herramienta permite cubrir las limitaciones de coherencia y constancia que existen cuando es un terapeuta, de manera presencial y continuada, quien lo lleva a cabo. La implementación de una herramienta informatizada permite eliminar cualquier sesgo derivado del profesional, repercutiendo en la generación de un entorno estable y estandarizado que potencie el aprendizaje coherente del niño.

Herramientas similares, como las citadas con anterioridad, han evidenciado su utilidad y múltiples beneficios. Sin embargo, mientras estos se basan en plataformas que permiten la visualización, generación y comprensión de mensajes, el aprendizaje del lenguaje en fases previas o el manejo adecuado de pictogramas, EmoPLAY aporta un enfoque diferente, centrándose en la comprensión y el reconocimiento de emociones a través de las expresiones faciales y el adecuado manejo de las

mismas. De este modo, si bien presenta un claro componente de comunicación, como ocurre con las herramientas citadas, EmoPLAY se dirige a componentes comunicativos no verbales y aspectos relacionados con la inteligencia emocional, tratando así de complementar las aportaciones de las herramientas ya existentes.

En el ámbito específico del reconocimiento de emociones en personas con TEA, destacan las propuestas “*Look at Me*” y “*EmoVu*”. No obstante, a diferencia de la propuesta aquí presentada, estas soluciones presentan como limitaciones principales la necesidad de que el usuario tenga que realizar fotografías a las personas, o a sí mismo, para su funcionamiento y la falta de entrenamiento de los algoritmos con niños con TEA, respectivamente. Ambos aspectos pretenden ser cubiertos por EmoPLAY. Por un lado, con un componente innovador, mediante el uso de técnicas de visión artificial y aprendizaje automático que permita captar la expresión de la persona con TEA en tiempo real y ayudarle a modular sus emociones a través de un juego interactivo. Por otra parte, mediante una validación de los algoritmos en esta población específica.

2. Método

2.1. Participantes

Para la validación y desarrollo de la herramienta se contó con dos grupos de participantes. En primer lugar, la herramienta fue aplicada a 186 niños ($M_{\text{edad}}=10,10$; $DT_{\text{edad}}=1,29$; 53,50% niños) sin ningún trastorno generalizado del desarrollo diagnosticado. En una segunda fase, se contó con la participación de 75 niños ($M_{\text{edad}}=10,08$; $DT_{\text{edad}}=3,01$; 64% niños) diagnosticados con TEA.

Si bien en la primera fase se validó la herramienta con participantes que no presentaban ningún TEA, en la segunda fase, de vara a su aplicación sobre un grupo normativo, se tomaron como criterios de inclusión la edad de los participantes (niños entre 6 y 16 años) y la existencia de diagnóstico de TEA en el DSM-V o Trastornos Generalizados del Desarrollo en el DSM-IV-TR emitido por un profesional sanitario. De manera contraria, aquellos niños con cualquier condición médica, sensorial o tratamiento farmacológico que pudiese afectar a la administración del protocolo y el desenvolvimiento óptimo del participante, discapacidad intelectual, así como quienes no contasen con el consentimiento de sus padres o tutores legales fueron excluidos como participantes potenciales.

2.2. Instrumento

La herramienta desarrollada busca el aprendizaje y modulación de emociones en las personas con TEA. Para alcanzar este objetivo, ésta presenta un diagrama de funcionamiento estructurado en cinco fases:

1. Elección de la emoción que se imitará (i.e. alegría, tristeza o enfado).
2. Explicación de la emoción y propuesta personalizada de situación prototípica.
3. Propuesta personalizada de la expresión facial a imitar.
4. Reflejo virtual: visualización de la propia imagen del participante en la pantalla y, simultáneamente, reconocimiento automático de la emoción.
5. *Feedback* personalizado, asociado al refuerzo positivo en caso de correspondencia con el paso 4.

Dentro del conjunto de emociones básicas, en este primer desarrollo, se han seleccionado las anteriormente expuestas por dos motivos esenciales: por ser las que presentan una mayor relación con los procesos de aprendizaje y adquisición de lenguaje y por requerir, dentro de la complejidad, un análisis técnico más sencillo en cuanto a su reconocimiento y clasificación mediante técnicas computerizadas.

Por otra parte, la esencia tecnológica de EmoPLAY consiste en el uso de técnicas de visión artificial y aprendizaje automático, las cuales captan la expresión de la persona con TEA, ayudándole a modular sus emociones a través de un juego interactivo. De esta manera, a través de una webcam colocada frente al usuario, el sistema analiza la imagen generada por la persona al mismo tiempo que ésta se visualiza a través de la pantalla del dispositivo convirtiéndola en un “espejo” y siendo procesada en tiempo real (Figura 1). Así, es posible efectuar un reconocimiento automático de la emoción, proporcionando un *feedback* contingente que permite la modulación de su emoción por retroalimentación automática.

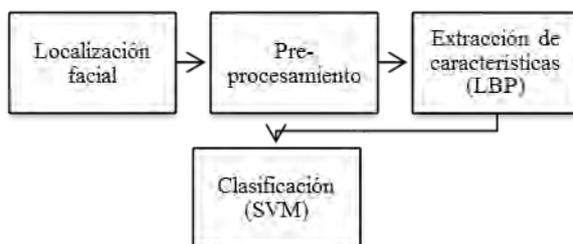


Figura 1. Diagrama de funcionamiento del sistema clasificador de reconocimiento facial

Respecto al algoritmo de detección empleado, se optó por hacer uso de LBP como extractor de características y SVM como clasificador debido al buen funcionamiento mostrado en estudios previos [28]. A partir de ambos algoritmos se creó un

modelo clasificador que diferenciase las 3 emociones propuestas. Para ello, la imagen es dividida en 36 regiones (6 filas x 6 columnas), asignando a cada región pesos en función de su relevancia en la detección. En este sentido, aquellas regiones más relevantes presentan áreas más claras, ubicándose éstas en zonas críticas para el reconocimiento, como son los ojos y la boca (Figura 2). Una vez asignados los pesos de cada región de la cara, se aplica primero el operador LBP, generando un vector individual para cada región identificada. La concatenación de cada uno de los vectores extraídos por cada región da como resultado el vector final de características, el cual es etiquetado con la emoción que representa. Este procedimiento se repite con cada una de las imágenes empleadas en el protocolo para entrenar al clasificador posteriormente.

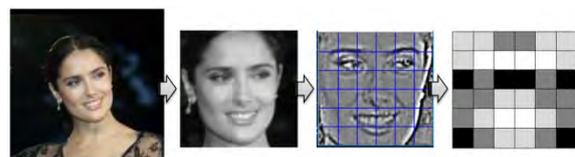


Figura 2. Ejemplo de método de división facial en regiones para la extracción y clasificación de características

2.3. Procedimiento

La validación se realizó de manera guiada, siguiendo un protocolo de aplicación con las recomendaciones previas para la aplicación de la herramienta. Este protocolo se acompañó de diversas pautas a modo de texto-guía para su aplicación. Con objeto de asegurar la privacidad del usuario, la información recogida por la webcam no es, en ningún caso, almacenada en el sistema. Del mismo modo, cada participante fue identificado con un código aleatorio, en lugar de su nombre, a la hora de recopilar los datos.

En ambas fases de validación, el protocolo fue aplicado tras la recogida del consentimiento informado firmado por los padres o tutores legales de los participantes.

2.4. Análisis de datos

Sobre la herramienta desarrollada se aplicó un procedimiento de validación tanto tecnológica como metodológica. Durante la primera fase de validación, se analizó el cumplimiento de los criterios funcionales del instrumento, así como la fiabilidad de los algoritmos de reconocimiento facial empleados, teniendo en cuenta la tasa de clasificaciones correctas e incorrectas. En la segunda fase, se llevó a cabo una validación cualitativa del instrumento por parte de los responsables de instituciones de niños con TEA. Para ello se evaluó el valor añadido aportado por la herramienta en base

a su facilidad de uso, su utilidad para el aprendizaje de emociones, su adhesión futura en cuanto al uso de la herramienta y la adecuación del funcionamiento percibido respecto al reconocimiento de las emociones de alegría, tristeza y enfado. Los citados aspectos cualitativos fueron valorados en una escala de 0 a 10, siendo 0 la puntuación mínima. Además, se calculó el tiempo medio de uso por cada participante con la finalidad de valorar su aplicabilidad en contextos de intervención real.

3. Resultados

En primer lugar se obtuvieron evidencias sobre la validez tecnológica de la herramienta desarrollada. Los datos obtenidos confirman el desarrollo de una aplicación totalmente funcional que permite el reconocimiento de expresiones faciales y que cumple con los requisitos de calidad mínimos exigidos para su utilización en procesos de aprendizaje con personas con TEA. Respecto a los algoritmos de reconocimiento facial que sustentan la herramienta, han mostrado una tasa de clasificaciones correctas global cercana al 90%, mostrando los valores más bajos respecto a la emoción de enfado (alegría: 91,5%, tristeza: 94,3%, enfado, 76,3%).

Atendiendo a la calidad del instrumento, destaca especialmente tanto la facilidad de uso informada por los usuarios ($M = 8,75$), como su predisposición a continuar empleando el recurso desarrollado ($M = 8,83$). Relacionado con este aspecto, la valoración en cuanto a su utilidad para el aprendizaje de las emociones en niños/as con TEA fue elevada, otorgándole una puntuación media de 7,92. Finalmente, la valoración del funcionamiento en cuanto al reconocimiento de las emociones, se puede considerar positiva [7,08-7,75].

En relación al tiempo de uso, los participantes emplearon una media de 9 minutos en la identificación y reconocimiento de la totalidad de emociones presentadas, cumplimentando así el protocolo completo en un tiempo que puede considerarse reducido.

4. Discusión

La aplicación de las TIC al entorno educativo, y específicamente a las personas con TEA, es una práctica que ha crecido de manera especialmente significativa en los últimos años. Así, ha sido posible generar resultados muy positivos en relación al desarrollo y adquisición de habilidades por parte de los jóvenes [7, 8].

En el caso concreto de las personas con TEA, éstas manifiestan un déficit en la imitación y reconocimiento de emociones y expresiones faciales. A la hora de aportar soluciones innovadoras, el reconocimiento informatizado de emociones es una alternativa especialmente interesante a la par que

compleja. De hecho, la realidad es que la combinación que proporciona la modulación de la propia expresión de emociones a través de técnicas de visión por computador e inteligencia artificial aún no presenta antecedentes en la intervención con personas con TEA. Hasta la fecha, se han desarrollado técnicas que proporcionan información y reconocimiento de emociones, prioritariamente a través de estímulos estáticos y de video clips, pero la generalización de los aprendizajes a otros contextos aún no ha sido alcanzada de forma satisfactoria [29]. De hecho, aunque en la última década los desarrollos tecnológicos han permitido la creación de aplicaciones para el procesamiento emocional en el campo del autismo, estas no han llegado con eficacia a este colectivo.

En el caso de la presente herramienta, cabe destacar tanto su funcionalidad como las elevadas tasas de clasificación obtenidas, las cuales se encuentran muy por encima de los valores habituales en este tipo de sistemas de reconocimiento. A pesar de ello, la expresión de enfado es la que presenta índices de detección más bajos. En este sentido, la explicación parece residir en el peso asignado a las regiones faciales en que esta expresión es dividida, debiendo dar un mayor peso, en futuros trabajos, a las regiones en el entorno de la boca, especialmente los labios.

En cuanto a la experiencia cualitativa de la herramienta, destaca especialmente tanto su facilidad de uso como el interés por seguir utilizándola por parte de los beneficiarios, mostrando un alto grado de aceptación entre los personas con TEA. Uno de los puntos principales en este sentido es el hecho de desarrollar la tarea mediante un entorno controlado, sin involucrar excesivos factores sociales, lo cual permite personalizar y adaptar el protocolo a las necesidades y ritmo de aprendizaje del usuario. Igualmente, la herramienta permite a los profesionales personalizar las imágenes que permiten el aprendizaje mediante el uso de fotografías de familiares o personas cercanas, la escuela o el entorno del usuario, lo que aumenta la validez ecológica del instrumento y su utilidad en la vida diaria. De este modo, EmoPLAY permite trasladar el trabajo presencial al plano virtual, aprovechando las ventajas del aprendizaje mediante TIC y aportando una solución protocolizada y de uso dirigido sencillo por parte de profesionales.

5. Conclusiones

En definitiva, EmoPLAY es una herramienta innovadora, totalmente personalizable y adaptada a dispositivos móviles, haciendo posible su uso a nivel global. Además, la alta fiabilidad alcanzada con los algoritmos de reconocimiento facial, unida al cuidado diseño de la aplicación, para el que se ha tenido en cuenta en todo momento el público objetivo al que va dirigido, hace de EmoPLAY una

solución con un alto grado de aceptación respecto a las personas con TEA.

De cara a líneas futuras de trabajo, y teniendo en cuenta los positivos resultados obtenidos, se considera relevante incorporar el resto de emociones básicas no incluidas en esta primera herramienta, con el objetivo de proporcionar a los niños con TEA un repertorio emocional completo que permita su perfecta interacción social.

Como reto futuro, se entiende que la aportación proporcionada por el *feedback* inmediato de la expresión facial del propio participante puede contribuir a la generalización de la expresión de emociones de forma que estas puedan adquirir un valor comunicativo más adaptado, que permita una mejor participación en la interacción social, ya que también se facilitará que los demás puedan reconocer mejor las emociones de las personas con TEA [30]. La consecución de este reto parece factible, pues mediante herramientas más sencillas que no modulan mediante *feedback* inmediato las emociones (e.g. *FaceMaze*), ha sido posible conseguir una mejora significativa en la producción de dos emociones básicas como son la alegría y el enfado [31].

6. Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la Fundación Orange, dentro de la convocatoria “*Soluciones tecnológicas aplicadas al autismo 2015*”.

7. Referencias

- [1] American Psychiatric Association. *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th edition). Washington, DC, 2013
- [2] Hortal, C. (2014). *Trastorno del espectro autista ¿cómo ayudar a nuestro hijo con TEA?* Medici, Barcelona, 2014
- [3] Hattier, M.A. y Matson, J.L. “An examination of the relationship between communication and socialization deficits in children with autism and PDD-NOS”. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 6(2), 2012, pp. 871-880
- [4] Turygin, N., Matson, J.L., Konst, M. y Williams, L. “The relationship of early communication concerns to developmental delay and symptoms of autism spectrum disorders”. *Developmental neurorehabilitation*, 16(4), 2013, 230-236
- [5] Rivière A. El tratamiento del autismo como trastorno del desarrollo: principios generales. En Rivière A, Martos J. (eds.). *El tratamiento del autismo. Nuevas perspectivas*. APNA-IMSERSO, Madrid, 1977, pp. 23-59
- [6] Autismo Europa. “Improving the quality of life for people with autism”. Recuperado el 5 de junio de 2017 de <http://www.autismeurope.org>, 2015
- [7] Grynspan, O., Weiss, P.L., Perez-Diaz, F. y Gal, E. (2014). “Innovative technology-based interventions for autism spectrum disorders: A meta-analysis”. *Autism*, 18(4). doi: 10.1177/1362361313476767, 2014, pp. 346-361
- [8] Ploog, B.O., Scharf, A., Nelson, D.S. y Brooks, P.J.

“Use of Computer-Assisted Technologies (CAT) to Enhance Social, Communicative, and Language Development in Children with Autism Spectrum Disorders”. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 43(2), 2013, pp. 301-322

[9] Parsons, S., Leonard, A. y Mitchell, C. “Virtual Environments for Social Skills Training: Comments from Two Adolescents with Autistic Spectrum Disorder”. *Computers & Education*, 47(2), 2006, pp. 186-206.

[10] Passerino, L. M. y Santarosa, L. C. “Autism and digital learning environments: Processes of interaction and mediation”. *Computer & Education*, 51, 2008, pp. 385-402.

[11] Guasch, D. y Martin-Escalona, I. “Easy Communicator: una experiencia de aprendizaje-servicio para el aprendizaje de todos”. *Formación virtual inclusiva y de calidad para el siglo XXI (CAFVIR)*. Granada, 2015.

[12] Moore, D. y Taylor, J. “Interactive multimedia systems for people with autism”. *Journal of Educational Media*, 25, 2000, pp.169-177.

[13] Chen, C.H., Lee, I.J. y Lin, L.Y. “Augmented reality-based video-modeling storybook of nonverbal facial cues for children with autism spectrum disorder to improve their perceptions and judgments of facial expressions and emotions”. *Computers in Human Behavior*, 55, 2016, pp. 477-485

[14] Vermeulen, P. *Soy especial. Informando a los niños y jóvenes sobre su trastorno del espectro autista*. Jessica Kingsley Publisher, London & Philadelphia, 2001

[15] Cheng, Y. y Ye, J. “Exploring the social competence of students with autism spectrum conditions in a collaborative virtual learning environment-The pilot study”. *Computers & Education*, 54(4), 2010, pp. 1068-1077.

[16] Ojea, M. (2010). *Emociones en niños y niñas autistas: programa de desarrollo de la comprensión social* (1ª ed.). PSYLICOM Ediciones, Valencia, 2010.

[17] Tanaka, J.W., Wolf, J.M., Klaiman, C., Koenig, K., Cockburn, J., Herlihy, L. y Schultz, R.T. “Using computerized games to teach face recognition skills to children with autism spectrum disorder: The Let’s Face It! Program”. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 51(8), 2010, pp. 944-952. doi:10.1111/j.1469-7610.2010.02258.x

[18] National Institute for Health and Care Excellence (NICE). *Autism. The management and support of children and young people on the autism spectrum. NICE clinical guideline 170*, 2013

[19] Daou, N., Hady, R.T. y Poulson, C.L. “Teaching Children with Autism Spectrum Disorder to Recognize and Express Emotion: A Review of the Literature”. *IEJEE*, 9(2), 2016, pp. 419 - 432

[20] Scheffer, N., Didden, R. y Korsilius, H. “A Meta-Analytic study on the effectiveness of comprehensive ABA-Based early intervention programs for children with Autism Spectrum Disorders”. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 5(1), 2011, pp. 60

[21] Vivanti, G. y Hamilton, A.F. Imitation in autism spectrum disorders. En: Volkmar F, Paul R, Rogers S, (eds) *The Handbook of Autism and Developmental Disorders*. Wiley, New York, 2013, pp. 278-301

[22] Igenmey, R. y Van Houten, R. “Using time delay to promote spontaneous speech in an autistic child”. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 24, 1991, pp. 591-596.

[23] DeQuinzo, J.A., Buffington Townsend, D.,

Sturme, P. y Poulson, C.L. "Generalización de la imitación de modelos faciales en niños con autismo". *Journal of Applied Behavior Analysis*, 40, 2007, pp. 755-759

[24] Gena, A., Krantz, P. A., McClannahan, L. E. y Poulson, C. L. "Training and generalization of affective behavior displayed by youth with autism". *Journal of Applied Behavior Analysis*, 29, 1996, pp.291-304.

[25] Iarocci, G., Rombough, A., Yager, Y., Week, D. J. y Chua, R. "Visual influence on speech perception in children with autism". *Autism*, 14(4), 2010, pp. 305-320.

[26] Carter, E.J., Hyde, J., Williams, D.L. y Hodgins, J.K. *Investigating the Influence of Avatar Facial Characteristics on the Social Behaviors of Children with Autism*. Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Santa Clara, California, 2016, pp. 140-151.

[27] Lozier, L.M., Vanmeter, J.W. y Marsh, A.A. "Impairments in facial affect recognition associated with autism spectrum disorders: A meta-analysis". *Development and Psychopathology*, 26(4), 2014, pp. 933-945. doi:10.1017/S0954579414000479.

[28] Shan, C., Gong, S. y McOwan, P.W. "Facial expression recognition based on Local Binary Patterns: A comprehensive study". *Image and Vision Computing*, 27, 2009, pp. 803-816

[29] Wagner, A. L., Wallace, K. S. y Rogers, S. J. Developmental Approaches to Treatment of Young Children with Autism Spectrum Disorder. En J. L. Matson (Ed.), *Handbook of Early Intervention for Autism Spectrum Disorders. Research, Policy and Practice* (pp. 501-542). Springer, New York, 2014

[30] Faso, D. J., Sasson, N. J. y Pinkham, A. E. "Evaluating posed and evoked facial expressions of emotion from adults with autism spectrum disorder". *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45, 2015, pp. 75 - 89.

[31] Gordon, I., Pierce, M. D., Bartlett, M. S. y Tanaka, J. W. "Training Facial Expression Production in Children on the Autism Spectrum". *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 44, 2014, pp. 2486-2498.

Propuesta para una silla de ruedas inteligente destinada a complejos turísticos

Leopoldo Acosta, Jonay Toledo, Rafael Arnay, Javier Hernández-Aceituno, Alberto Hamilton, Evelio González, José Ignacio Estévez, José D. Piñeiro
Dpto. de Ingeniería Informática y de Sistemas. Universidad de La Laguna
lacosta@ull.es

Resumen

El objetivo de esta contribución es presentar el diseño y desarrollo de un modelo de silla de ruedas inteligente que permita dotar de autonomía a personas con diversas capacidades funcionales. El diseño pretende atacar los problemas principales que afectan a los usuarios de estos sistemas, como el grado de autonomía y la capacidad de navegación del vehículo en circunstancias complejas. Las soluciones propuestas aquí harían posible una navegación totalmente autónoma, en un entorno dinámico y/o con espacios muy reducidos o con poco margen de maniobra. Por otro lado, como principio de diseño, se pretende atender a la diversidad funcional de los usuarios. Se plantea entonces la necesidad de disponer de mecanismos de comunicación de acuerdo a las especificidades de cada posible perfil de usuario. La propuesta incluye una interfaz multimodal que pueda adaptarse para lograr un diálogo eficaz con el usuario. La propuesta se apoya en diversas tecnologías y avances recientes: nuevos sensores asequibles y portables de percepción 3D, avances en algoritmos de control, mejoras en algoritmos de planificación de rutas, avances en Visión por Computador.

Abstract

The goal of this paper is to present the design and development of an intelligent wheelchair, which should be able to extend and improve the mobility of persons with functional diversity. The design aims to deal with the main limitations that affect the users of those systems, such as degree of autonomy and navigation capability in complex environments. The solutions proposed aim to provide a fully autonomous navigation, when traversing across environments with dynamic obstacles and/or tight zones or reduced leeway. Furthermore, as a design rule, the intelligent wheelchair should be able to deal with persons with different functional diversities. This introduces the need of interface mechanisms able to adapt to different kind of users. Thus, this

proposal includes a multimodal interface able to adapt to the user needs. This proposal is based on a series of novel methods and technologies: new, portable and affordable 3D and depth sensors; advanced control methods; improved path planning algorithms; recent advances on Computer Vision.

1. Introducción

Una silla de ruedas inteligente (SRI) es un dispositivo de locomoción utilizado en la asistencia de usuarios con alguna discapacidad, donde un sistema de control artificial apoya o sustituye al control del usuario [1]. Sus principales características son:

- La interacción con el usuario se produce mediante diferentes tipos de dispositivos tales como joystick, interacción por voz, visión y otros sensores.
- Navegación autónoma con seguridad, flexibilidad y capacidad para sortear obstáculos.
- Comunicación con otros dispositivos tales como puertas automáticas u otras sillas robotizadas.

El objetivo principal de la investigación que aquí se presenta es el diseño y desarrollo de un prototipo de SRI que permita dotar de mayor autonomía a personas con diversidad funcional y mejorar su experiencia en entornos asociados normalmente al turismo “de salud” como hoteles, balnearios, clínicas y residencias.

Los problemas a resolver para lograr el objetivo mencionado requieren un enfoque multidisciplinar ya que las soluciones a los mismos se encuentran en los campos de la ingeniería mecánica, electrónica, informática y más específicamente en disciplinas como la robótica y la interacción persona - máquina, persona - computador. En este trabajo se presentan propuestas de estas disciplinas especializadas que tienen como misión ayudar en la mejora de la navegación autónoma de la silla así como en la transmisión de órdenes por parte del usuario.

Para entender mejor el potencial de una SRI para complejos de turismo de salud, es conveniente revisar algunas cifras referidas a una zona eminentemente turística como la isla de Tenerife, y que nos hablan de los potenciales beneficiarios: tanto

la población con diversidad funcional que allí vive permanente, como la no despreciable cantidad de visitantes. que puede requerir este tipo de asistencia.

Las cifras oficiales del IMSERSO para 2014 [2] muestran datos sobre la cantidad de personas en Tenerife que podrían necesitar una silla de ruedas por problemas de movilidad. En 2014 había 54.687 personas con un grado de discapacidad igual o superior al 33%, de ellos el 28.34% presenta como primera deficiencia la osteo-articular y el 10% la neuro-muscular. La deficiencia osteo-articular aumenta hasta el 36.14% para personas de más de 65 años, lo que es relevante para las más de 133.200 personas que viven en Tenerife con ese rango de edad. De forma más precisa, en el estudio realizado en Tenerife y publicado por la organización SINPROMI [3] (158 personas entre 15 y 55 años con diversidad funcional), se observa que el 32.5% usa una silla de ruedas autopropulsable, mientras que el 8.3% usa sillas no autopropulsables y además aproximadamente el 90% de los encuestados necesita algún tipo de ayuda técnica para sus desplazamientos.

Respecto a los visitantes, recordemos que la economía de la isla de Tenerife se fundamenta en gran medida en la industria del turismo, con números en crecimiento en los últimos años (2.300.000 turistas en el último año). Esta cifra permite deducir que la isla es visitada por un gran número de personas con diversidad funcional y por tanto muchas con problemas de movilidad. Además podemos cuantificar, el interés general en un turismo “para la salud” ya que según datos del Cabildo de Tenerife, el 6.3% de los turistas realiza tratamientos de salud en la isla.

La investigación realizada nos ha llevado a presentar una propuesta para una SRI basada en la modificación de una silla autopropulsada convencional Invacare Tornado donada por la Fundación ONCE. El presente artículo describe esta propuesta, comenzando por enumerar algunos antecedentes relevantes para este trabajo. A continuación se describe el sistema, resaltando las modificaciones realizadas a la silla convencional. El texto finaliza con las conclusiones más relevantes sobre nuestra experiencia con esta propuesta.

2. Antecedentes

Dado el enorme interés de estos dispositivos, existen numerosos antecedentes. Solamente en la revisión [4] podemos encontrar 46 proyectos de SRI entre 1986 y 2004, mientras que en [1] encontramos las características de ejemplos representativos hasta 2014. Los siguientes proyectos de los últimos años están directamente relacionados con la problemática que queremos abordar. En [5] se describe una SRI diseñada para interiores, donde se da especial

relevancia a la colaboración entre diferentes técnicas de sensado (odometría, ultrasonidos y visión), lo que es fundamental para resolver el problema de la navegación autónoma. Ahondando en esto, encontramos el proyecto RADHAR [4] que se desarrolló entre 2010 y 2013, donde además de la percepción del entorno, se acomete el modelado del usuario y su toma de decisiones.

El proyecto LURCH [7] con fecha de finalización en 2015 y desarrollado en el Laboratorio de Inteligencia Artificial y Robótica del Politécnico Di Milano, desarrolló una silla inteligente con navegación autónoma evitando obstáculos y un interfaz multimodal. En LURCH se observa la enorme importancia en esta clase de proyectos del interfaz de usuario, ofreciendo un interfaz multimodal con una variedad de sistemas de interacción: joystick, voz, músculos de la cara e interfaz cerebro computador. Un concepto a reseñar en este campo es el de “control colaborativo”, llevado al ámbito de las SRI en [6], donde se analiza en particular la problemática de la imprecisión derivada de la entrada del usuario y cómo es posible su compensación infiriendo la intención del mismo y estableciendo métodos automáticos para completar la acción de forma segura. Finalmente, otro problema que se ha venido abordando por los grupos de investigación es la adaptación al usuario, dado que las expectativas, necesidades, y restricciones varían enormemente [9]. En este sentido destaca el proyecto IntelWheels [10], desarrollado en la Universidad de Porto en colaboración con otras universidades y grupos.

Uno de los desafíos del proyecto que presentamos es que el tipo de entornos al que iría destinada la SRI incluiría zonas exteriores. Las dificultades de esta clase de área son mayores, ya que tiende a existir una mayor heterogeneidad en las posibles situaciones de navegación (obstáculos, pendientes, etcétera), y además se incrementará la variabilidad y falta de control sobre las condiciones, como por ejemplo la iluminación. Por esto, no es extraño que encontremos en la literatura menos investigaciones sobre SRIs destinadas a exteriores. El proyecto de la Universidad de Leigh [11] consiste en una silla de ruedas autónoma que puede circular por áreas urbanas estructuradas. Este sistema necesita que se obtenga previamente un mapa tridimensional muy detallado del entorno, en el que se seleccionan manualmente una serie de balizas que permiten al dispositivo localizarse.

3. Descripción del sistema

El objetivo de la SRI desarrollada en la Universidad de La Laguna es la de construir un prototipo plenamente funcional capaz de navegar en un entorno no estructurado tanto en interiores como en exteriores. El sistema está compuesto por la silla con

una serie de modificaciones mecánicas, para poder ser controlada a través de un ordenador portátil, además de un complejo sistema sensorial para interactuar con el entorno, incluyendo obstáculos móviles, zonas estrechas, posibles escalones y badenes, etc.



Figura 1: Silla Invacare Tornado

El sistema se ha construido sobre una silla de ruedas comercial Invacare Tornado, que ha sido modificada para poder ser controlada desde un ordenador instalado a bordo. La silla tal y como viene de fábrica está compuesta por 2 ruedas motrices independientes a cada extremo de esta y cuatro ruedas libres para dar estabilidad al sistema. Permite no solo el desplazamiento a través de un mando de control, sino también la modificación de la altura e inclinación del asiento utilizando este mismo mando. En la Figura 1 podemos ver una imagen de la silla en su configuración inicial, con el equipamiento de serie.

La silla está diseñada para personas con movilidad muy reducida, pero a la vez utilizando un diseño compacto que permite su conducción por entornos con reducido espacio. Además, está diseñada para realizar giros sobre sí misma, permitiendo maniobrar en prácticamente cualquier entorno y acercarse a elementos como mesas, sillas, etc. La posibilidad de elevar el asiento y cambiar la inclinación del mismo permite realizar de manera cómoda cualquier tipo de actividad en cualquier entorno.

Las principales características de la silla se pueden consultar en la tabla I.

Tabla I: Características de la silla.

Características	Medidas
Ancho del asiento	46 cm
Largo del asiento	46 cm
Ángulo inclinación asiento	-10°~30°
Alto total de la silla	96 cm
Alto mínimo del asiento	38 cm
Ancho total de la silla	66 cm
Peso	125 Kg
Velocidad máxima	6 Km/h
Alcance promedio	25 Km
Longitud total	110 cm
Radio mínimo giro	0,6 m
Pendiente máxima de subida	20%
Obstáculo máximo transitable	6 cm

3.1 Modificaciones a la silla

Para poder realizar el control de la silla desde un ordenador, se ha instalado un sistema de control de motores, basado en una electrónica diseñada específicamente para este fin. De esta forma se han modificado los motores de serie del sistema, incluyendo un sensor de rotación a través de un sistema de codificación óptica. Este sistema permite conocer y controlar de manera independiente la velocidad de giro de cada rueda. El sistema original de palanca de control no se ha modificado, permitiendo recuperar el control manual al usuario en cualquier momento.

El sistema de control del prototipo se basa en una estructura de control jerárquico. A través de un controlador PID utilizando como sensor el encoder acoplado a cada una de las ruedas se regula la velocidad de avance de cada rueda independientemente y con precisión. A alto nivel se utiliza un planificador local que teniendo en cuenta los sensores, el entorno, posibles obstáculos y el objetivo deseado de la silla, fija la velocidad deseada del prototipo a través de las consignas de control

enviadas a cada una de las ruedas, en el planificador se utilizan limitaciones para mejorar la ergonomía del sistema como aceleración máxima, velocidad de giro máxima, etc. El comportamiento dinámico lo realiza el algoritmo de planificación indicando los comportamientos deseados de la silla al sistema de control de nivel inferior. En el caso de que el controlador no realice el comportamiento deseado o se produzca algún error en el comportamiento, el sistema de sensado y planificación lo detectará modificando el comando a alto nivel para corregir el error.

En la Figura 2, podemos ver el sistema de codificador del motor y en la Figura 3 el interruptor de desactivación del sistema de conducción automática, justo al lado del mando de control manual de serie. De esta manera si un usuario quiere salir del modo automático, o detecta alguna situación de peligro simplemente tiene que pulsar este botón. El sistema de Silla de Ruedas Inteligente se convierte en un periférico del ordenador conectado a través de un dispositivo USB. En la Figura 2 Derecha, se muestra el sistema electrónico instalado en la parte trasera del respaldo de la silla y basado en un ordenador de a bordo Raspberry Pi como sistema de control a bajo nivel de la silla. También se incluyen en esta imagen otros sistemas empotrados de cómputo para realizar otras tareas de control de la silla. Todos los sistemas están alimentados directamente de las baterías de la silla, a través de una serie de fuentes de alimentación diseñadas para este fin que generan a partir de los 24 voltios de las baterías de serie los voltajes necesarios.

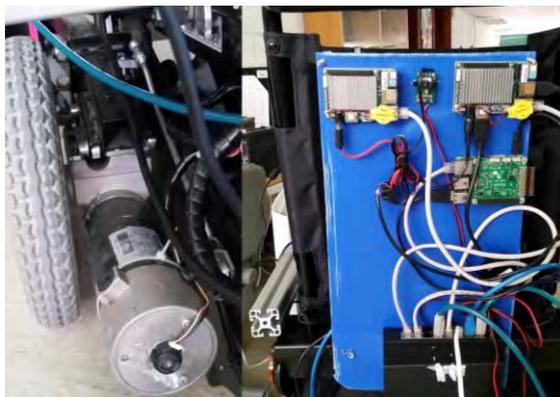


Figura 2: Izq. Detalle del motor base de la silla de ruedas con el codificador óptico acoplado. Der. Electrónica de control situada en la parte trasera del respaldo del asiento de la silla.

La Figura 3 muestra la silla en su configuración final. Para la interacción con el usuario se ha instalado una bandeja donde colocar un ordenador portátil que sirve de interfaz de usuario y para la comunicación y procesamiento de los datos. La bandeja es articulada facilitando la entrada y salida

del usuario en la silla.

La silla se comporta como un vehículo diferencial, al poder controlar por separado ambos motores, permite giros sobre sí misma, avance hacia delante y hacia atrás, lo que facilita mucho su control automático. Además, con la electrónica de control es posible especificar de manera precisa a qué velocidad se debe mover cada rueda, con lo que se pueden componer movimientos de avance y giro de manera precisa.



Figura 3: Silla con el ordenador portátil, el sistema sensorial y el pulsador de desconexión en caso de emergencia.

3.2 Sistema Sensorial

Una de las claves para el correcto funcionamiento del prototipo es la reconstrucción e interpretación del entorno, para ello se ha dotado a la silla de un completo sistema sensorial que permite detectar obstáculos, localizarse y tener capacidad de toma de decisiones y acceso a destinos. En la Figura 4 vemos el sistema de reconstrucción sensorial de la silla en una reconstrucción 3D. Los sensores utilizados en esta reconstrucción son:

- **Telómetros láser 2D:** Se trata de un sistema de medición de distancias láser, capaz de obtener un plano de distancias hasta 20m con menos de 1 cm de error y 0,5 grados de resolución angular. En el prototipo actual se utilizan 3 láser Sick lms 321 colocados en la parte delantera izquierda, derecha y trasera, lo cual permite cubrir un perímetro completo evitando la aparición de puntos muertos. En futuros sistemas se buscarán otros telómetros más económicos para reducir costes. Estos sensores permiten localizar a la silla en el entorno, y detectar a groso modo obstáculos a largas distancias.
- **Cámara de profundidad:** Se trata de un sensor capaz de obtener una imagen 3D de las distancias a los obstáculos próximos, está en la parte inferior delantera de la silla y permite detectar otros obstáculos como pequeños escalones, socavones, etc, concretamente se trata de una cámara Microsoft Kinect One [15], compuesta por un sensor de imagen RGB en el visible y un sensor de distancia basado en desfase de onda. La distancia efectiva de detección es de unos 4 metros, pero permite la reconstrucción completa del entorno teniendo en cuenta volúmenes y zonas de paso que no son tenidas en cuenta por los telómetros.
- **Unidad de medida inercial:** Se trata de una serie de sensores extras para detectar y calibrar el movimiento de la silla. Concretamente se trata del circuito MPU-9250 conectado directamente al ordenador de a bordo basado en Raspberry Pi que incluye giroscopio magnetómetro y acelerómetro en los tres ejes. Este dispositivo permite detectar la orientación y cálculo de las aceleraciones y velocidad angular en los tres ejes, permitiendo detectar los movimientos de la silla sin necesidad de realizar mediciones externas.
- **Sistema de odometría:** Utilizando los sensores de posición ópticos instalados en los motores de la silla, es posible conocer el desplazamiento del prototipo, reconstruyendo el movimiento de cada una de sus ruedas. Es un sensor económico y fiable para movimientos de corto rango, sin embargo, los errores se acumulan haciendo un sensor no operativo para largas distancias.

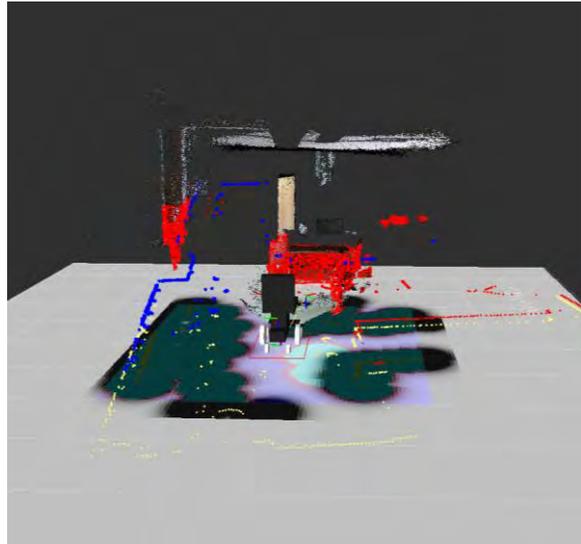


Figura 4: Reconstrucción sensorial de la silla utilizando los sensores incluidos en la misma.

En la Figura 4, se puede apreciar la combinación de sensores para la reconstrucción del entorno. En la parte delantera la reconstrucción 3D basada en la cámara de profundidad, donde podemos apreciar una mesa, sillas, etc. Los obstáculos que puedan afectar a la navegación quedan marcados en rojo. Los telómetros láser en rojo, azul y amarillo detectan los obstáculos en un plano 2D. Los obstáculos detectados quedan marcados en gris oscuro, indicando en gris claro las zonas de circulación libre para la silla. A partir de esta reconstrucción el prototipo planifica y detecta obstáculos utilizando este mapa 3D como punto base para el cálculo de trayectorias.

El uso de múltiples sensores simultáneos en dispositivos robóticos es una práctica común, debido a que los errores intrínsecos a cada elemento de forma individual harían inefectivo su uso. Por ello, en localización y navegación es frecuente el uso de fusión sensorial [12], de tal manera que los datos percibidos mediante diferentes fuentes puedan contrastarse y promediarse, a fin de obtener una estimación fiable del aspecto del entorno del robot. En este caso se utiliza un filtro de Kalman extendido pesando cada fuente de datos a través de su covarianza para obtener una precisión global en la localización lo mejor posible a partir de la integración de múltiples medidas.

3.3 Planificación y navegación

Sobre el entorno re-construido por los sensores, se realiza una planificación para detectar y calcular la ruta más adecuada para ir de un punto a otro, teniendo en cuenta condiciones de seguridad, rapidez, optimización de la energía etc. El sistema conoce parámetros como autonomía disponible en la

silla, velocidad máxima aplicable, etc. para calcular la ruta más adecuada hacia el destino. En caso de que no existiera una ruta, se lo indicaría al usuario. Entre los algoritmos propuestos se encuentra [16] [17] para buscar la ruta global hacia ellos.

Para ejecutar esta ruta se utiliza un planificador local que detecte obstáculos dinámicos y actúe ante ellos [18] [19]. Los obstáculos detectados son inflados con el tamaño de la silla, esto permite condiciones de seguridad evitando que la silla se acerque demasiado a los elementos evitando posibles choques con ellos. En la Figura 4 se puede observar el inflado de estos obstáculos donde el láser detecta un único punto, se encuentra un sombreado gris indicando la zona de posible colisión. Se utiliza un tipo de algoritmo basado en A* para realizar una búsqueda de tiempo máximo de respuesta de la ruta dinámica más adecuada para alcanzar el objetivo. De esta manera la silla se puede acercar tanto como quiera a la zona sombreada sin chocar con el obstáculo real. En un entorno donde exista espacio suficiente, la silla tratará siempre de alejarse con seguridad a los posibles obstáculos.

3.4 Interfaz de Usuario

Una de las partes principales de una SRI es la forma de actuar con el usuario. En este caso, y dado el grado de inteligencia del prototipo, no es necesario que el usuario se esfuerce en estar continuamente dando comandos que modifiquen la posición de la silla, sino que simplemente indique ordenes de nivel superior al prototipo y este será capaz de interpretarlos. En este sentido se le pueden dar ordenes como “avanza” y el prototipo avanzará esquivando los obstáculos que se va encontrando por el camino. Los sistemas de interfaz de usuario disponibles actualmente en el prototipo son:

- Sistema de voz: A través de un micrófono la SRI recibe ordenes simples como “Avanza” “Para”, “Izquierda”, “Derecha”. También puede recibir ordenes diseñadas al efecto como ir al salón “Salón”, ir al dormitorio “Dormitorio”. El sistema se entrena de manera rápida para cada usuario en poco tiempo. La herramienta de reconocimiento de voz utilizada en este prototipo está basada en el sistema de fuente abierta CMUSphinx y su versión para sistemas empotrados PocketSphinx [13].
- Sistema de seguimiento de los ojos: Otra alternativa ya implementada es un sistema de seguimiento de la mirada, donde el usuario controlará el prototipo a través de comandos especificados sobre una pantalla de control. En la Figura 5 se muestra el panel de control que se le muestra al usuario para poder controlar con la mirada. En este caso puede ir a zonas concretas

de la casa, como cocina, salón, etc. O controlar la silla dando ordenes directas indicando la dirección de avance. Ante cualquier orden de este tipo, el sistema pedirá confirmación al usuario antes de realizarla. El dispositivo de seguimiento ocular utilizado en este prototipo es el Tobii Eye Tracker 4C, que cuenta con un rango de operación entre 50 y 95 cm y una frecuencia de muestro de 90 Hz [14].

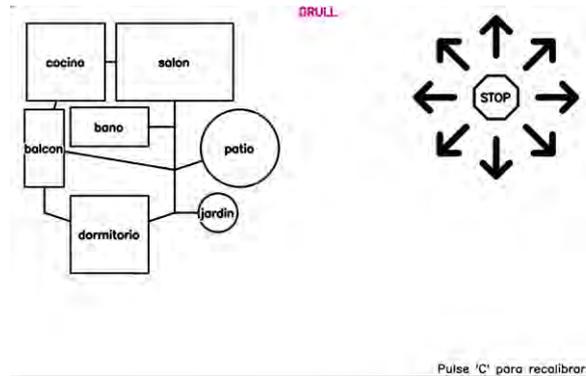


Figura 5: Captura del entorno de control del sistema de seguimiento de la mirada implementado.

La inteligencia en la navegación de la silla permite robustez en la interacción con el usuario. En caso de orden incorrecta, o no realizable, la silla buscará una ruta para cubrirla y si no encuentra una ruta segura y transitable simplemente no ejecutará la orden del usuario, con lo que ordenes mal dictadas o peligrosas simplemente serán ignoradas.

De esta manera el prototipo de SRI presentado forma un sistema muy completo y fácilmente utilizable por cualquier usuario independientemente de su grado de discapacidad. Los interfaces de usuario pueden ser diseñado atendiendo a las necesidades de cada usuario particular.

4. Mejoras en desarrollo actual

En esta sección se describen las nuevas capacidades aún en desarrollo con las que se pretende mejorar el sistema SRI, haciéndolo más inteligente y, en consecuencia, de manejo más sencillo.

4.1. Mejoras en planificación y control

En el entorno típico de funcionamiento de la SRI propuesta, se pueden dar circunstancias desfavorables como navegación por espacios reducidos que impliquen restricciones severas de su movimiento o con la presencia de obstáculos, posiblemente en movimiento también (como otras personas y vehículos similares). Para superar estas dificultades es necesaria la implementación de nuevos algoritmos avanzados de control y mejoras en

planificación de rutas que permitan la navegación autónoma con seguridad y confort para el usuario.

4.2. Mejoras del sistema sensorial

Una importante mejora del sistema sensorial de la SRI ya presentado es añadir un sistema avanzado de visión por ordenador compuesto por varias cámaras (o varios pares de cámaras de visión estéreo) que proporcionen información complementaria a los otros sistemas sensoriales 3D de a bordo. La complementariedad reside tanto en los ángulos de percepción del entorno (idealmente 360° en horizontal y un rango aceptable en vertical) como en la distancia a la que se aprecian las características del entorno (pudiendo, por ejemplo, apreciar obstáculos o elementos de interés a decenas de metros en un entorno abierto).

4.3. Mejoras en la interpretación del entorno

El hacer al sistema más sensible a las circunstancias del entorno no sólo requiere, como se ha visto, unos sistemas de percepción 3D mejorados sino también la capacidad de procesar y usar la información adquirida de forma eficiente. No solo se trata de facilitar la localización de la SRI y la planificación de la navegación, sino adoptar un punto de vista de más alto nivel y más cercano al usuario. Uno de los elementos necesarios propuestos para ello es un mapa semántico. Se obtiene enriqueciendo el mapa usado en la navegación para, no solo recoger los datos procesados de los sensores, sino además agregar la capacidad de identificar la naturaleza de los obstáculos percibidos, identificar su estado de movimiento y usarlos en la planificación de la navegación de la SRI. De esta forma se pasa a disponer de una estructura de datos cambiante con objetos etiquetados con una categoría a la que se asocian una serie de propiedades relevantes para la navegación y el usuario. Dado un objeto reconocido como potencialmente móvil se pueden realizar predicciones sobre su estado de movimiento y su posible interacción con la trayectoria prevista para la SRI. De igual forma, otros objetos pueden ser categorizados por su importancia para la navegación como referencia (por ejemplo, puertas, rampas, ...), como posibles destinos del movimiento (una mesa, una habitación concreta como el baño) o incluso como lugares inseguros a evitar (escalones, firmes poco navegables). Para llegar a ese reconocimiento y etiquetado se debe lograr la identificación fiable de las categorías de objetos definidas en condiciones ambientales cambiantes. Hoy en día las técnicas de aprendizaje automático basadas en “Deep Learning” permiten abordar este problema con un costo computacional asumible para una plataforma SRI como la propuesta usando GPUs de bajo coste.

4.4. Mejoras en la interacción con el usuario

La riqueza semántica del mapa no se podría aprovechar completamente si no fuera posible comunicarla al usuario. Para ello, se prevé el uso de técnicas de Realidad Aumentada para potenciar la percepción del usuario con elementos añadidos obtenidos del mapa. Aquí usamos el término realidad aumentada en un sentido general. Se asume que es posible adaptar aproximadamente la representación interna de los elementos del mapa a las capacidades sensoriales del usuario. Típicamente las interacciones que podrían darse serían, por ejemplo, informar al usuario sobre algún peligro, la detección de un objeto o referencia importante para la navegación, permitir seleccionar destinos o puntos de control de una ruta deseada, cambiar de control manual a automático o viceversa, entre otras. En muchos casos, la iniciativa de la comunicación corresponde al sistema de la SRI para informar de alguna circunstancia del entorno. En estas ocasiones se provee, además de la entidad detectada, de la información de su situación espacial. Esto debe realizarse en función del perfil de diversidad sensorial del usuario (aumentaciones sobre la imagen del objeto real, locución del nombre del objeto y su posición, iconos visuales o sonidos que sean localizables en posición, etc.). En este sentido la interfaz final sería de tipo multimodal, adaptada a cada perfil y preferencias del usuario.

Conclusiones

Se ha presentado un sistema de silla de ruedas inteligente, aún en desarrollo. Actualmente dotado de un sistema sensorial avanzado, tanto para captar información del entorno como para interactuar con usuarios con diversidad de capacidades funcionales, constituye una base sobre la que incorporar funcionalidades avanzadas. Estas nuevas características deben lograr una percepción del entorno de alto nivel y comunicarse eficazmente atendiendo al perfil concreto del usuario. Estas potencialidades se obtienen combinando elementos como nuevos sensores avanzados, capacidad computacional suficiente y un interfaz de usuario multimodal. El prototipo se encuentra en fase de prueba por los usuarios, consiguiendo una buena aceptación en los resultados preliminares.

Agradecimientos

Queremos mostrar nuestro agradecimiento a la Fundación ONCE por la donación de la silla de ruedas Invacare Tornado sin la que no se habría podido desarrollar este proyecto. También el agradecimiento a la Fundación Caja Canarias por financiar en parte el desarrollo del proyecto.

5. Referencias

- [1] B.M. Faria, L.P. Reis y N. Lau. "A Survey on Intelligent Wheelchair Prototypes and Simulators". In: *New Perspectives in Information Systems and Technologies*, Volume 1. Ed. by Álvaro Rocha et al. Vol. 275. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Springer International Publishing, pp. 545–557, 2014.
- [2] Informe de la base estatal de personas con discapacidad del año 2014. URL: http://imserso.es/imserso_01/documentacion/estadisticas/bd_estatal_pcd/index.htm
- [3] M. Garcés, C. Hernández, D. Moguel, D. C. Orio. "Demanda y aplicabilidad efectiva de ayudas técnicas para personas con discapacidad". SINPROMI - Cabildo de Tenerife. URL: <http://www.sinpromi.es/es/publicaciones/1> (consultado el 15 de Julio de 2016)
- [4] R.C. Simpson. "Smart wheelchairs: A literature review". *Journal of Rehabilitation Research and Development.*, Vol 42(4): pp 423–36, 2005.
- [5] O. Horn y M. Kreutner. "Smart wheelchair perception using odometry, ultrasound sensors, and camera". In: *Robotica* 27, pp. 303– 310, Mar. 2009.
- [6] D4.3 Autonomous Navigation for People Transport Through Complex Environments. RADHAR project report. URL: https://www.radhar.eu/publications/radhar_D4_3.pdf. Accedido: 2017-06- 23.
- [7] LURCH, the autonomous wheelchair. Artificial Intelligence and Robotics Laboratory en el Politecnico di Milano. URL del proyecto: http://airlab.elet.polimi.it/index.php/LURCH_-_The_autonomous_wheelchair. Accessed: 2016- 04-05
- [8] T. Carlson and Y. Demiris. "Collaborative Control for a Robotic Wheelchair: Evaluation of Performance, Attention, and Workload". In: *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)* 42.3, pp. 876–888, June 2012.
- [9] B. M. Faria, L. P. Reis, N. Lau, J. Soares, and S. Vasconcelos. "Patient Classification and Automatic Configuration of an Intelligent Wheelchair". In: *Agents and Artificial Intelligence*. Ed. by Joaquim Filipe and Ana Fred. Vol. 358. *Communications in Computer and Information Science*. Springer Berlin Heidelberg, 2013, pp. 268–282
- [10] R. A. Braga, M. Petry, L. P.. Reis, and A P. Moreira. "IntellWheels: modular development platform for intelligent wheelchairs." In: *Journal of rehabilitation research and development* 48.9 pp. 1061–1076, 2011.
- [11] C. Montella, T. Perkins, J. Spletzer and M. Sands, "To the Bookstore! Autonomous Wheelchair Navigation in an Urban Environment" the International Conference on Field and Service Robotics (FSR2012), Matsushima, Japan, July 2012.
- [12] D. Perea, J. Hernández-Aceituno, A. Morell, J. Toledo, A. Hamilton y L. Acosta. "MCL with sensor fusion based on a weighting mechanism versus a particle generation approach" 16th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, The Hague, 2013
- [13] Open Source Speech Recognition Toolkit CMUSphinx. URL: <https://cmusphinx.github.io>
- [14] Tobii Eye Tracker 4C. URL: <https://tobiigaming.com/eye-tracker-4c>
- [15] J Hernandez-Aceituno, R Arnay, J Toledo, L Acosta, "Using kinect on an autonomous vehicle for outdoors obstacle detection" *IEEE Sensors Journal* 16 (10), 3603-3610
- [16] N Morales, J Toledo, L Acosta "Path planning using a multiclass support vector machine" *Applied Soft Computing* 43, 498-509
- [17] N Morales, J Toledo, L Acosta "Generating automatic road network definition files for unstructured areas using a multiclass support vector machine" *Information Sciences* 329, 105-124
- [18] N Morales, R Arnay, J Toledo, A Morell, L Acosta "Safe and reliable navigation in crowded unstructured pedestrian areas" *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 49, 74-87
- [19] R Arnay, N Morales, A Morell, J Hernandez-Aceituno, D Perea, JT Toledo, ."Safe and reliable path planning for the autonomous vehicle verdino" *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine* 8 (2), 22-32

Robotic System to Improve Volitional Control of Movement during Gait

Ana Cecilia Villa-Parra^{1,2}, Mario Jimenez¹, Jessica Lima³, Thomaz Botelho¹,
Anselmo Frizzera-Neto¹, Teodiano Freire Bastos¹

¹ Postgraduate Program in Electrical Engineering, Universidade Federal do Espirito Santo,
Vitoria-Brazil

² Department of Electronic Engineering, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca-Ecuador

³ Postgraduate Program in Biotechnology, Universidade Federal do Espirito Santo,
Vitoria-Brazil

E-mail: teodiano.bastos@ufes.br

Abstract

This work presents a robotic system for gait assistance/rehabilitation that includes a knee exoskeleton and a smart walker. It provides both support to the knee joint during the gait cycle and a safer assistance of the movements thorough pre-programmed paths. The system works under impedance control strategy and is integrated with proprioceptive and exteroceptive sensors to obtain information about angle, obstacle and force. The feedback information related to force sensor allows using a control strategy based on user intention to start the mobility. This way, the voluntary movements of the user is an active part of the controller. The feasibility of the proposed system is validated with tests and simulations. As result, an experimental protocol is proposed to use the robotic platform in gait rehabilitation therapy.

Resumen

Este trabajo presenta un sistema robótico para la asistencia y/o rehabilitación de la marcha, que está conformado por un exoesqueleto de rodilla y un andador inteligente. El sistema proporciona un soporte adecuado a la rodilla durante el ciclo de la marcha y permite una locomoción segura a través de caminos preprogramados. El sistema funciona a partir de controladores de impedancia y cuenta con sensores propioceptivos y exteroceptivos de ángulo obstáculo y fuerza. La información de

retroalimentación de los sensores de fuerza permiten que el control se ejecute con base a la intención del usuario. De esta manera, los movimientos voluntarios se consideran parte activa del controlador. La viabilidad del sistema propuesto ha sido evaluada con pruebas y simulaciones de los controladores. Como resultado, se ha propuesto un protocolo que será utilizado para la aplicación de la plataforma robótica en terapias de rehabilitación de la marcha.

1. Introduction

Mobility is an important function that affects the life of an individual at different levels. It has implications not only on functional and labor issues, but also social, shaping the life of the human being. Physical, sensory or neurological pathologies, possible traumas and even old age can lead to a decrease or a privation of mobility [1]. In order to assist people with reduced mobility and improve their locomotor training, some robotic devices that include lower limb exoskeletons and smart walkers were proposed in other studies [2].

Lower limb exoskeletons are portable devices that increase the residual motor capacities of the user, having a mechanism with structure parallel to the body, with joints compatible and corresponding to those of the human body [3]. These can be used for elderly or neurological patients (with paraplegia and spinal cord injury) to assist their mobility [4] and recover their functional movements [2].

Robotic walkers are used in physiotherapy, as they can avoid muscular atrophy by forcing the user to make some movements and provide balance and physical support. Walkers take more interest from persons that have extreme inability for lower-limb weight bearing or poor balance control [5], standing out works of assistance for the free mobility and obstacle avoidance [6], [7], [8], [9], [10].

Clinical and biomechanical researches that involve robotic platforms remark that these devices must work in constant interaction with the neuromuscular and skeletal human system, for functional compensation and rehabilitation. Thus, users and robotic system must work together in an intuitive and synergistic way to provide more natural movements, facilitating their involvement in an attempt to improve their neural plasticity [11]. Studies have demonstrated that cells in motor cortex and various pre-motor areas discharge with execution of voluntary movements in relatively specific and reliable ways [12]. Then, diverse ranges of limb movements and flexibility of digital control must clearly be correlated.

In this sense, control strategies to obtain direct volitional control that provides the user the ability to modulate the device's behavior through voluntary movements represent a challenge in robotics for personal autonomy [11]. Furthermore, the environment plays an important role in human locomotion, as it places constraints on the movement possibilities. Sensing of obstacles and environmental context can provide valuable information to the robotic controller [11]. The integration of a lower limb exoskeleton with a smart walker can be explored to develop a system to improve mobility and safety during gait assistance/rehabilitation following the volitional control approach [13]. The purpose is to allow the user to execute an appropriate locomotion with the generation of voluntary commands.

This work describes a robotic system for gait assistance/rehabilitation in order to propose a strategy to improve the volitional control of movements using residual motor skills of users.

The following sections describe the system proposed with its control strategy. Simulations of the control system, discussions about results and an experimental protocol are presented in order to propose the use of our platform for gait rehabilitation.

2. Materials and Methods

2.1. Robotic System

The system consists of a knee exoskeleton called ALLOR (*Advanced Lower-Limb Orthosis for Rehabilitation*) and a robotic walker called UFES's *Smart Walker (USW)*.



Figure 1. Robotic system for gait assistance/rehabilitation. The system is composed of exoskeleton (ALLOR) and UFES's Smart Walker (USW).

Figure 1 shows the system developed at Federal University of Espirito Santo (UFES/Brazil). The interaction USER-ALLOR-USW allows increasing the stability during gait and thus providing safety for the user. The computer to perform the control and process tasks for ALLOR and USW is a PC/104, which is a standard for embedded computer in which the architecture is built by adding interconnected modules through an ISA data bus. It consists of a 1.67 GHz Atom N450 with 2 GB of flash memory (hard disk) and 2 GB of RAM memory. The control software was developed in Matlab - Simulink Real-Time xPC Target Toolbox, which allows designing and implementing different control systems.

2.1.1. ALLOR. It is mounted on the left leg of the user and is adaptable to different anthropometric setups (heights: 1.5 to 1.85 m; weights: 50 to 95 kg). It provides both mechanical power to the knee joint and feedback information related to knee angle, interaction torque and gait phases. The components of the active knee joint are a brushless flat motor (model 408057), a Harmonic Drive gearbox (model CSD-20-160-2A-GR) and an analog PWM servo drive (model AZBH12A8). Additionally, ALLOR is equipped with a strain gauge arrangement (Wheatstone bridge configuration), which measures the torque produced by the interaction between the user and ALLOR. A precision potentiometer (model 157S103MX from Vishay Spectrol) is used as an angular position sensor to measure knee trajectories.

The system also uses Hall Effect sensors inside the motor to compute its angular speeds. The modules are a motherboard, power source, ethernet communication and an analog to digital (A/D) acquisition card model Diamond-MM-32DX-AT (32 input of 16 bits, 4 output of 12 bits, with maximum sampling frequency of 250 kHz).

All sensors, acquisition driver and velocity driver are connected through the A/D card. The whole system requires 24 V/12A DC power supply and uses CAN technology running at 1 Mbps.

The weight of *ALLOR* is 3.1 Kg without the power supply. Four force sensors were placed in an insole on the plantar surface of the foot, which produce voltages relative to the amount of force on the sensors. These sensors are piezoresistive force sensors (FSR, FlexiForce A401) with sensing area of 25.4 mm and standard force range of 111 N (0 - 25 lb). The signals are acquired through Diamond-MM-32DX-AT Analog I/O Module and sampled at a frequency of 1 kHz.

2.1.2. UFES's Smart Walker (USW). It consist of a pair of differential rear wheels driven by DC motors and a front caster wheel. The USW provides assistance during the gait based on two 3D force sensors MTA400 (Futek, US) located at the upper limbs base support. These sensors are used to obtain the user motion intentions according to forces on y and z axis. USW also has an inertial sensor BNO055 with 9 DOF, which is used to provide the robot orientation. At last, an RP-LIDAR laser sensor is used to get environment information, such as obstacles, localization and maps. Thus, USW is able to guide the users during the gait therapies and assist them to keep a stable posture during the gait.

2.2. ALLOR control strategy

In order to recognize the gait phases from the force sensors in the insole, a gait phase detector (GPD) in Matlab Simulink® real time was implemented. The signals were conditioned through a low-pass filter Butterworth of 5th-order, with cutoff frequency of 10 Hz. After, the signals were compared to a threshold of 0.5 V in order to obtain contact information (on-off) in a footswitch mode.

ALLOR has a control system able to adapt for different impedances at knee joint during stance and swing phase. This strategy called stance-phase control (SPC) allows assisting the knee to reduce the excessive muscular effort during stance phase to perform sessions for gait assistance. The objective is to allow a stable support during the stance phase and free movement during swing phase. This strategy is reported in literature as a good alternative to facilitate ambulation with a more natural gait and to increase walking speed [14].

2.2.1. Impedance Control. *ALLOR* employs an impedance controller and a method to on-line adjust of the impedance parameters to switch the knee impedance throughout the gait cycle. Higher admittance values are desired when the user performs sub-phases of gait that has ground contact, while lower values can be used during movements of large acceleration as the case of the leg during the swing phase. The transfer function of an impedance-controlled $I(s)$ is given as:

$$I(s) = (Ms^2 + Ds + K)^{-1}, \quad (1)$$

where M , D and K represent the inertia, damping and stiffness of the end-effector, respectively.

As *ALLOR* uses a velocity controller, the admittance controller was performed through a transfer function of first order, which that relates the input force with other variables as torque, inertia, and damping, expressed as:

$$v(s) = \tau (Ms + D)^{-1}, \quad (2)$$

where v is the output velocity, and τ is the interaction torque.

The control strategy for *ALLOR* is described in Figure 2, where Gph is the out of the gait phase detector and r the gain that changes during the gait cycle.

2.2.2. Impedance parameters adjustment. The adjustment of M and D parameters is according to the following sub-phases: initial contact (IC) defined by the heel contact, mid-stance (MS) defined by a flat foot contact, terminal stance (TS) defined by the heel off, and SW defined by the foot-off. These sub-phases are recognized through the instrumented insole. Through these phases, a gain G increases or decreases M and D parameters, then, each phase has a different gain assigned. The minimum and maximum values of G are for SW and MS phases, respectively. For IC and TS phases, gains are intermediate values. The vector of gains increases or decreases M and D , according to the ratio $M/D = 0.2$. The gain values can be defined based on the user weight or with a preliminary test when the user chooses comfortable values for gait.

Furthermore, the increase/decrease gain of M and D is executed in a time Δ_t in seconds, which depends on the stride length, user height and gait sub-phase. The stride length can be estimated with the value of user height multiplied by the constant 0.826 [15].

Δ_t can be calculated as follow:

$$\Delta_t = (0.0413 i / uv) H f_s, \quad (3)$$

where i is the phase number assigned (1 for IC, 2 for MS, 3 for TS and 4 for SW), H is the user height

in meters, f_s is the sampling frequency in samples per second, uv is the user velocity in meters per second.

movement. This strategy has a path following block, which is used to allow *USW* to operate also as an

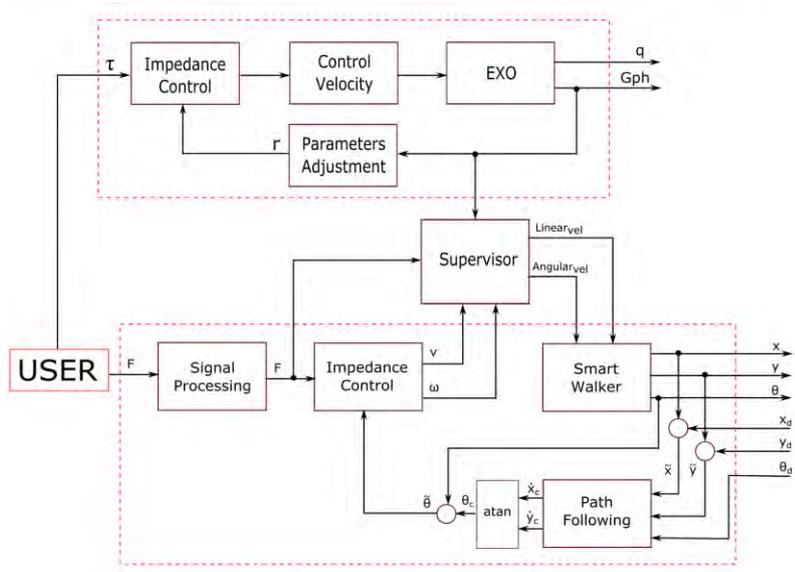


Figure 2. Block diagram of the controller of the robotic system ALLOR-USW.

A test to evaluate the adjustment reflected in the variation of M and D parameters during gait was also carried out. Two healthy subjects (female, 23 ± 2.12 years; weight 65 ± 4.24 , height 1.61 ± 0.01 m) without lower limb injury or locomotion deficits participated of the test. The subjects walked a distance of 10 m at slow speed (0.26 m/s and 0.56m/s) using ALLOR. Three trials were performed with the acquisition hardware attached to the walker. For our approach, the gain G for each sub-phase was 4 for IC, 20 for MS, 3 for TS and 1 for SW.

2.3. UFES's Smart Walker control strategy

Most of the control strategies implemented in walkers allows the user to move freely on any environment and operate simply as assistance tool. However, in cases where the mobility of the walker has to be programmed, the control strategies developed for these walkers do not allow a natural interaction between the robotic platform and the human. Consequently, one of the possible strategies that could be employed is the impedance control, as this kind of control can relate linear and angular velocities with force signal. This way, human motion intentions can be inferred from the force sensors of *USW*.

The control strategy for the *USW* is described in Figure 2. In this case, the force signal of y axis is captured by two force sensors located under the forearm support. These signals are used by the impedance control to generate linear and angular velocities required for the walker, and are also used to determine the human motion intentions to start the

Each block of Figure 2 is described below.

To move *USW* forward, force signals from y axis (F_{Ly} : left force signal and F_{Ry} : right force signal) are considered. Then, the force signal F is calculated as follow:

$$F = 0,5 (F_{Ly} + F_{Ry})^{-1}. \quad (4)$$

2.3.1. Path Following. The path following controller is used in preprogrammed paths required for therapy. With this controller, the user cannot move freely with the *USW*, allowing his/her movements be easily supervised in the therapy. Using the closed loop equation proposed by [16], it is possible to obtain the *USW* orientation during the paths.

In this path following controller, v_r is the wanted path velocity, θ_c is the path orientation, l_x and l_y establish the saturation, and k_x and k_y are constants that determine the slope of lineal zone of the position error (\tilde{x} , \tilde{y}) of *USW* respect to the path. As \dot{x} and \dot{y} are orthogonal vectors, the reference orientation induced by the path for *USW* can be calculated as

$$\theta_d = a \tan\left(\frac{\dot{y}_c}{\dot{x}_c}\right) \quad (5)$$

2.3.2. Impedance Control. The impedance control strategy using information from the force sensors is also employed to determine the user's motion intention. For the velocity control signal, a first order virtual impedance is established:

$$\dot{v}(t)m_v + v(t)d_v(t) = F. \quad (6)$$

assis
tive
tool
in
gait
reha
bilita
tion
thera
pies
that
requi
re to
follo
w
previ
ousl
y
defin
ed
path
s.

From Eq.6 the linear velocity can be deduced:

$$v(t) = \frac{F - \dot{v}(t)m_v}{d_v}. \quad (7)$$

The angular velocity is calculated as a function of $v(t)$ and $\tilde{\theta}$.

$$\omega(t) = \frac{v(t)}{d_\omega} \tanh(\tilde{\theta}), \quad (8)$$

where d_ω is a design parameter that influences in the rotation of *USW*. When this parameter is big, the turn has a lower velocity, and when this parameter is small, the turn has high angular velocity.

This way, the user of *USW* only has to generate his/her motion intention, and the controller purposed here gets in charged of guiding *USW* along the previously defined path.

2.3.3. Supervisor. The *USW*'s structure offers a stable assistance for walking, but it is necessary to establish some safety parameters for the controller. If the user does not apply force F , the velocities $v(t)$ and $\omega(t)$ of the *USW* become zero. The force has to be applied in each force sensor, in order to the robot move according to the velocities provided by the controller. If the contrary happens, the supervisor defines that *USW* cannot move.

To verify the controller functionality, a simulation was executed using a cinematic model that corresponds to a unicycle-like mobile robot, as *USW* has its same structure.

The parameters values used in the simulation were determined empirically, although it is necessary to adjust again these parameters at the moment to implement the controller in the walker.

For the path following, the values are: $k_x = k_y = 1$; $l_x = l_y = 5$; $v_r = 10$, for $d_v = 120$; $m_v = 0.1$; $d_\omega = 0.2$.

3. Results and Discussion

3.1. Simulations and experimental results

Figure 3 shows the simulation of the path following, in which it can be observed that the controller is stable.

During gait sessions, it is necessary to take into account that the path cannot have turns, as only straight paths are recommended for this kind of therapy.

Figure 4 shows the behavior of the main variables of the controller.

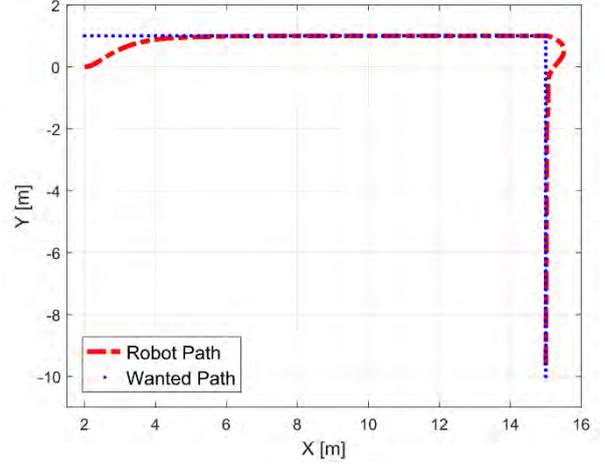


Figure 3. Following the straight path.

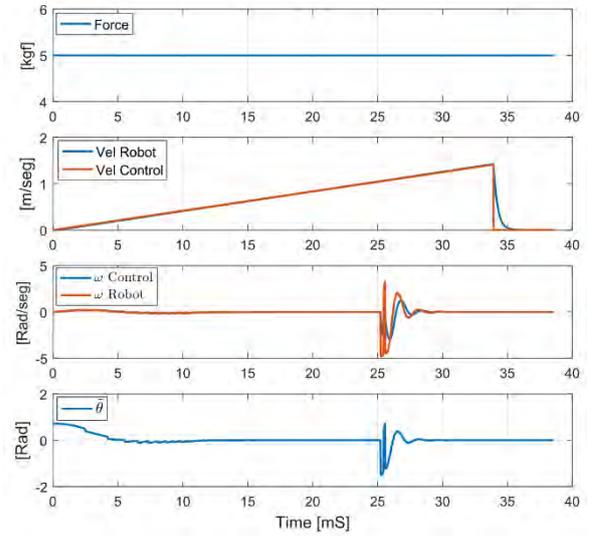


Figure 4. Velocities of the robot and .

From Figure 3, it can be observed that the robot starts its movement out of the path, generating big angular error. The controller effect about the angular velocity only appears when the path has a turn (see Figure 4 at 25 ms). At the end of the simulation, the controller still actuates, but how the path arrived at end, the robot velocities become zero.

In Figure 5, it is shown the supervisor behaviour. In this case, it is simulated the situation when the controller has no force signal, making the velocities to become zero, and showing the ability of the safety parameter of *USW*. This safety parameter can be used also to detect an incorrect location of the user into the *USW*, preventing the robot to move in this situation.

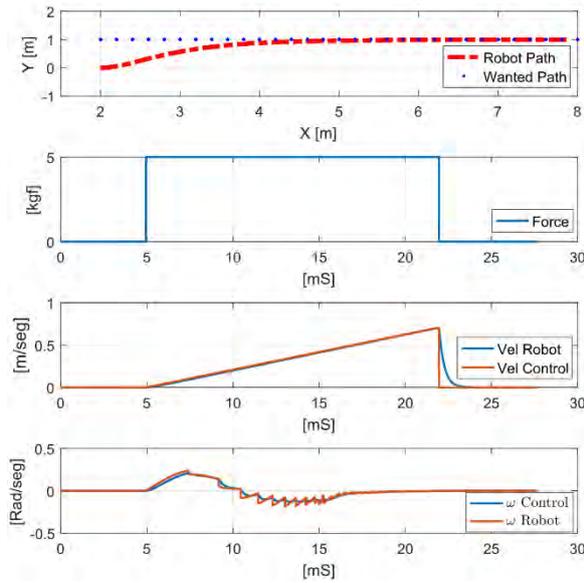


Figure 5. Supervisor behaviour: velocities of the robot and θ .

Figures 6 and 7 show the variation of M during gait as an example of the application of the method during two gait velocities. The footswitch shows a good performance to measure the four sub-phases of the gait. This scheme is implemented in most active orthoses control algorithms, which represents the more common standard for stance sub-phase detection [17]. With this information, the method proposed here allows switching the knee block-unblock in ST and SW phases, respectively, with intermediate sub-phases (IC and TS), in order to obtain a smooth knee impedance variation in the gait cycle. When the user increases the velocity and the footswitch identifies the three phases, as shown in Figure 7, M maintains a tendency that allows conveniently switching the resistance at the knee. At the time when knee support is required, higher values of admittance parameters are loaded, generating knee lock-unlock switches, however, the gain used to change M and D values depends on the user velocity.

Regarding the knee angle, during the gait at 0.51m/s the dynamic increases respect the gait at 0.26 m/s. However, the knee torques are similar in both cases. In this sense, the impedance controller avoids an overexertion of the knee. Anyway, it is necessary use information about the knee angle in order to get a better adjustment for operation in high velocities.

The motion intention is reflected by the user when the gait initiates, based on signals from the force sensors of the devices. This allows the user both to learn how to control *ALLOR* and *USW*, and improve his/her voluntary movements during the rehabilitation therapies. In this sense, the volitional intent is determined at high level by the user, and the

conversion to a wished state occurs at mid level, which is obtained through the impedance controller.

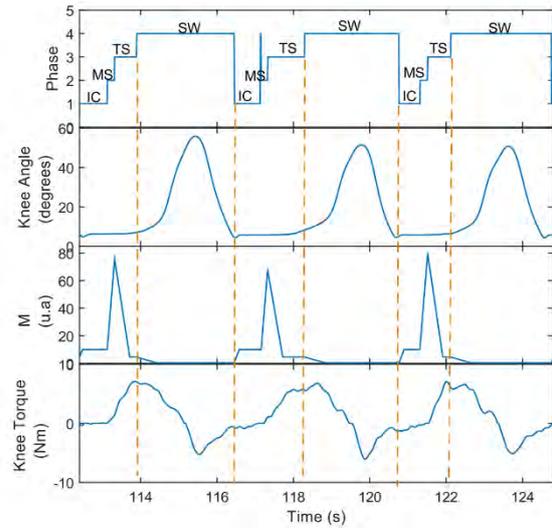


Figure 6. Gait at 0.26m/s. Phase, knee angle, M value, and knee torque during a test with a user using *ALLOR*.

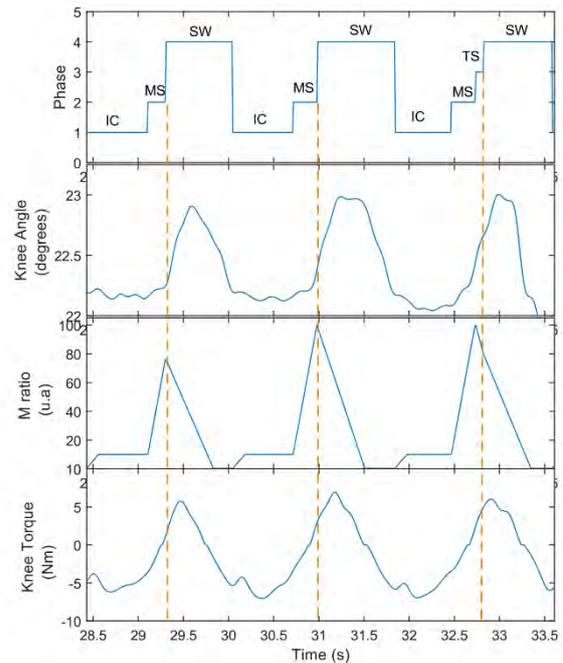


Figure 7. Gait at 0.51m/s. Phase, knee angle, M value, and knee torque during a test with a user using *ALLOR*.

Considerations of safety also include aspects of mechanical design and control of P/O devices [11], which are also present in *USW* in addition to safety aspects for the user and environment.

3.2. Protocol

Based on the results, a protocol is proposed her to use *ALLOR* and *USW* for gait rehabilitation

therapies, with the aims to improve user's voluntary movements.

For characterization of the sample, healthy adults and subjects with lower limb movement dysfunction during gait and knee movements can be evaluated and compared. Initially, socio-demographic data, such as age, sex, scholary, and body mass index must be collected, and the participants must be submitted to the Mini Mental State Exam [18] and Berg Balance Scale [19]. These tests must be conducted in the own user's environment, with safety and privacy for the volunteer. To evaluate the applicability, functionality and usability of ALLOR and USW, SUS (System Usability Scale) [20] and QUEST 2.0 [21] must be used to evaluate the user's satisfaction degree.

Gait assessments must be performed using both USW, as walking assistance, and ALLOR to aid the gait. The path to be followed must be a straight line, with a length of 10 meters, with visual and sound beeps at the beginning and end of the path. The execution time for this path depends on each user. Three repetitions must be performed; the first one to be adaptive, and after each test there must be a rest from 5 to 10 minutes. During the movement execution, there must be constant monitoring of physical effort using the Borg Scale [22], [23].

4. Conclusion

The robotic system proposed here allows assisting the human gait through the use of a knee exoskeleton and a smart walker, using impedance controller. This control strategy allows the user to select the wished action for the robotic system based on voluntary movements, which are recognized by force sensors. For a coordinated motion, this approach considers the user as an integral part of the control system. The robotic system introduced here was designed to both rehabilitation and walking aid. The next step of this research is to implement and evaluate the protocol detailed in this research.

Acknowledgment

We would like to thank SENESCYT (Ecuador), CAPES, FAPES and CNPq (Brazil).

This research is financed by CAPES (88887.095626/2015-01), FAPES (67566480, 67662536 and 72982608) and CNPq (304192/2016-3).

References

- [1] S. M. Bradley y C. R. Hernandez, «Geriatric assistive devices.», *Am. Fam. Physician*, vol. 84, n.º 4, 2011.
- [2] G. Chen, C. K. Chan, Z. Guo, y H. Yu, «A review of lower extremity assistive robotic exoskeletons in

rehabilitation therapy», *Crit. Rev. Biomed. Eng.*, vol. 41, n.º 4-5, pp. 343-363, 2013.

- [3] J. L. Pons, *Wearable robots: biomechatronic exoskeletons*. Hoboken, N.J.: Wiley, 2008.
- [4] A. J. Kozłowski, T. N. Bryce, y M. P. Dijkers, «Time and Effort Required by Persons with Spinal Cord Injury to Learn to Use a Powered Exoskeleton for Assisted Walking», *Top. Spinal Cord Inj. Rehabil.*, vol. 21, n.º 2, pp. 110-121, 2015.
- [5] H. Bateni y B. E. Maki, «Assistive devices for balance and mobility: Benefits, demands, and adverse consequences», *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, vol. 86, n.º 1, pp. 134-145, ene. 2005.
- [6] A. Morris *et al.*, «A robotic walker that provides guidance», en *2003 IEEE International Conference on Robotics and Automation (Cat. No.03CH37422)*, 2003, vol. 1, pp. 25-30 vol.1.
- [7] A. Frizera Neto, J. A. Gallego, E. Rocon, J. L. Pons, y R. Ceres, «Extraction of user's navigation commands from upper body force interaction in walker assisted gait», *Biomed. Eng. OnLine*, vol. 9, p. 37, ago. 2010.
- [8] H. Yu, M. Spenko, y S. Dubowsky, «An Adaptive Shared Control System for an Intelligent Mobility Aid for the Elderly», *Auton. Robots*, vol. 15, n.º 1, pp. 53-66, jul. 2003.
- [9] G. J. Lacey y D. Rodriguez-Losada, «The Evolution of Guido», *IEEE Robot. Autom. Mag.*, vol. 15, n.º 4, pp. 75-83, dic. 2008.
- [10] M. Geravand, W. Rampeltshammer, y A. Peer, «Control of mobility assistive robot for human fall prevention», en *2015 IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR)*, 2015, pp. 882-887.
- [11] M. R. Tucker *et al.*, «Control strategies for active lower extremity prosthetics and orthotics: a review», *J. Neuroengineering Rehabil.*, vol. 12, n.º 1, p. 1, 2015.
- [12] E. E. Fetz, «Volitional control of neural activity: implications for brain-computer interfaces», *J. Physiol.*, vol. 579, n.º Pt 3, pp. 571-579, mar. 2007.
- [13] A. C. Villa-Parra, D. Delisle-Rodríguez, A. López-Delís, T. Bastos-Filho, R. Sagaró, y A. Frizera-Neto, «Towards a Robotic Knee Exoskeleton Control Based on Human Motion Intention through EEG and sEMGsignals», *Procedia Manuf.*, vol. 3, pp. 1379-1386, 2015.
- [14] B. Zacharias y A. Kannenberg, «Clinical Benefits of Stance Control Orthosis Systems: An Analysis of the Scientific Literature», *Journal of Prosthetics and Orthotics*, vol. 24, n.º 1, pp. 2-7, 2012.
- [15] P. M. Arnos, *Age-related Changes in Gait: Influence of Upper-body Posture*. University of Toledo, 2007.
- [16] V. H. Andaluz, F. Roberti, J. M. Toibero, R. Carelli, y B. Wagner, «Adaptive Dynamic Path Following Control of an Unicycle-Like Mobile Robot», en *SpringerLink*, 2011, pp. 563-574.
- [17] J. Taborri, E. Palermo, S. Rossi, y P. Cappa, «Gait Partitioning Methods: A Systematic Review», *Sensors*, vol. 16, n.º 1, p. 66, ene. 2016.
- [18] R. A. Lourenço y R. P. Veras, «Mini-Mental State Examination: psychometric characteristics in elderly outpatients», *Rev. Saúde Pública*, vol. 40, n.º 4, pp. 712-719, ago. 2006.

- [19] S. T. Miyamoto, I. Lombardi Junior, K. O. Berg, L. R. Ramos, y J. Natour, «Brazilian version of the Berg balance scale», *Braz. J. Med. Biol. Res.*, vol. 37, n.º 9, pp. 1411-1421, sep. 2004.
- [20] A. Krasny-Pacini, J. Hiebel, F. Pauly, S. Godon, y M. Chevignard, «Goal attainment scaling in rehabilitation: a literature-based update», *Ann. Phys. Rehabil. Med.*, vol. 56, n.º 3, pp. 212-230, abr. 2013.
- [21] K. E. C. de Carvalho *et al.*, «Translation and validation of the Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Technology (QUEST 2.0) into Portuguese», *Rev. Bras. Reumatol.*, vol. 54, n.º 4, pp. 260-267, ago. 2014.
- [22] Ricardo Vivacqua y Raimundo Hespanha, *Ergometria e Reabilitacao Em Cardiologia*, vol. 1. Medsi, 1992.
- [23] Wojtek J. Chodzko-Zajko *et al.*, «Exercise and physical activity for older adults American College of Sport Medicine Position Stand Med Sci Sports Exerc 2009 41 1510 1530 10.1249/MSS.0b013e3181a0c95c», *Med. Sci. Sports Exerc.*, vol. 41, n.º 7, pp. 1530-0315, 2009.

Sistema para identificar déficit de atención compartida en niños con trastorno del espectro autista a partir de la estimación del foco de atención visual por red de sensores RGB y RGBd

Andrés Alberto Ramírez-Duque, Anselmo Frizera-Neto, Teodiano Freire Bastos
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Espírito Santo.
Av. Fernando Ferrari, 514 (29075-910) Vitória-ES, Brazil
andres.duque@aluno.ufes.br, frizera@ieee.org, teodiano.bastos@ufes.br

Abstract

In recent years, computer vision systems have been developed to analyze facial behavior automatically. These systems have served as a supply for the development of new tools based on human-machine interaction. However, computer vision systems restrict the person's movement to perform the analysis. This work presents a real-time system capable of identifying a person's face, estimating the face's pose, the gaze and the visual focus of attention. The system consists of a network of multiple sensors RGB and RGBd that allows the analysis of the face without restricting the person's movement.

Resumen

En los últimos años se han desarrollado sistemas de visión por computador para analizar el comportamiento del rostro automáticamente. Estos sistemas han servido como suministro para el desarrollo de nuevas herramientas basadas en interacción hombre-máquina. Sin embargo, los sistemas de visión por computador restringen el movimiento de la persona para ejecutar el análisis. En este trabajo se presenta un sistema en tiempo real capaz de identificar el rostro de una persona, estimar la pose del rostro, la dirección de la mirada y el foco de atención visual. El sistema se compone por una red de múltiples sensores RGB y RGBd que permite el análisis del rostro sin restringir el movimiento de la persona.

1. Introducción

1.1. Motivación

Uno de los principales canales de comunicación de los seres humanos es el rostro. A través del comportamiento del rostro las personas transmiten información no verbal con sus semejantes sobre su estado mental, información sobre evento u objeto de

interés [1]. El comportamiento del rostro se caracteriza por medio de su posición y orientación, de su expresión facial, de la dirección de la mirada, velocidad y alcance del movimiento [2].

Analizar la información suministrada por una persona a través de su rostro permite evaluar, por ejemplo, su estado emocional, interés en objetos o eventos y su estado de concentración [3]. Además, el comportamiento del rostro también permite analizar información en contextos donde interactúan dos o más personas, como respuestas positivas o negativas, y atención compartida por un objeto o evento utilizando la mirada [4], [5].

La dirección de la mirada y su localización es uno de los comportamientos más relevantes del rostro. Su importancia es más evidente cuando se analiza el comportamiento de personas que no logran fijar su atención para compartir información o que no logran interpretar indicaciones que otra persona realiza a través de la mirada [6]. Por ejemplo, las personas con trastorno del espectro autista (TEA) exhiben un procesamiento atípico en el intercambio de información por medio de la mirada y, por consecuencia, en la iniciación y respuesta a atención compartida (AC) [7]. Esta dificultad se asocia a déficit en el desarrollo social y su capacidad de comunicación [8].

En los últimos años, se han desarrollado sistemas de visión por computador para analizar el comportamiento del rostro automáticamente. Estos sistemas han servido como suministro para desarrollar herramientas que soportan tareas que convencionalmente médicos, psicólogos y terapeutas realizan manualmente [9]. Dichos sistemas tienen la capacidad de estimar automáticamente la pose del rostro, expresión facial, nivel de concentración dirección y localización de la mirada [3].

Actualmente los trabajos de investigación que analizan el comportamiento del rostro continúan desarrollando nuevos algoritmos para mejorar la extracción de la información transmitida en escenarios reales. Tareas como identificación y reconocimiento, seguimiento, estimación de la pose del rostro y dirección de la mirada son sensible a variaciones por condiciones de iluminación, oclusión y variación de la pose del cuerpo respecto al sensor de visión [10].

Por otra parte, la mayoría de sistemas que analizan el rostro están limitados por la resolución mínima de la imagen y el campo de visión del sensor. Esto genera restricción del movimiento de la persona, obligándola a permanecer en una posición mientras se realiza el análisis. Estas limitaciones impiden la aplicación en intervenciones clínicas donde el paciente no logra mantenerse en un solo lugar. Un ejemplo de esto son las intervenciones con niños. Por lo anterior, es necesaria la construcción de sistemas de visión por computador para el análisis del comportamiento del rostro sin las limitaciones espaciales anteriormente mencionadas.

1.2. Trabajos Relacionados

El comportamiento del rostro ha sido investigado desde diferentes etapas. Los primeros desarrollos involucraron la detección del rostro en una imagen [11], posteriormente se trabajó en la estimación de la pose del mismo [12]. Otros trabajos se centraron en realizar seguimiento del rostro en una secuencias de imágenes [13]. Con el aumento en la capacidad de procesamiento se logró el procesamiento de tres etapas fundamentales en tiempo real a partir de imágenes provenientes de una única cámara. Una revisión completa de los trabajos de investigación más relevantes en la detección del rostro, su pose y seguimiento se puede encontrar en las revisiones de la literatura más recientes [14], [15], [16].

Trabajos posteriores analizaron el comportamiento del rostro modelando su apariencia en 3D a partir de diferentes puntos de vista o de múltiples cámaras [10].

Yin Shan *et al.* presentaron un modelo estadístico para estimar la apariencia en 3D del rostro de una persona a partir de múltiples imágenes adquiridas con una cámara móvil. Los autores propusieron estimar la apariencia por medio de un proceso de optimización, para reducir el error de proyección de las características provenientes de diferentes puntos de vista [13].

Qiang Wang *et al.* usaron el trabajo anterior como base para desarrollar un algoritmo basado en estimador bayesiano para realizar el seguimiento de la posición y orientación del rostro en tiempo real [17]. Este trabajo, a diferencia del anterior, usa una cámara estática pero a medida que transcurre el tiempo del algoritmo almacena el rostro en diferentes poses como imágenes de referencia denominadas “*key frames*” para recrear los diferentes puntos de vista de la misma persona.

Posteriormente Qin Cai *et al.* utilizaron el principio del estimador bayesiano y el almacenamiento de “*key frames*” para desarrollar un sistema que realiza identificación y seguimiento del rostro de una persona con múltiples cámaras. Los autores implementaron un proceso de fusión de los datos provenientes de las diferentes cámaras usando la información almacenada en los “*key frames*”. Las imágenes son almacenadas como “*key frames*” cuando la pose estimada del rostro tiene un índice de confiabilidad alto y fuera lo suficientemente diferente de las poses almacenadas anteriormente. Los autores no presentan detalles de la sincronización de la red de cámaras ni su calibración. Tampoco muestran una relación del desempeño del sistema respecto a tiempo de procesamiento [18].

Yoder *et al.* presentaron un sistema para realizar identificación y seguimiento del rostro, así como, estimación de la pose del mismo. Los autores plantearon un esquema de procesamiento distribuido, es decir, cada cámara individualmente calculó la pose del rostro respecto a un marco de referencia global. Las observaciones generadas por cada una de las cámaras se fusionaron usando un estimador de mínima varianza y un filtro de Kalman. Además, los autores implementaron un protocolo que controla dinámicamente la red de cámaras para distribuir el proceso de identificación y seguimiento seleccionando un grupo de cámaras según la posición de la persona. Como resultado, los autores mostraron que el esquema de procesamiento distribuido por grupos de cámaras mostraba un desempeño similar a los esquemas de fusión centralizados, pero con requerimientos de procesamiento menores [19].

Ninguno de los trabajos anteriores presenta la estimación de la dirección de la mirada usando la fusión de datos proveniente de múltiples cámaras.

1.3. Propuesta

Los sistemas que analizan automáticamente el comportamiento del rostro son una de las herramientas modernas usadas para estudiar el comportamiento de

niños con TEA [9]. En especial, estudiar la iniciación y de respuesta a AC en niños con TEA a través de sistemas de visión ofrece una ventaja para el diagnóstico precoz [20]. Sin embargo, para introducir eficazmente este tipo de sistemas en el diagnóstico e intervención de niños con TEA es necesario reunir un conjunto de requerimientos que estos sistemas actualmente no reúnen.

Este trabajo hace parte de un proyecto de investigación orientado a la identificación precoz de factores de riesgo en niños con TEA. El objetivo del proyecto es estimar la dirección de la mirada y el foco de atención de un niño en tiempo real, mientras este ejecuta una tarea que exige AC. En este artículo, se presenta el desarrollo del sistema de visión computacional para analizar automáticamente el comportamiento del rostro. El sistema de visión usa una estructura de sensores compuesta por múltiples cámaras RGB y RGBd. Además, se presenta un experimento basado en contexto para demostrar la funcionalidad del sistema en la ejecución de tareas de atención dirigida hacia objetivos.

2. Métodos

En esta sección se presenta el desarrollo de un sistema para la identificación y seguimiento del rostro de una persona, estimación de su pose, la dirección de la mirada y el foco de atención en tiempo real.

El gerenciamiento de los protocolos de comunicación de la red y la ejecución de los procesos locales y globales para el análisis del rostro se implementó usando el sistema operativo para robots (ROS por sus siglas en inglés)¹. ROS es una colección de librerías y herramientas para administrar tareas de forma modular y distribuida en tiempo real [21]. Este sistema operativo utiliza una infraestructura de comunicación inter-procesos basada en mensajes. La estructura de estos mensajes es diversa y se define a través de un encabezado llamado descripción del lenguaje de la interfaz (IDL por sus siglas en inglés).

2.1. Análisis del comportamiento del rostro

El comportamiento del rostro se analiza a través de la deformación de los marcadores o puntos de referencia del rostro para estimar la pose del mismo y la dirección de la mirada. Esto se realiza a través de

cuatro etapas: detección del rostro, detección y seguimiento de puntos de referencia, estimación de la pose del rostro y, por último, estimación de la dirección de la mirada.

2.1.1. Detección y reconocimiento del rostro. Para la detección del rostro, se implementó la transformación del histograma de gradientes orientados (HOG por sus siglas en inglés) desarrollada por *Dalal et al.* [11], e implementada por la librería Dlib² para aprendizaje de máquina [22], [23].

El histograma de gradientes orientados inicia calculando la derivada discreta de 1D centrada en cada pixel así:

$$g_x = I * D_x; \quad g_y = I * D_y \quad (1)$$

donde (*) es el operador de convolución, I corresponde a la imagen, D_x y D_y son los *kernels* definidos como:

$$D_x = [-1 \ 0 \ 1] \quad (2)$$

$$D_y = [1 \ 0 \ -1]^T \quad (3)$$

Posteriormente, se calcula la magnitud y dirección del gradiente.

$$\|G\| = [g_x^2 + g_y^2]^{1/2} \quad (4)$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{g_x}{g_y} \quad (5)$$

Con el gradiente en cada pixel, se divide la imagen en un arreglo de celdas de 8×8 y se calcula un histograma de nueve campos para cada celda. Con los histogramas para cada celda se realiza una normalización por bloques para eliminar la sensibilidad a variaciones en la iluminación.

La detección del rostro se realiza para inicializar el algoritmo de detección de puntos de interés del rostro, y para realizar el reconocimiento cuando en la escena se encuentra múltiples rostros.

2.1.2. El rostro: puntos de interés, pose y dirección de la mirada. El algoritmo para la detección de los puntos de interés o *landmarks* usado en este trabajo usa la técnica implementada por *Baltrusaitis et al.* conocida en inglés como *Conditional Local Neural Fields* (CLNF) [24]. Esta técnica es una extensión del algoritmo *Constrained Local Model* (CLM) pero usa unas mascarar locales especializadas denominadas

¹ <http://www.ros.org/>

² <http://dlib.net/>

patch expert. Dichas mascararas son las encargadas de alinear los *landmarks* localmente, cuantificando la probabilidad de alineación a través de un regresor no lineal. Además, usa un modelo distribuido de puntos para estimar la deformación de los *landmarks* [25]

A partir de la estimación de los puntos de interés del rostro y sus coordenadas en 3D, se aplica una proyección ortográfica y se estima la pose del rostro resolviendo el problema de perspectiva para n puntos o PnP (por sus siglas en inglés) como un problema de optimización para minimizar el error de proyección. Y finalmente, para la estimación de la dirección de la mirada, se usó el algoritmo también implementado por [25]. Este algoritmo usa CLNF para detectar la localización de los ojos, el iris y la pupila a través de máscaras locales entrenadas específicamente para estas regiones.

2.2. “ROS-ificar” el análisis del rostro.

El análisis del rostro se ejecuta como un proceso local por cada sensor conectado a la red. Una vez se extrae la pose del rostro y la dirección de la mirada, estas características se envían al computador encargado de la fusión y se calcula el campo de visión y foco de atención.

2.2.1. Representación de la pose del rostro localmente. La pose calculada localmente se representa por medio de seis grados de libertad así:

$$p_i = [u_i, v_i, s_i, \alpha_i, \beta_i, \gamma_i]^T \quad (6)$$

Los tres primeros elementos del vector describen la posición del rostro en el espacio de la imagen, y los últimos tres elementos representan la rotación en el mismo espacio.

En ROS, la pose del rostro en cada cámara se representó como un eje de coordenadas cuya transformación espacial respecto al eje coordenado global (eje coordenado del mundo) se describe por la dupla translación y orientación (expresada como cuaternio) $(t_{fi}^{ci}, Q_{fi}^{ci})$ donde:

$$t_{fi}^{ci} = [x_i, y_i, z_i]^T \in \mathbb{R}^3 \quad (7)$$

$$Q_{fi}^{ci} = [q_{1i}, q_{2i}, q_{3i}, w]^T \quad (8)$$

La ubicación de los sensores RGB y RGBd también se representó en ROS como ejes coordenados, con el eje (z) saliendo del sensor y coincidente con el eje óptico. La pose relativa de cada sensor respecto al eje coordenado del mundo también usa la representación con la dupla (t_{ci}^w, Q_{ci}^w) .

La transformación de la pose del rostro y de la dirección de la mirada desde el espacio de la imagen al espacio global, es decir, al eje coordenado del mundo en ROS se realizó por medio del producto de transformaciones homogéneas:

$$T_{fi}^w = T_{ci}^w * T_{fi}^{ci} \quad (9)$$

donde, T_{fi}^{ci} es función de la dupla $(t_{fi}^{ci}, Q_{fi}^{ci})$ y T_{ci}^w es función de la dupla (t_{ci}^w, Q_{ci}^w) .

2.2.2. Fusión. La fusión de los resultados locales para la estimación de la pose se realizó aplicando un algoritmo de consenso para rotaciones [26]. Este algoritmo consiste en calcular la pose media ponderada entre sensores vecinos. Las poses localmente son ponderadas por medio de dos índices. El primer índice ω_c evalúa la precisión del alineamiento de los *landmarks*. El segundo índice ω_m evalúa la confiabilidad de la estimación, calculando la distancia de Mahalanobis entre la pose estimada y la pose de un rostro ubicado frontalmente al sensor (pose neutra). El cálculo de la pose media se divide en dos etapas. Primero se calcula la posición media como:

$$\bar{P}_i^{(k+1)} = \bar{P}_i^{(k)} + \epsilon \sum_{j \in \mathcal{N}_i} \omega_{ci} \omega_{mj} (\bar{P}_j^{(k)} - \bar{P}_i^{(k)}) \quad (10)$$

donde ϵ es el tiempo entre muestras, k es el número de la iteración, \mathcal{N}_i es el conjunto de sensores vecinos al sensor c_i . Posteriormente se calcula la orientación media a través de la representación eje-ángulo $\theta_i \bar{u}_i$ del cuaternio Q_{fi}^{ci}

$$\bar{u}_{sum} = \sum_{i=1}^N \theta_i \bar{u}_i \quad (11)$$

$$\theta_{prom} = \frac{1}{N} \|\bar{u}_{sum}\| \quad (12)$$

$$u_{prom} = \frac{1}{\theta_{prom} N} \bar{u}_{sum} \quad (13)$$

donde N es el número de cámaras de la red, y:

$$(\theta_i \bar{u}_i)^{(k+1)} = (\theta_i \bar{u}_i)^{(k)} + \epsilon \sum_{j \in \mathcal{N}_i} \omega_{ci} \omega_{mj} (\theta_j \bar{u}_j)^{(k)} \quad (14)$$

2.2.3. Campo de visión y foco de atención. El campo de visión se estimó a partir de la dirección de la mirada y de la pose del rostro. La técnica implementada para la estimación de la mirada requiere que el ancho del ojo sea mayor a 20px. Si esto no se cumple, el campo de visión se estima únicamente a partir de la pose del rostro. El campo de visión se modeló como un cono ubicado en medio de los ojos y con una apertura y alcance que pueden variar según la aplicación.

El foco de atención se describe a partir de los objetos que se encuentran dentro del campo de visión en un instante de tiempo determinado. Los objetos se modelaron como puntos, y su posición respecto al eje del mundo se suministró al sistema previamente. Para definir si un objeto $A(x_a, y_a, z_a)$ se encuentra dentro del campo de visión, se debe cumplir la siguiente desigualdad:

$$\sqrt{Y_a^2 + Z_a^2} < \tan\left(\frac{\text{Apertura}}{2}\right) * X_a \quad (15)$$

donde $A(X_a, Y_a, Z_a)$ corresponde a las coordenadas del objeto representadas en el eje coordenado del rostro [27].

3. Evaluación experimental

3.1. Arquitectura de la red de cámaras

El sistema se compone por una red de múltiples sensores RGB y RGBd controlados de forma distribuida. En las estructuras de red distribuidas, cada sensor cuenta con un computador de forma que la información es procesada localmente y únicamente las características relevantes para el análisis del rostro se envían a través de la red a una maquina encargada de realizar la fusión. Usar una red distribuida presenta ventajas como flexibilidad en términos del uso de diferentes tipos de sensores, es fácilmente escalable y genera distribución de los costos de procesamiento [19]. En este trabajo se usaron dos sensores RGB Logitech c920 y un sensor RGBd Kinect V2.

Existen diferentes paquetes y herramientas *OpenSource* que se pueden usar dentro de ROS para controlar periféricos como sensores RGB y RGBd. En este trabajo se utilizó los paquetes *libfreenect2*³ y *iai_Kinect2*⁴ como drivers para controlar la adquisición de imágenes y videos con el Kinect V2. Para controlar

la adquisición de videos con las cámaras Logitech se usó el driver *GSCam*⁵, el cual usa las librerías *Gstreamer* de *c++*. Ambos drivers son compatibles con Linux y MacOS. La red se sincronizó usando el protocolo *NTP* que permite sincronizar por *software* los relojes de todos los computadores conectados a la red.

Los sensores fueron calibrados intrínsecamente y extrínsecamente a través del proceso convencional de calibración usando un patrón de damas⁶.

3.2. Experimento

Para evaluar el comportamiento del sistema, se desarrolló un experimento basado en un modelo contextual para estimar el foco de atención de una persona. El modelo contextual relaciona el foco de atención con el campo de visión al mismo tiempo que analiza la interacción como una dependencia contextual con el ambiente (eventos y objetos) donde se ejecuta la tarea [5].

Tareas de este tipo son comunes en intervenciones clínicas y psicológicas que evalúan en nivel de concentración, nivel de atención, capacidad en atención compartida entre otras [7].

El experimento fue diseñado de la siguiente forma: Un voluntario ingresa a la sala donde encuentra una mesa con cuatro cartas de animales boca abajo. Cada carta corresponde a un cuadro de un animal (objetivo) que se encuentra colgado en las paredes de la sala (ver Figura 1).

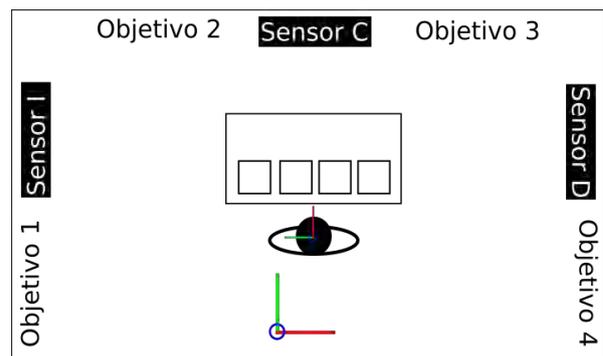


Figura 1. Diagrama del experimento.

³ <https://github.com/OpenKinect/libfreenect2>

⁴ https://github.com/code-iai/iai_kinect2

⁵ <https://github.com/ros-drivers/gscam>

⁶ https://github.com/ros-perception/image_pipeline

La tarea consiste en destapar aleatoriamente una carta de la mesa y buscar con su mirada el cuadro en las paredes de la sala que corresponde al animal de la carta. La tarea se repite hasta destapar todas las cartas. En el experimento no se controló iluminación en la sala ni se restringió la movilidad del voluntario.

Las dimensiones de la sala son $4.60m \times 2.80m$, el eje coordinado global se ubicó a $1.80m$ de la pared izquierda y a $0.15m$ de la pared anterior. El centro de la mesa se ubicó a $2.20m$ de la pared izquierda y a $1.20m$ de la pared posterior (ver Figura 1). Los sensores se ubicaron a $1.70m$ de altura. La apertura y alcance del cono que define el campo de visión fueron 20° y $3.0m$, respectivamente. Las coordenadas de los sensores y los objetivos se resumen en la Tabla 1.

En el experimento participaron 10 voluntarios (seis mujeres y 4 hombres). El experimento se realizó en el Núcleo de Tecnologías de Asistencia del Programa de Posgrado en Ingeniería Eléctrica de la Universidad Federal de Espírito Santo, Brasil. Cada voluntario realizó el experimento una sola vez. Toda la tarea fue grabada por los tres sensores, y únicamente se realizó post-procesamiento de los datos obtenidos para realizar conversión de unidades de la pose del rostro.

Tabla 1. Coordenadas de los sensores y los objetivos.

	X	Y	Z
Objetivo 1	-1,85	0,85	1,25
Objetivo 2	-0,82	2,66	1,70
Objetivo 3	1,20	2,66	1,25
Objetivo 4	2,73	1,15	1,70
Sen. I (Logitech)	-1,80	1,88	1,68
Sen. C (Kinect v2)	0,39	2,66	1,78
Sen. D (Logitech)	2,71	1,61	1,68

4. Resultados

En la Figura 2 se muestra la evolución temporal de la posición y la orientación del rostro de uno de los voluntarios. Las columnas de la secuencia de imágenes en la Figura 2a representan cuatro instantes de tiempo en donde la voluntaria dirigía su mirada hacia cada uno de los objetivos. Las filas corresponden a las imágenes capturadas por cada sensor.

En la secuencia de imágenes se observa el desempeño de la detección y seguimiento de *landmarks*, que logra detectar en diferentes posiciones del rostro. También se observa detección en toda la secuencia de imágenes e incluso detección de dos cámaras simultáneamente. En las imágenes se observa algunos problemas típicos como ruido por iluminación

y brillo, oclusión parcial del rostro (cabello de la voluntaria) y oclusión total debido a la pose del rostro.

En la Figura 2b se observa, además, un gráfico con la posición y la orientación del rostro a lo largo del experimento. En esta gráfica se muestra como la posición del rostro no varía significativamente respecto al área total de la sala, a pesar que no se restringió el movimiento del voluntario. Respecto a la orientación, la Figura 2b muestra que la ejecución de la tarea implica movimiento de la cabeza predominantemente sobre el eje z, permaneciendo aproximadamente constantes las demás rotaciones. La dinámica de la rotación sobre el eje z muestra comportamientos estacionarios que corresponden a los intervalos de tiempo que la voluntaria dirigía su mirada y concentraba su atención hacia la mesa, luego hacia el objetivo, y de nuevo hacia la mesa para continuar con la siguiente carta. Estos comportamientos estacionarios corresponden a estados de foco de atención y el cambio entre cada uno de estos estados se define como una transición.

Los resultados generales del experimento se muestran en la Tabla 2 y la Tabla 3. En la segunda columna de la Tabla 2 se resume la duración del experimento para cada voluntario. Las columnas 3-5 resumen el comportamiento de las rotaciones de los voluntarios sobre el eje predominante.

En la Tabla 2 se observa que, en promedio, los voluntarios demoraron $44,04$ ($DE=9,23$) segundos ejecutando la tarea. Además, en el experimento, en promedio, el ángulo mínimo de rotación sobre el eje z fue de $-80,81$ ($DE=18,72$) y el ángulo máximo fue $85,61$ ($DE=11,30$). En la Tabla 2 también se observa que el sistema estimó una amplitud total de la rotación del rostro máxima de $212,18^\circ$. Los valores resaltados en rojo corresponden a los valores extremos en cada columna.

Tabla 2. Resultados del experimento.

Volu.	Td (s)	z_min (deg)	z_max (deg)	Amplitud (deg)
1	49,02	-126,37	85,82	212,18
2	44,89	-65,23	70,45	135,68
3	24,73	-70,85	78,37	149,22
4	37,97	-89,24	89,62	178,86
5	30,72	-93,50	73,24	166,74
6	51,39	-68,17	68,23	136,40
7	54,57	-70,46	98,82	169,28
8	46,18	-78,68	85,96	164,65
9	41,43	-89,32	93,67	182,99
10	39,93	-67,65	66,57	134,22
Prom	44,04	-80,81	85,68	166,49

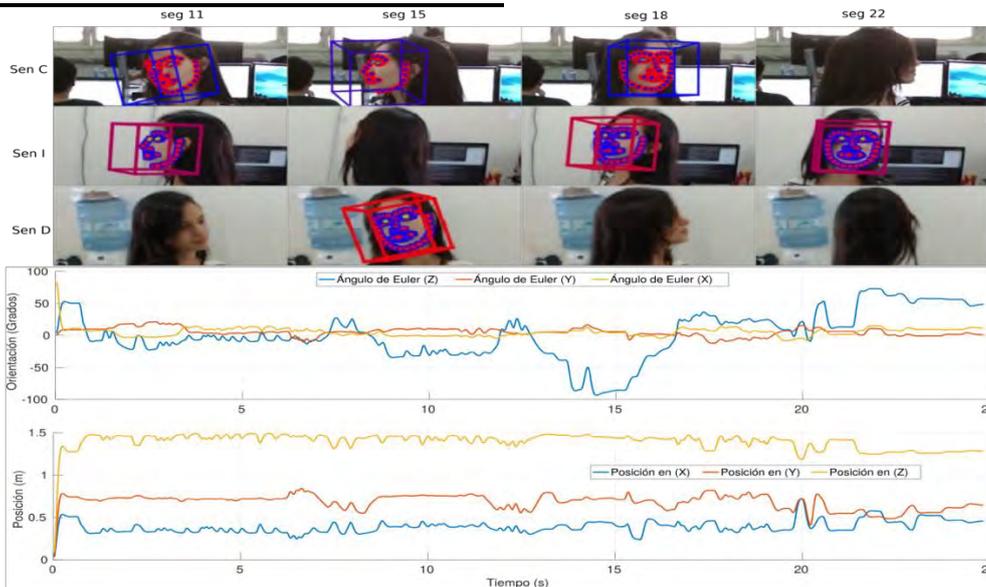


Figura 2. a.) Secuencia de imágenes adquiridas en $t = [11, 15, 18, 22]$ segundos; b.) Dinámica del movimiento del rostro.

En la Tabla 3 se muestra el desempeño del sistema en términos del porcentaje de *frames* en los que se detectó satisfactoriamente el rostro del voluntario. Como se observa en esta Tabla, el sistema alcanza un porcentaje promedio de 85% (DE = 7%) en el reconocimiento del rostro sin restricción al movimiento. La diferencia de desempeño en la detección del rostro puede ser asociada a oclusiones parciales al mirar hacia abajo para seleccionar las cartas.

Tabla 3. Desempeño del sistema de detección del rostro

<i>Volu.</i>	<i>Nº frames experimento</i>	<i>Nº frames detección</i>	<i>% de frames detección</i>
1	1421	1132	80%
2	1346	1023	76%
3	725	706	97%
4	1102	1064	96%
5	899	761	85%
6	1530	1259	82%
7	1566	1367	87%
8	1380	1184	86%
9	1189	983	83%
10	1160	952	82%
Prom	1231,8	1042,1	85%
Desv	271,3	206,8	7%

ángulo de rotación respecto al eje z. Las líneas punteadas representan el rango para el cual el sistema de estimación del foco de atención detectó que la persona se encontraba mirando el objetivo, es decir, se refleja que el voluntario entra en un estado de atención dirigida al objetivo. En cada una de las gráficas se observa un tiempo muerto promedio de 6.27 s (DE=1.53) al inicio de la actividad. Este tiempo muerto se debe a un retardo en el sistema utilizado para garantizar que los tres sensores están capturando y que el proceso de fusión puede recibir las detecciones estimadas.

Al comparar todas las gráficas en las Figuras 3 y 4 se observa diferencias por la presencia de ruido en la adquisición. También, se observa que la evolución temporal de los movimientos del rostro en cada voluntario es diferente respecto a la forma en la cual se realiza la exploración de las cartas y los objetivos.

En las Figura 3 y 4 se observa el comportamiento de la rotación del rostro para los primeros seis voluntarios. La línea sólida en azul representa el

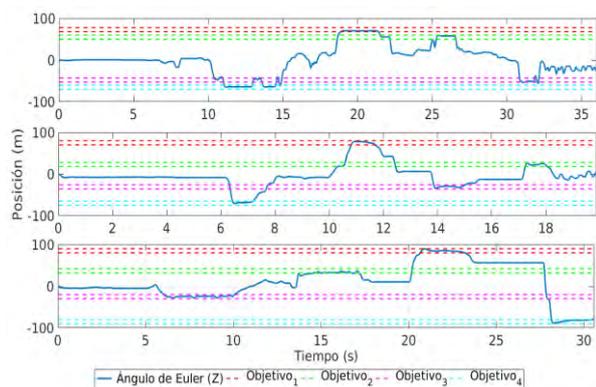


Figura 3. Rotación del rostro sobre eje z del voluntario: 1 (superior), 2 (centro), 3 (inferior).

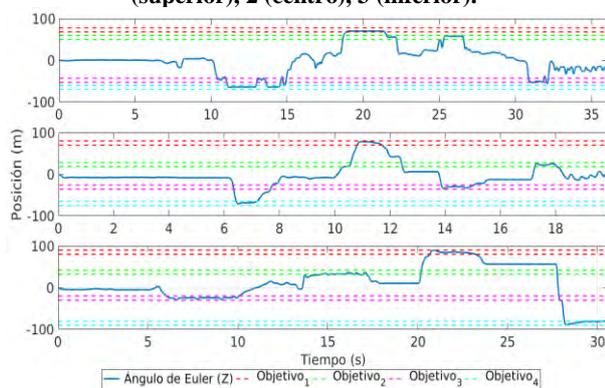


Figura 4. Rotación del rostro sobre eje z del voluntario: 4 (superior), 5 (centro), 6 (inferior).

En las gráficas de los voluntarios dos y cuatro (Figura 3 centro y Figura 4 superior) se observa que, al momento de explorar las cartas, los voluntarios llevan el rostro hasta una posición neutra (rotación cero), es decir, dirigen su foco de atención a la mesa, dado descubren cada nueva carta sin retirarla de la mesa. Por el contrario, el comportamiento de los voluntarios uno y tres no muestra foco de atención en la mesa, es decir, las transiciones entre los estados que exhiben atención en un objetivo son más rápidas. Esto se explica por la forma en la que se descubren las cartas. Los participantes con transiciones entre objetivos más cortas descubrían una carta, exploraban el espacio y al mismo tiempo tomaban la siguiente carta en la mano y posteriormente la acercaban a su campo de visión para observarla.

Estas diferencias en el comportamiento de los voluntarios puede ser interpretada como patrones comportamentales emergentes (acercar o no la carta al campo de visión). Estos patrones emergentes son útiles para evaluar, por ejemplo, concentración y AC.

A partir de las gráficas se puede deducir el orden en el que los voluntarios destaparon las cartas (comportamiento aleatorio). Esto muestra como el sistema puede analizar la respuesta en el tiempo de una persona a un estímulo aleatorio conociendo con anterioridad los objetos en la sala. Este resultado se puede aplicar también en situaciones experimentales donde este comportamiento muestra la respuesta a un estímulo controlado o incluso ajeno a la actividad, por ejemplo, ruidos y perturbaciones generados en un instante específico. Esto es interesante para el análisis contextual en interacciones administradas por indicaciones a través de gestos como la mirada.

Al finalizar los experimentos con los 10 voluntarios, se le solicitó a tres de ellos realizar una prueba adicional. La prueba consistió en explorar el animal (objetivo) que el experimentador les indicara. En la Figura 5 se observa los resultados del comportamiento de los voluntarios.

El resultado de esta prueba muestra cómo en una tarea administrada por un experimentador la evolución temporal de movimiento se unifica formando un patrón geométrico escalonado. Este resultado da muestra de un comportamiento deseado típico de tareas que exigen atención compartida. Además, comparando las Figuras 3 y 4 con la Figura 5 se observa que las transiciones entre los estados que representan atención en los animales (objetivos) cambian. En la Figura 5 las transiciones son más rápidas. Esto se debe principalmente a que en el último experimento los tres voluntarios no tenían que dividir la atención entre las cartas sobre la mesa y los objetivos en la pared.

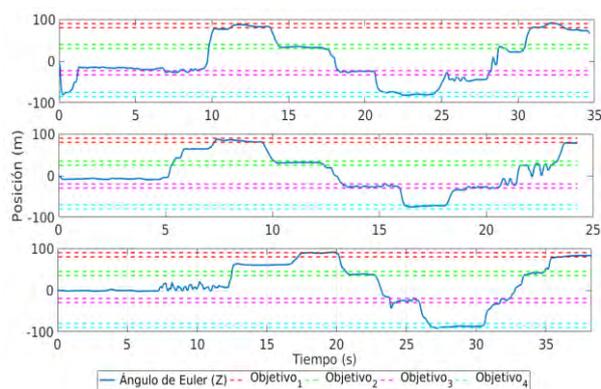


Figura 5. Rotación del rostro sobre eje z para tres voluntarios en la prueba dirigida por el experimentador.

5. Conclusiones

Este trabajo presentó el desarrollo e implementación de un sistema para la estimación del foco de atención de personas utilizando el cálculo del campo de visión. A partir del algoritmo implementado se logró calcular el campo de visión de forma combinada usando el vector de visión y la pose del rostro cuando la resolución de la imagen lo permitió.

El análisis del comportamiento del rostro se logró a través de una estructura de adquisición en tiempo real basada en múltiples sensores RGB y RGBd implementada en ROS.

El experimento de validación permitió evaluar el desempeño del sistema (85%) en una tarea de interacción basada en un modelo contextual. El objetivo del experimento no fue medir precisión espacial del sistema, ya que para los objetivos planeados en el diseño de este experimento resulta más importante lograr estimar la pose de un rostro alejado desde 1.25 m hasta 2.40 m de los sensores y sin limitación al movimiento. El sistema alcanzó detección del rostro hasta en el 97% de los *frames*.

El experimento permitió identificar diferencias comportamentales de los voluntarios al momento de ejecutar la tarea a partir de los datos recolectados. Diferencias como la forma para tomar las cartas, las transiciones entre objetivos y la duración de la tarea pueden ser analizadas con mayor detalle para estimar, capacidad de atención, concentración, velocidad del movimiento, entre otros.

La última prueba, en la cual el experimentador realizó una tarea dirigiendo la mirada de los voluntarios hacia un objetivo específico (respuesta atención compartida) muestra como el comportamiento de diferentes personas tiende a converger en un patrón geométrico escalonado. Este resultado muestra el potencial que el sistema tiene para evaluar intervenciones con personas con TEA, quienes exhiben deficiencias en atención compartida. La presencia o ausencia de los comportamientos emergentes, como por ejemplo, dificultad para dividir la atención entre objetivos para un individuo en específico podría demostrar deficiencia en AC.

El modelo de campo de visión implementado a través de un cono mostró un buen desempeño para la estructura planeada. Sin embargo, si el experimento requiere diferenciar entre objetivos más cercanos, este

modelo de cono no sería suficiente. Como trabajo futuro se propone realizar el modelo de campo de visión en función de la posición de la persona y la distancia a los objetivos.

6. Referencias

- [1] A. Martinez and S. Du, "A Model of the Perception of Facial Expressions of Emotion by Humans: Research Overview and Perspectives," *J. Mach. Learn. Res.*, vol. 13, no. 2012, pp. 1589–1608, 2012.
- [2] F. De la Torre, W. Chu, X. Xiong, F. Vicente, X. Ding, and J. Cohn, "Facial expression analysis Intraface," *IEEE Int. Conf. Autom. Face Gesture Recognit.*, 2015.
- [3] A. Jaimes and N. Sebe, "Multimodal human-computer interaction: A survey," *Comput. Vis. Image Underst.*, vol. 108, no. 1–2, pp. 116–134, 2007.
- [4] Y. Chen, Y. Yu, and J.-M. Odobez, "Head Nod Detection from a Full 3D," in *International Conference on Computer Vision*, 2015, pp. 1–9.
- [5] S. O. Ba and J.-M. Odobez, "Multi-Person Visual Focus of Attention from Head Pose and Meeting Contextual Cues," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 33, no. August, pp. 1–16, 2008.
- [6] K. A. Funes-Mora and J.-M. Odobez, "Gaze Estimation in the 3D Space Using RGB-D Sensors: Towards Head-Pose and User Invariance," *Int. J. Comput. Vis.*, 2015.
- [7] A. T. Eggebrecht *et al.*, "Joint Attention and Brain Functional Connectivity in Infants and Toddlers," *Cereb. Cortex*, no. March, pp. 1709–1720, 2017.
- [8] F. A. Carvalho, M. C. T. V. Teixeira, D. Brunoni, V. G. Strauss, and C. S. Paula, "Identificação de Sinais Precoces de Autismo Segundo um Protocolo de Observação Estruturada: um Estudo de Seguimento," *Psico*, vol. 45, no. 4, pp. 502–512, 2014.
- [9] N. Aresti-Bartolome and B. Garcia-Zapirain, "Technologies as support tools for persons with autistic spectrum disorder: A systematic review," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 11, no. 8, pp. 7767–7802, 2014.
- [10] D. Kim, B. Comandur, H. Medeiros, N. M. Elfiky, and A. C. Kak, "Multi-view face recognition from single {RGBD} models of the faces," *Comput. Vis. Image Underst.*, vol. 160, p. , 2017.
- [11] N. Dalal and B. Triggs, "Histograms of oriented gradients for human detection," in *Proceedings - 2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR 2005*, 2005, vol. I, pp. 886–893.
- [12] V. Kazemi and J. Sullivan, "One Millisecond Face Alignment with an Ensemble of Regression Trees," in *CVPR Workshop*, 2014, pp. 1–8.
- [13] S. Ying, L. Zicheng, and Z. Zhengyou, "Model-based bundle adjustment with application to face

- modeling,” *Comput. Vision, 2001. ICCV 2001. Proceedings. Eighth IEEE Int. Conf.*, vol. 2, pp. 644–651 vol.2, 2001.
- [14] B. Czupryski and A. Strupczewski, “High accuracy head pose tracking survey,” in *Active Media Technology: 10th International Conference, AMT 2014, Warsaw, Poland, August 11-14, 2014. Proceedings*, D. Slezak, G. and Schaefer, S. T. and Vuong, and Y.-S. and Kim, Eds. Springer International Publishing, 2014, pp. 407–420.
- [15] E. Sariyanidi, H. Gunes, and A. Cavallaro, “Automatic Analysis of Facial Affect : A Survey of Registration , Representation , and Recognition,” *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 37, no. 6, pp. 1113–1133, 2015.
- [16] N. Wang, X. Gao, D. Tao, H. Yang, and X. Li, “Facial feature point detection : A comprehensive survey,” *Neurocomputing*, vol. 0, pp. 1–16, 2017.
- [17] Q. Wang, W. Zhang, X. Tang, and H. Shum, “Real-Time Bayesian 3-D Pose Tracking,” vol. 16, no. 12, pp. 1533–1541, 2006.
- [18] Q. Cai, A. C. Sankaranarayanan, Q. Zhang, Z. Zhang, and Z. Liu, “Real Time Head Pose Tracking from Multiple Cameras with a Generic Model,” *CVPR Work.*, pp. 25–32, 2010.
- [19] J. Yoder, H. Medeiros, J. Park, and A. C. Kak, “Cluster-Based Distributed Face Tracking in Camera Networks,” *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 19, no. 10, pp. 2551–2563, Oct. 2010.
- [20] S. M. Anzalone *et al.*, “How children with autism spectrum disorder behave and explore the 4-dimensional (spatial 3D + time) environment during a joint attention induction task with a robot,” *Res. Autism Spectr. Disord.*, vol. 8, no. 7, pp. 814–826, 2014.
- [21] M. Quigley *et al.*, “ROS : an open-source Robot Operating System,” in *ICRA workshop on open source software*, 2009, no. 3.2, p. 5.
- [22] D. E. King, “Dlib-ml: A Machine Learning Toolkit,” *J. Mach. Learn. Res.*, vol. 10, pp. 1755–1758, 2009.
- [23] D. E. King, “Max-Margin Object Detection,” 2015.
- [24] T. Baltrušaitis, P. Robinson, and L. P. Morency, “Constrained local neural fields for robust facial landmark detection in the wild,” *Proc. IEEE Int. Conf. Comput. Vis.*, pp. 354–361, 2013.
- [25] T. Baltrušaitis, P. Robinson, and L.-P. Morency, “OpenFace: an open source facial behavior analysis toolkit,” *IEEE Winter Conf. Appl. Comput. Vis.*, 2016.
- [26] A. Jorstad, D. Dementhon, I. J. Wang, and P. Burlina, “Distributed consensus on camera pose,” *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 19, no. 9, pp. 2396–2407, 2010.
- [27] S. Lemaignan, F. Garcia, A. Jacq, and P. Dillenbourg, “From real-time attention assessment to „with-me-ness” in human-robot interaction,” *ACM/IEEE Int. Conf. Human-Robot Interact.*, vol. 2016–April, pp. 157–164, 2016.

Canal Fundación ONCE en UNED

Alejandro Rodríguez-Ascaso¹, Cecile Finat², Miguel Ángel Córdova³, Amparo Prior⁴
¹Departamento de Inteligencia Artificial, ETSI Informática de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). ²Grupo aDeNu de la UNED. ³UNED Abierta. ⁴Centro de Medios Audiovisuales (CEMAV) de la UNED
arascaso@dia.uned.es

Resumen

El Canal Fundación ONCE en UNED Abierta tiene como objetivo ofrecer formación abierta, gratuita, accesible y de calidad acerca del Diseño para Todos en todos los campos del conocimiento.

El primer año de funcionamiento del Canal Fundación ONCE ha significado la generación de materiales digitales accesibles de aprendizaje de diferente naturaleza, y de 3 cursos, de los que hasta el momento se han impartido 2. Además, la actividad del Canal Fundación ONCE ha traído aparejada una mejora de la accesibilidad web de la plataforma MOOC Open edX, que utiliza UNED Abierta. Dichas mejoras han sido enviadas como contribución a la comunidad de desarrollo de Open edX.

El análisis cualitativo y preliminar de los datos recogidos durante los cursos parece indicar que los resultados y la satisfacción de los participantes han sido positivos. Aun así, es necesario realizar un análisis más detallado para confirmar lo anterior y, sobre todo, para identificar en qué áreas debe mejorarse la tecnología y/o los recursos pedagógicos que se están empleando para atender a cada estudiante de acuerdo con sus necesidades.

Canal Fundación ONCE está financiado por Fundación ONCE y el Real Patronato sobre Discapacidad, del Ministerio de Sanidad, Asuntos Sociales e Igualdad del Gobierno de España.

Abstract

Canal Fundación ONCE at UNED Abierta aims to offer open, free, accessible and quality training about Design for All in all fields of knowledge.

The first year of operation of the ONCE Foundation Channel at UNED Abierta has meant the generation of accessible digital learning materials of different nature, including 3 courses, of which up to

now 2 of them have been run. In addition, Canal Fundación ONCE has contributed to the improvement of the web accessibility of the OpenEdX MOOC platform, used at UNED Abierta. These improvements have been submitted as contributions to the Open edX development community.

The qualitative and preliminary analysis of the data gathered during the courses indicates that the results and satisfaction of the participants are positive. However, a more detailed analysis is needed to confirm that and, above all, to identify in which areas the technology and / or pedagogical resources may be improved to provide a more personalised learning experience.

Canal Fundación ONCE en UNED Abierta is funded by the Fundación ONCE and the Real Patronato sobre Discapacidad, of the Ministry of Health, Social Affairs and Equality of the Government of Spain.

1. Introducción

El Canal Fundación ONCE en UNED Abierta tiene como objetivo ofrecer contenidos online, gratuitos, abiertos y accesibles que ayuden a los profesionales a construir una Sociedad Inclusiva. El medio para conseguir se objetivo es formar a los profesionales en competencias del Diseño para Todas las Personas: Necesidades de las personas con discapacidad, sus derechos, barreras que encuentran y apoyos que permiten vencerlas. El Diseño para Todos da respuestas basadas en la diversidad humana utilizándola como una de las más ricas herramientas para lograr la integración social de la manera más efectiva, creativa y satisfactoria.

La formación en competencias de este ámbito es un requisito legal, según la disposición final segunda del Real Decreto Legislativo 1/2013, de 29 de noviembre, por el que se aprueba el Texto Refundido

de la Ley General de derechos de las personas con discapacidad y de su inclusión social.

En cualquier caso, más allá del cumplimiento legal, esta formación contribuye a preparar nuestra sociedad para enfrentarse a los retos que tiene ante sí. Se trata de retos que afectan a toda la ciudadanía, con o sin discapacidad y que implican a todas las titulaciones: Ingenierías, Arquitectura, Diseño, Periodismo, Ciencias de la Salud y Sociales, Arte y Humanidades, etc.

En este proyecto participan UNED Abierta y el Centro de Medios Audiovisuales (CEMAV).

1.1 UNED, UNED Abierta y CEMAV

La Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), fundada en 1972, es la mayor universidad de España financiada directamente por el estado español, cuenta con más de 260.000 estudiantes que cursan sus titulaciones oficiales (27 grados, 65 másteres universitarios, 18 programas de doctorado) y más de 600 cursos de formación permanente. El personal de la UNED, desde su sede central y centros asociados a lo largo de todo el territorio español y centros de apoyo en el extranjero, tiene como misión apoyar día a día a un número creciente de estudiantes en su formación.

La UNED ha integrado las nuevas tecnologías con los métodos tradicionales, con el objetivo de conseguir una enseñanza de calidad, adaptando y mejorando su metodología de aprendizaje a distancia a través del uso generalizado de las TIC, incorporando sistemas multimedia, tanto en la elaboración de materiales como en su distribución, en todas las disciplinas. En el ámbito tecnológico la UNED ofrece una plataformas de aprendizaje propia con más de 15 años de experiencia, cursos masivos y recursos educativos abiertos, una plataforma audiovisual sobre tecnología IP que proporciona “presencialidad virtual“, materiales audiovisuales de todo tipo además de radio y televisión educativas, ofrecida por el Centro de Medios Audiovisuales de la UNED, así como libros en diversos formatos electrónicos y un amplio elenco de servicios orientados a garantizar la diversidad de necesidades y preferencias de toda la comunidad educativa.

El deseo de atender de la mejor forma posible la diversidad funcional de nuestros estudiantes se concreta en El Centro de Atención a Universitarios con Discapacidad de la UNED (UNIDIS), dependiente del Vicerrectorado de Estudiantes y Desarrollo Profesional, cuya función principal es que los estudiantes con discapacidad puedan gozar de las mismas oportunidades que el resto de estudiantes de la UNED. La demanda existente de este tipo de atenciones se refleja en los más de 7000 estudiantes con discapacidad declarada del curso académico 2016-2017, representando así cerca del

45% de los estudiantes con discapacidad matriculados en las universidades españolas.

UNED Abierta es la plataforma de la que se ha dotado la UNED para abarcar las iniciativas de docencia e investigación cercanas a formatos que como el MOOC o el OCW trabajan con grandes cantidades de alumnos y lo hacen a través de soportes virtuales. Cuenta con una participación acumulada de más de tres millones de alumnos, mientras que la cifra de usuarios de nuestros materiales docentes en Youtube supera ampliamente los cinco millones de estudiantes. Dentro de la estrategia de crecimiento y diversificación de UNED Abierta, una prioridad es ampliar exponencialmente la presencia en America Latina, para lo cual ya se han suscrito acuerdos con diversas Universidades así como con Fundaciones y otras instituciones tanto públicas como privadas.

El CEMAV, Centro de Medios Audiovisuales de la UNED, ofrece soportes y formatos audiovisuales con el fin de apoyar las tareas docentes e investigadoras del profesorado, facilitando a los estudiantes el acceso a contenidos audiovisuales que les puedan ser útiles en sus actividades académicas, con contenidos científicos, tecnológicos, culturales e institucionales. Asimismo, el centro ofrece asesoramiento para la elaboración del material didáctico audiovisual y de las guías de apoyo, de acuerdo con las características de los medios y recursos que tienen a su disposición, trabajando en equipo con especialistas en medios de comunicación, responsables de la producción y realización. Debe recordarse que los materiales audiovisuales constituyen un elemento fundamental en el diseño y construcción de los cursos MOOC.

2. Objetivos

Los objetivos que el Canal Fundación ONCE se ha marcado en su primer año de funcionamiento tienen que ver con: a) la accesibilidad de la plataforma donde sus cursos tienen lugar; b) la producción de los cursos; c) los propios cursos producidos y ofrecidos.

2.1. Materiales digitales de aprendizaje accesibles y abiertos

Desde el punto de vista de la accesibilidad del aprendizaje abierto, se ha adoptado un marco global de accesibilidad en Open Learning & MOOC en el que estamos colaborando con la Open University del Reino Unido a través del proyecto Open Learning Accessibility (OLA! Project, [1], [2]) así como un nivel técnico de referencia de accesibilidad web (WCAG 2.0 AA, [3]), que es compatible con la norma europea sobre accesibilidad TIC en compras públicas EN 301 549 [4]. La accesibilidad afecta a la

plataforma y los servicios ofrecidos a los estudiantes, así como los materiales y actividades de aprendizaje.

En cuanto a los materiales digitales de aprendizaje, en Canal Fundación ONCE estamos poniendo en marcha un proceso de producción de materiales digitales de aprendizaje modulares y accesibles, que se basa en las propuestas del Grupo de Innovación Docente miniXmodular, de la UNED. Podemos adelantar que el objetivo principal del proceso es generar contenidos:

- Que sean accesibles para todos los estudiantes, independientemente de su diversidad funcional.
- De diversa naturaleza, incluyendo texto, audio y vídeo, así como las adaptaciones necesarias para garantizar la accesibilidad.
- De diverso carácter pedagógico, tales como materiales básicos, actividades de aprendizaje, test de autoevaluación, etc.
- Que sean modulares, de forma que cada elemento pueda formar parte de diferentes materiales de aprendizaje.
- Que sean reutilizables en diversos contextos de aprendizaje: como materiales de un curso virtual dentro de un LMS (Learning Management System), como libros electrónicos independientes, etc.

2.2. Plataforma MOOC accesible y servicios de apoyo

Hay varias razones por las que Canal Fundación ONCE debe contar con una plataforma accesible desde la que ofrecer sus MOOC. No se trata solo de predicar con el ejemplo, sino por la diversidad funcional de los profesionales actuales y futuros. Baste con recordar que en la propia UNED hay matriculadas más de 7000 personas con discapacidad, o que las necesidades de accesibilidad de los profesionales está aumentando a la par que lo hace su edad media [5].

La selección de OpenEdX por parte de UNED Abierta como plataforma MOOC ha demostrado ser estratégica para satisfacer la demanda, ya que OpenEdX se ha comprometido a mejorar continuamente su nivel de cumplimiento de las pautas de accesibilidad web ([6] y [7]). Sin embargo, desde Canal Fundación ONCE se monitoriza la accesibilidad de la plataforma con el fin de asegurar la accesibilidad de las actividades de aprendizaje del propio Canal y, por ende, de toda UNED Abierta.

Además se han establecido servicios de apoyo a los estudiantes a través de recursos de la propia plataforma y de un canal de correo electrónico específico de Canal Fundación ONCE, además de los

recursos de atención existentes en UNED Abierta y en la propia UNED, donde se cuenta con una unidad de atención a los estudiantes con discapacidad (UNIDIS) con una gran experiencia.

2.3. Los cursos

Los cursos gratuitos y los repositorios de objetos de aprendizaje abiertos constituyen la verdadera esencia del Canal. Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) juegan un papel transversal en una sociedad para todas las personas. Por ese motivo el Canal, ha comenzado produciendo cursos sobre:

- Interacción Persona-Computador: Diseño para Todos y Productos de Apoyo,
- Materiales Digitales Accesibles y
- Accesibilidad TIC en los procesos de compras públicas.

Los estudiantes pueden inscribirse gratuitamente en los cursos. Quien lo desea, puede solicitar una credencial del curso previo pago de 15€. La credencial solo se general a quienes han aprobado previamente el curso.

3. Resultados

En este apartado describimos los resultados obtenidos en cada uno de los apartados que son objetivo del Canal Fundación desde su reciente fundación.

3.1. Materiales digitales de aprendizaje accesibles y abiertos

El proceso de producción está descrito desde la perspectiva del profesor/a o autor/a de los materiales, pero se hará referencia a otros miembros de la comunidad universitaria cuya participación sea significativa en el proceso. El orden en el que se describen los distintos materiales coincide aproximadamente con el que estos se crean, salvo que se indique lo contrario.

3.1.1. Texto. El proceso comienza con un/a autor/a que escribe un texto con una estructura de mini-libro electrónico modular (MEM) [8].

El documento debe contar con cinco mini-capítulos similares en extensión, más un glosario de términos. El glosario debe definir aquellos términos que se consideren novedosos para los estudiantes que aborden el tema del texto por primera vez, además de todos los acrónimos. El glosario es útil para todos los estudiantes, incluidas las personas sordas o con discapacidad cognitiva que tienen problemas para comprender o recordar el lenguaje escrito.

El texto contendrá texto propiamente dicho e imágenes. Cada imagen debe contar con un pie de imagen y un texto alternativo que describa su contenido para que las personas con discapacidad visual puedan usarla de manera equivalente a las personas que ven, o para quienes escuchen el texto en lugar de leerlo gracias a los muchos programas que permiten la conversión de texto a voz.

Además de texto e imagen, el documento final incluirá otros contenidos de aprendizaje, como puede ser el vídeo. En general, cada mini-capítulo de un MEM debe contener uno o dos mini-videos docentes modulares (MDM) ([9] y [10]).

Actualmente, en el grupo de innovación docente miniXmodular se utilizan diversas herramientas de autoría: Sigil (editor de libros electrónicos que soporta el estándar ePub 3.0), Microsoft Word, LaTeX, etc. En cualquier caso, el formato final de publicación del texto debe ser el de libro electrónico en formato ePub 3.0, validado y conforme a las recomendaciones de accesibilidad de dicho estándar ([11]), así como a las pautas de accesibilidad para el contenido web o WCAG 2.0 ([3]). Entre las muchas ventajas del libro electrónico en formato ePub 3.0 encontramos la posibilidad de incluir contenidos de diferente naturaleza y formato (texto, imagen, vídeo, test de autoevaluación, etc.), y la disponibilidad de agentes de usuario y productos de apoyo que permiten a cualquier estudiante acceder a los contenidos, incluidas personas con discapacidad.

3.1.2. Test de autoevaluación. Una vez se ha escrito el texto es el momento de escribir los test de autoevaluación. En general, por cada MEM se deben producir dos test, uno de Nivel 1, con 30-50 preguntas de V/F (6-10 por cada mini-capítulo central), y otro de Nivel 2, con 30-50 preguntas de respuesta única a elegir entre cuatro alternativas (6-10 por cada mini-capítulo central). Es recomendable incluir para cada pregunta una explicación de cuál es la opción correcta. Esta explicación puede ofrecerse a modo de refuerzo tanto a los estudiantes que acierten como a los que fallen la respuesta.

Las herramientas de autoría para los test de autoevaluación son las mismas que para el texto, y el objetivo de contar con ese contenido en un formato compatible con XHTML es primordial. Actualmente, se está colaborando con la Editorial UNED para definir la forma en la que deben incluirse estos test en un libro electrónico en formato ePub 3.0.

3.1.3. Guión de vídeo. Una vez se cuenta con el texto en su versión definitiva, puede comenzarse a escribir el guión de cada vídeo.

Los vídeos deben seguir las recomendaciones de los MDM con una duración de entre 5 y 10 minutos. Para calcular la extensión del guión en palabras, sirva como referencia que una velocidad de unas 160 palabras/minuto resulta adecuada para que la

locución del vídeo pueda ser posteriormente interpretada en lengua de signos.

El autor debe asegurarse de que en el guión se incluye la descripción de la información visual relevante que vaya a aparecer en el vídeo, para que este sea accesible para personas ciegas o personas con discapacidad visual. Es decir, se deben describir figuras, texto, animaciones, etc. que formen parte de la "información visual complementaria" según se describe en el apartado siguiente. Además, el guión debe evitar referencias que requieran el sentido de la vista, del estilo de "tal y como aparece aquí" o "si comparamos esto con aquello". Si la extensión de la descripción en texto de la información visual resultara demasiado larga como para incluirla en la locución, se incluirá un documento de texto donde se indique a qué pasaje del vídeo corresponde cada descripción. Este documento se pondrá a disposición del estudiante junto con el material audiovisual.

Contar con un guión antes de grabar un vídeo es altamente recomendable. Sirve para asegurar que se mencionan todos los contenidos importantes; durante la grabación en el estudio puede usarse la tecnología *prompter* que permite leer el guión mientras se graba; puede ser compartido con la persona que vaya a realizar la interpretación en lengua de signos con al menos una semana de antelación, especialmente necesario si el contenido es de carácter muy técnico o específico; y permite que los profesionales de audiovisuales (CEMAV-UNED) encargados de producir los subtítulos, requeridos según las WCAG 2.0 ([3]), hagan su trabajo de forma mucho más eficiente.

3.1.4. Información visual complementaria para el vídeo. Si deseamos contar en el vídeo con información visual estática o dinámica relacionada con sus contenidos, podemos preparar esa información con software del tipo Apple Keynote, Microsoft PowerPoint, etc. Es conveniente que con antelación suficiente a la grabación del vídeo se planifique con la persona encargada de la realización (CEMAV-UNED) cómo se va a realizar el mismo.

Se recomienda seguir la filosofía de las transparencias minimalistas de los MDM. En cuanto a las características de accesibilidad de la información visual, debemos tener en cuenta que debe cumplir WCAG2.0 ([3]). Los aspectos más relevantes son los de reducir al mínimo posible la información disponible en pantalla, asegurar un buen tamaño de letra (al menos 22 puntos), fuente de texto sin serifa, y buen contraste de la información con el fondo.

Además, debe reservarse un espacio para la interpretación en lengua de signos que, según la norma, debe aparecer en la parte inferior derecha de la imagen, y otro espacio para los subtítulos en la parte inferior de la imagen.

3.1.5. Vídeo. Se recomienda que la grabación del vídeo se realice en el CEMAV-UNED, y que la elaboración de los materiales previamente descritos (guión e información visual complementaria) se realice siguiendo las recomendaciones de sus profesionales. Todo ello redundará en la calidad y la accesibilidad del vídeo final. Los vídeos cuentan con subtítulo y con interpretación en lengua de signos española, de acuerdo con las normas aplicables ([12] y [13]). Actualmente el usuario puede activar o desactivar los subtítulos, o elegir el idioma de estos, si bien la versión actualmente disponible de open edX no permite controlar los subtítulos directamente desde el reproductor multimedia, sino que se hace necesario el acceso desde el curso virtual a la página youtube donde reside el vídeo. Este problema, que ya ha sido reportado desde Canal Fundación ONCE a la comunidad de desarrollo de Open edX, ya ha sido solucionado en posteriores versiones de dicha plataforma. Cuando la tecnología de los reproductores multimedia de la plataforma lo permita, se prevé ofrecer la posibilidad a los estudiantes de activar/desactivar la interpretación en lengua de signos. Por otra parte, y también para mejorar la experiencia de aprendizaje, durante el proceso de producción de los vídeos, la información visual queda sincronizada con la correspondiente descripción realizada en texto en la locución que, lógicamente, ha sido incluida de manera previa en el guión.

3.1.6. Publicación de contenidos. La publicación de contenidos puede ocurrir a través de diferentes canales: libros electrónicos, que constituyen el principal elemento de distribución del contenido como tal, y cursos online. A la tarea de llevar los materiales de aprendizaje al curso virtual en la plataforma open edX de UNED Abierta le denominamos virtualización. Es necesario llevar al mini-curso virtual cada contenido de acuerdo con el diseño instruccional específico en cada caso, amén de la producción de otros contenidos que se consideren necesarios para el mismo (actividades, textos introductorios, planificación, guía, encuesta de satisfacción, etc.).

Se espera contar en el futuro con un libro electrónico en formato ePub 3.0 por cada curso, con los contenidos de dicho curso.

3.2. Plataforma MOOC y servicios de atención

La monitorización de la accesibilidad de la plataforma ha implicado una serie de tareas, que describimos a continuación:

- análisis integral de tareas, basado en el marco de accesibilidad en Aprendizaje Abierto y MOOC.

- Inspección preliminar de experta, realizada por Emmanuelle Gutiérrez, miembro del grupo aDeNu de la UNED, y participante en situación de *good standing en W3C-WAI WCAG1.0* y con gran experiencia en la accesibilidad web y de recursos de elearning, seguida de desarrollos de remediación por parte de la empresa Teltek.
- Evaluación de usuarios en fase piloto, en la que participaron 5 personas que usaban diferentes productos de apoyo.
- Monitorización de la experiencia de usuario de los MOOC del Canal Fundación ONCE, a base de servicios de atención a los usuarios basados en email y en foros, cuestionarios y learning analytics (en curso).
- Auditoría de la accesibilidad, donde se está midiendo la accesibilidad de la experiencia de aprendizaje durante el MOOC, y de la que se derivarán futuras mejoras.
- Contribución a la comunidad OpenEdX [14] del conocimiento basado en la evidencia sobre los problemas de accesibilidad detectados durante las diferentes etapas del proyecto. Esta etapa del proyecto es fundamental, ya que: a) compartir nuestra experiencia es el paso más allá, según nuestro espíritu de fuente abierta, y b) constituye un componente esencial de la sostenibilidad de nuestro modelo.

Durante todo el proceso se han solucionado 27 problemas de accesibilidad respecto a las WCAG 2.0: 17 de nivel A, 5 de nivel AA y 5 de nivel AAA. Algunos de los errores eran del mismo tipo, que se repetían en diferentes páginas de la plataforma. Todos ellos se han solucionado en la instancia de OpenEdX versión Dogwood de producción de UNED Abierta y se han notificado a la comunidad de desarrollo OpenEdX, de forma que puedan ser solucionadas allí antes de que la instancia de UNED Abierta se actualice a la última versión disponible.

Como parte de la monitorización de la experiencia de usuario, los servicios de atención prestados por Canal Fundación ONCE y por UNED Abierta han servido para ofrecer apoyo personalizado a estudiantes que se encontraban con problemas de accesibilidad, teniendo en cuenta su contexto de trabajo y los productos de apoyo utilizados.

Los problemas de accesibilidad se han detectado fundamentalmente en la fase de inspección preliminar y en la fase de monitorización de la experiencia de usuario.

3.3. Los cursos

Para los 3 cursos producidos hasta el momento se ha producido material nuevo, incluyendo 22 vídeos, así como textos, test de autoevaluación y actividades de evaluación entre pares. También se han utilizado materiales audiovisuales procedentes de asignaturas regladas de la universidad.

Algunos de los materiales que forman parte de los cursos han sido reconocidos en convocatorias de premios nacionales e internacionales, como es el caso de la serie de vídeos producida por el CEMAV “Productos de apoyo y tecnologías de la información y las telecomunicaciones” ([15]), donde estudiantes de la UNED describen cómo usan sus productos de apoyo para estudiar mediante la tecnología. La serie ha merecido el reconocimiento los siguientes reconocimientos: Premio a la Mejor Práctica Docente 2013 (Consejo Social UNED), ACE Course Award 2013 (The Open Education Consortium/OCW consortium), Premio Fundación Universia – Ministerio de Educación, Cultura y Deporte 2013. Está previsto que los contenidos de esta serie se actualicen a la par que se crean nuevos contenidos en el Canal, ya que hay que tener en cuenta la rapidez con la que evolucionan las TIC.

Hasta el momento se han impartido dos cursos, el de Interacción Persona-Computador: Diseño para Todos y Productos de Apoyo y el de Accesibilidad TIC en compras públicas, si bien este último aún se encuentra activo.

Más de 1200 estudiantes se han inscrito en estos cursos (ver Tabla 1). A falta de un análisis cuantitativo y detallado, que se realizará próximamente, un análisis cualitativo de las intervenciones en los foros del curso indica que en el curso de Interacción Persona-Computador los perfiles profesionales mayoritarios han sido de Trabajo Social e Ingeniería Informática, seguidos de Terapia ocupacional y Profesorado (de primaria y secundaria). En el curso de Accesibilidad TIC en Compras Públicas, aparentemente la mayoría de participantes eran personas que trabajan en la administración pública: administraciones regionales, locales (diputaciones y ayuntamientos) y ministerios.

En cuanto a la procedencia geográfica, España y Latinoamérica eran las procedencias más comunes. De Latinoamérica, en los foros se han presentado personas de Ecuador, Costa Rica, Perú y Argentina.

Entre las cuestiones planteadas por los alumnos en los foros de los cursos (especialmente en el de Compras Públicas) es importante incidir en el interés en que el curso fuera baremable por parte de las administraciones públicas y aceptado por los distintos organismos en sus convocatorias de empleo público para mantener o mejorar las competencias de su personal.

Tabla 1. Estudiantes inscritos, que han aprobado y que han solicitado credencial de los cursos

	Interacción Persona-Computador	Accesibilidad TIC en Compras Públicas (datos no definitivos)
Estudiantes que han aprobado (% del total)	94 (14,2%)	103 (15,6%)
Estudiantes que han solicitado credencial (% del total)	81 (12,2%)	64 (10,5%)
Total de estudiantes	662	611

Aún no se han analizado en detalle los datos de los cursos que nos permitirán extraer conclusiones acerca de los participantes y de lo útil y eficiente que el curso ha sido para su aprendizaje. Aun así, existen en la literatura estudios sobre el aprendizaje en formato MOOC que indican que la media de estudiantes que completan un MOOC es de un 12,6% [16] y la de estudiantes que obtienen un certificado es de un 8% [17] por lo que los resultados obtenidos en Canal Fundación ONCE son satisfactorios en principio (ver Tabla 1).

Uno de los cursos producidos (el de Materiales Digitales Accesibles) se impartirá a partir de noviembre de 2017. A la fecha de enviar esta contribución, 5 meses antes de que comience el curso, se contabilizan 630 estudiantes inscritos.

4. Conclusiones y futuros trabajos

El Canal Fundación ONCE tiene como objetivo ofrecer formación abierta, gratuita, accesible y de calidad acerca del Diseño para Todos en todos los campos del conocimiento.

El primer año de funcionamiento del Canal Fundación ONCE en UNED ha significado la generación de materiales digitales de aprendizaje de diferente naturaleza, accesibles. Además de en los cursos correspondientes, los vídeos quedan permanentemente publicados en abierto a través de Canal UNED y del Canal de UNED en Youtube. Está previsto solicitar a la Editorial UNED la publicación de un libro electrónico por curso, que incluya los textos y vídeos correspondientes. El libro será de formato ePUB 3.0 y será accesible conforme a los estándares correspondientes.

La actividad del Canal Fundación ONCE ha traído aparejada una mejora de la accesibilidad web de la plataforma MOOC OpenEdX, que utiliza UNED Abierta. Además, dichas mejoras se han

compartido con la comunidad *open source* OpenEdX, con el objetivo de hacer sostenible el proyecto y de que cualquier usuario de esta plataforma, esté donde esté, se beneficie de las mejoras de accesibilidad.

Los materiales producidos, junto con el correspondiente diseño instruccional sobre OpenEdX, constituyen los cursos que se han producido (3 en total) y que se han ofrecido hasta el momento. Si bien el análisis cualitativo y preliminar parece indicar que los resultados y la satisfacción de los participantes son positivos, es necesario aplicar técnicas de *learning analytics* para confirmar lo anterior y, sobre todo, para identificar en qué áreas debe mejorarse la tecnología y/o los recursos pedagógicos que se están empleando para atender a cada estudiante de acuerdo con sus necesidades.

5. Agradecimientos

Canal Fundación ONCE en UNED Abierta está financiado por Fundación ONCE y el Real Patronato sobre Discapacidad, del Ministerio de Sanidad, Asuntos Sociales e Igualdad del Gobierno de España.

6. Referencias

- [1] Coughlan, Tim; Rodríguez-Ascaso, Alejandro; Iniesto, Francisco and Jelfs, Anne (2016). "OLA! A ScenarioBased Approach to Enhance Open Learning Through Accessibility. In: Computers Helping People with Special Needs". Proceedings of the 15th ICCHP conference, Lecture Notes in Computer Science, Springer, pp. 445–452.
- [2] Rodríguez-Ascaso, A., & Boticario, J. G. (2015). "Accesibilidad y MOOC: Hacia una perspectiva integral". RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, 18(2).
- [3] W3C. (2008). "Web Content Accessibility Guidelines 2.0". W3C
- [4] CEN, CENELEC, ETSI. "Accessibility requirements suitable for public procurement of ICT products and services in Europe v1.1.2". (2015). CEN, CENELEC, ETSI.
- [5] INE. (2011). Proyecciones de Tasas de Actividad Globales y Específicas por Grupos de Edad y Sexo 2011-2026. INE. Disponible en: http://www.ine.es/daco/daco42/daco4211/proyecciones/ep_a_proyec_2011-2026.pdf
- [6] Department of Justice. (2015). Justice Department Reaches Settlement with edX Inc., Provider of Massive Open Online Courses, to Make its Website, Online Platform and Mobile Applications Accessible Under the Americans with Disabilities Act. Department of Justice. Disponible en: <https://www.justice.gov/opa/pr/justice-department-reaches-settlement-edx-inc-provider-massive-open-online-courses-make-its>
- [7] OpenEdX. (2016). OpenEdX Accessibility features. OpenEdX. Disponible en: <https://open.edx.org/features-roadmap/accessibility/all>
- [8] Letón E., Chaos D., Rodrigo C. & Rubio M.Á. (2015). "Realización de mini-libros electrónicos modulares". XX Congreso Internacional de tecnologías para la Educación y el Conocimiento.
- [9] Letón E. & Molanes-López E.M. (2014). "Two new concepts in video podcasts: minimalist slides and modular teaching mini-videos". Proceedings of the 6th International Conference on Computer Supported Education, 292-297.
- [10] Letón E. & Molanes-López E.M. (2015). "Conceptos básicos de un mini-vídeo docente modular". Editorial UNED, ISBN: 978-84-362-5700-7.
- [11] IDPF. (2016). "EPUB 3 Accessibility Guidelines". Disponible en: <https://idpf.github.io/a11y-guidelines/> A.B. Pérez, C.D. García, y E.F. Martínez, "Título del artículo", *Revista*, Editorial, Localidad, Fecha, pp. 1-10.
- [12] AENOR. (2007). "UNE 139804:2007 Requisitos para el uso de la Lengua de Signos Española en redes informáticas."
- [13] AENOR. (2012). "UNE 153010:2012 Subtitulado para personas sordas y personas con discapacidad auditiva".
- [14] A. Rodríguez-Ascaso, M.A. Córdova, V. Goyanes. (2017). "Canal Fundación ONCE @ UNED: OpenEdX accessibility in practice". OpenEdX Conference 2017. Disponible en: <https://openedx2017.sched.com/event/9zf0/canal-fundacion-once-uned-open-edx-accessibility-in-practice>
- [15] A. Rodríguez-Ascaso, C. Finat, J. G. Boticario, E. Gutiérrez y Restrepo. (2013). "Serie de videos: Productos de apoyo y tecnologías de la información y las telecomunicaciones", CEMAV-UNED. Disponible en: https://www.youtube.com/playlist?list=PLEMws_mSrr4L1bNhHpeccU0ztzEqCNieY
- [16] Katy Jordan. (2015). Massive Open Online Course Completion Rates Revisited: Assessment, Length and Attrition. The International Review of Research in Open and Distributed Learning. Disponible en: <http://www.irrodl.org/index.php/irrodl/article/view/2112/3340>
- [17] Ho, Andrew Dean and Chuang, Isaac and Reich, Justin and Coleman, Cody Austun and Whitehill, Jacob and Northcutt, Curtis G and Williams, Joseph Jay and Hansen, John D and Lopez, Glenn and Petersen, Rebecca. (2015). "HarvardX and MITx: Two Years of Open Online Courses Fall 2012-Summer 2014". Disponible en: <https://ssrn.com/abstract=2586847>

Ability Connect. Herramienta para el aula, dirigida a estudiantes con discapacidades diversas, especialmente discapacidades que afectan al aprendizaje

Martínez Maciá, Domingo

domingo.martinez@ua.es

Fernández Gil, José María

Josema.fernandez@ua.es

Centro de Apoyo al Estudiante. Universidad de Alicante.

Resumen

Las TIC aparecieron en los 80 en Educación creando muchas expectativas. Incluso, todavía los informes hablan de que es un área prometedora. En los comienzos, las TIC sirvieron para replicar metodologías docentes clásicas en las aulas. Aunque los informes hablaron de sus beneficios, pronto emergieron algunas dificultades. Por ejemplo, las personas con necesidades especiales tuvieron que manejar escenarios educativos donde las TIC se implantaron sin tener en cuenta el diseño universal o el diseño para todos. Por este motivo se creó Ability Connect, una aplicación para fortalecer la comunicación entre los estudiantes con necesidades especiales en escenarios educativos con problemas de accesibilidad. El programa permite a los estudiantes con problemas de audición, visuales y dislexia leer lo que los profesores presentan en el aula, en tiempo real.

Abstract

IT appeared early in the 80's within the education field with many expectations. Yet, reports said it's still a promising area. In the beginning, IT was a tool to repeat classical methodologies in classrooms. Although reports talked about its benefits, soon many difficulties were seen. For instance, people with special needs were struggling with IT scenarios where design for all or universal design were not taken into account. That's why Ability Connect is made for, an application to enhance communication between students with special needs and educational IT frameworks with

accessibility problems. The software allows students with hearing impairments, visual impairments and dyslexia to easily read what teachers are saying in the classroom, in real time.

1. Introducción

Desde la aparición de los primeros computadores personales para el público en general en la década de los 80, las instituciones educativas han ido incorporando las TIC paulatinamente. Su aplicación se ha ido concretando en las dos últimas décadas en:

- Facilitar la administración docente.
- Reproducir contenidos docentes tradicionales, en formatos multimedia.
- Fomentar el aprendizaje de aplicaciones informáticas básicas de oficina y otras más específicas.
- Crear ambientes de aprendizaje enriquecidos.
- Facilitar la comunicación asíncrona.

Las TIC se postularon en aquellos momentos, idealmente, como herramientas clave en la modernización de la educación (Coll, 2007 [1]). Así, entre los beneficios de las TIC en la Educación se mencionaron:

- Motivadoras del aprendizaje
- Dinamizadoras de la docencia y la participación del estudiante
- Ejemplificadoras de situaciones complejas, modeladoras
- Fomentadoras de habilidades prácticas
- Facilitadoras de acceso a la información

El informe del European Schoolnet, 2006 [2] analizó el impacto de las TIC en la educación en dos ejes principales:

- Los estudiantes y sus resultados de aprendizaje
- Los docentes y sus métodos de enseñanza

Numerosos beneficios se señalaron en el informe sobre la motivación y la participación de los estudiantes, su mejora en diversas disciplinas, la mejora en el trabajo en el equipo y para los docentes en la gestión, en la colaboración con compañeros o en su competencia digital, entre otros.

Sin embargo, todavía no se ha obtenido el mejor provecho creativo de las TIC en las aulas. Las clases siguen mayoritariamente el patrón de la docencia tradicional con lecciones magistrales. En este sentido las aulas se han modernizado con las TIC, pero la docencia basada en metodologías centradas en la exposición magistral, no fomentando la creación activa de conocimiento, sino más bien, perpetuando la actitud de los estudiantes como consumidores pasivos de información, sigue siendo predominante.

La política educativa centró, en un primer momento, sus esfuerzos en la adquisición de equipamiento informático, reproduciendo el esquema clásico de trabajo en el aula. Esa directriz desde sus inicios no ha tenido en cuenta la repercusión en la participación de personas con diversidad funcional. Esta práctica propició la creación de nuevas barreras, barreras digitales de exclusión antes que la inclusión de colectivos de estudiantes con características extraordinarias. La desigual implementación de planes de desarrollo y aplicación TIC contribuyó a una baja explotación de las posibilidades que ofrecen.

Habitualmente, profesores y estudiantes en general, emplean las TIC para hacer lo mismo de siempre, pero de forma más eficiente. Básicamente para presentar información o para recuperar información.

De la excitante emoción de las posibilidades que abrían las TIC en la Educación en los comienzos se pasó a la angustiada ansiedad de docentes por ser competentes tecnológicamente y de estudiantes por comprender qué hacer con tantos medios y tanta información. Afortunadamente la situación ha ido mejorando progresivamente pero aún constituye un reto para los educadores, alumnos y la misma institución educativa. Uno de los retos es cómo aplicar las TIC de forma universal, de modo que no excluyan a nadie. Ya que en sus comienzos sólo se tuvo en cuenta al usuario estándar, han provocado la aparición de nuevas barreras. Así, la utilización de las presentaciones electrónicas en la práctica docente se convirtió en una barrera para estudiantes con problemas de visión y ceguera, por ejemplo, que no podían beneficiarse de las ventajas de las representaciones visuales como el resto de estudiantes. El profesorado *abrió* los ojos a la utilidad de las representaciones visuales para

exponer sus ideas, pero olvidó *cerrarlos* para comprender cómo los estudiantes con baja visión o ceguera no podían seguir esas explicaciones al basarse casi exclusivamente en la vía visual. En la práctica, las TIC introdujeron nuevas barreras.

La Educación está inmersa, por tanto, en un proceso de cambio continuo, con nuevos currículos y prácticas educativas, instrumentos y objetivos que han de tener en cuenta desde el principio a los destinatarios: los estudiantes y su diversidad social, cultural y personal. La tarea principal es lograr que todos los alumnos mejoren sus aprendizajes con la utilización de las tecnologías de la información (OEI, 2016, [3]), sin excepciones, pero teniendo en cuenta los retos que plantean para todos los implicados.

2. La diversidad en el aula

Los fenómenos de globalización han poblado las aulas con una riqueza cultural y diversidad de estudiantes con características funcionales muy variadas. Estudiantes procedentes de clases desfavorecidas económicamente, de culturas diferentes, de religiones diferentes o de condiciones de salud especiales, se dan cita en las aulas de todo el país.

El uso de las tecnologías de la información para las personas con diversidad funcional abre un universo de posibilidades. Suponen un elemento fundamental para la consecución de objetivos académicos, pero también para la socialización y la integración en la comunidad universitaria.

Sin embargo, los estudiantes con discapacidad se enfrentan no sólo al reto del aprendizaje de los contenidos y del manejo de las TIC sino también a la dificultad de acceder a herramientas y entornos poco o nada accesibles. La implantación de las TIC en las aulas supone cambios metodológicos y cambios significativos para todos, pero especialmente para los estudiantes con discapacidad supone trabajar entornos nuevos que requieren habilidades, estrategias, aptitudes específicas que se han de entrenar para acceder a la información que supone aprendizajes nuevos cada día (GARCÍA, 2006 [4]).

Por tanto, conviene programar todos los espacios y las actividades educativas desde una visión de diseño universal o de diseño para todos. El uso de las TIC como una mera traslación del modelo tradicional de lección magistral al mundo digital a través de presentaciones multimedia no ha significado la inclusión de estudiantes con diversidad funcional sino más bien ha propiciado la aparición de más inconvenientes y más barreras. A menudo estas presentaciones incluyen muchos elementos visuales que necesitan de explicaciones adicionales para ser comprensibles y útiles. De manera que incluirlas en la práctica docente exige un marco metodológico incluyente, válido para la diversidad de estudiantes

presente en el aula, donde la información sea accesible multimodalmente para todos.

3. Ability Connect

En la Universidad de Alicante, siendo conscientes de esa situación, se abordó el diseño y programación de una aplicación informática que permitiera acceder a la información en el aula a estudiantes con diversidad funcional. Así con el apoyo de la Fundación Vodafone, se presentó la aplicación Abibility Connect (FERNÁNDEZ G., 2016 [5]).

Abibility Connect es una aplicación desarrollada para Android e iOS (iPhone/iPad). Se trata de una aplicación informática para favorecer la comunicación alternativa y aumentativa que permite superar algunas barreras en el proceso de enseñanza aprendizaje dentro del aula. Es una aplicación gratuita que permite la comunicación en tiempo real de varios dispositivos TIC a través de Bluetooth sin necesidad de una conexión a internet -aunque también se puede utilizar mediante Wi-Fi o Datos móviles- y que cuenta con características avanzadas de visualización de contenido para adaptarse a las necesidades de varios colectivos de personas con discapacidad.

Permite los siguientes modos de visualización de contenidos:

-Visualización completa: Es posible configurar el color del fondo y del texto para mejorar el contraste y seleccionar el tamaño y el tipo de fuente para mejorar la legibilidad del contenido.

-Visualización palabra a palabra: Se trata de un modo de visualización 'palabra a palabra' en el cual irá apareciendo en la pantalla el contenido palabra a palabra, pudiéndose configurar, además de las opciones del modo completo, la velocidad de aparición de las palabras. En cualquier momento se podrá retroceder, pausar y avanzar por el contenido manualmente. La visualización palabra a palabra está pensada especialmente para personas con baja visión que no tendrán que estar ampliando la interfaz y para personas con problemas de lecto-escritura, como la Dislexia, puesto que evitará confusiones derivadas de la disposición de las palabras en el texto.

-Lectura de texto con visualización adaptada: Además, podremos pegar textos desde el portapapeles (artículos, apuntes...) para leerlos en el modo de visualización palabra a palabra.

Además el contenido de las sesiones, tanto en el modo cliente como en el modo servidor, serán guardadas automáticamente en el dispositivo para su posterior consulta a través de los diferentes modos de visualización disponibles.

¿Para qué puede utilizarse?

-Habitualmente, un compañero de clase/tomador de apuntes anota apuntes de lo que sucede en la pizarra y de lo que dice el profesor y, en tiempo real, el

estudiante con necesidades específicas de apoyo educativo puede leer el contenido que está introduciendo la otra persona.

-Traducción de idiomas: la traductora escribe en la aplicación emisora y la persona lo puede ver o leer en tiempo real en su idioma.

-Para realizar subtítulo en eventos, una persona puede estar escribiendo en el dispositivo emisor lo que se dice y en el dispositivo receptor, que puede estar conectado a una pantalla u otro dispositivo de visualización, podrá seguirse en tiempo real también de lo que se está hablando.

4. Uso de Ability Connect en el aula

A lo largo del curso académico 2016/2017 se ha aplicado en la Universidad de Alicante en los siguientes casos.

Caso 1: Estudiante con sordoceguera de Grado en Trabajo Social: Estudiante que padece Síndrome de Usher. En la práctica supone dificultades auditivas y visuales que le impiden ver la pizarra con normalidad y escuchar las explicaciones del profesorado. Se apoya con ILSE para comunicarse.

El Centro de Apoyo al Estudiante contactó con un compañero tomador de apuntes para el seguimiento de las clases a través de un Ipad Pro con Ability Connect.

El estudiante con necesidades de apoyo, conectaba su dispositivo móvil al del tomador de apuntes y recibía todas las notas que la compañera escribía en tiempo real. Permiéndole también guardar las sesiones para posteriores comprobaciones.

De esta manera se evitaba la pérdida de información y se paliaba moderadamente los efectos de mantener el estudiante la atención dividida entre el ILSE, el profesor y sus compañeros.

La valoración de la utilidad de la herramienta por parte del usuario fue extraordinaria y apuntó incluso áreas de expansión de la aplicación.

Caso 2: Estudiante con dislexia de Historia Estudiante con diagnóstico de Dislexia, dificultad manifiesta en la lecto-escritura, de Grado en Historia. Habitualmente utilizaba la grabación de las clases como herramienta de toma de apuntes, lo cual significaba la inversión de importantes horas de trabajo para la transcripción y el repaso de las sesiones.

En colaboración con el Centro de Apoyo al Estudiante de la Universidad de Alicante, se contactó con un compañero tomador de apuntes.

La estudiante con necesidades específicas de apoyo educativo, podía seguir las clases sin la ansiedad habitual de querer tomar notas para repasar en casa y no poder por sus dificultades manifiestas en la lectura y escritura. De modo que podía concentrarse en la explicación mientras el tomador

de apuntes guardaba las notas del profesor. La estudiante con dislexia, podía en casa, revisar y estudiar los apuntes, ajustando el formato de visualización del texto a sus características personales de número de palabras visualizadas a la vez, velocidad de presentación, tipografía de letra y espaciado de caracteres, entre otros.

5. Conclusiones

A través de Ability Connect hemos conseguido paliar las dificultades de acceso a la información oral de personas con problemas auditivos, de lectura y escritura y de baja visión en la Universidad de Alicante (MARTÍNEZ, FERNÁNDEZ, 2016 [6]).

Los usuarios señalan como beneficios: poder seguir las explicaciones del profesor con la tranquilidad de tener copia de los apuntes para su posterior revisión y las diferentes formas de presentación de la información.

Por otro lado, señalan áreas de mejora como añadir nuevas funcionalidades que favorezcan el trabajo y el estudio como la generación de textos con etiquetas de marcado para la navegación y la posibilidad de introducir representaciones gráficas.

En un futuro próximo se introducirá como apoyo para estudiantes con trastorno del espectro autista, síndrome de Asperger y con discapacidad motriz.

6. Referencias

[1] COLL, C. (2007). TIC y prácticas educativas: realidades y expectativas. Ponencia magistral presentada en la XXII Semana Monográfica de Educación, Fundación Santillana, Madrid, España. Disponible en <http://www.oei.es/tic/santillana/coll.pdf>

[2] EUROPEAN SCHOOLNET (2006). "Impacto de las TIC en Escuelas Europeas. *Comisión Europea sector de las TIC*. Disponible en http://ec.europa.eu/education/pdf/doc254_en.pdf

[3] CARNEIRO, R.; TOSCANO, J.C.; DÍAZ, T. (coord) (2016). Los desafíos de las TIC para el cambio educativo. *Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura. AECID*. – Fundación Santillana.

[4] GARCÍA VILLALOBOS, J. (2006): Acceso a las TIC para alumnos con discapacidad visual. Ministerio de Educación y Ciencia. Disponible en <http://ares.cnice.mec.es/informes/17/contenido/11.htm>

[5] FERNÁNDEZ G., JOSÉ M.(2016): *Ability Connect*. Universidad de Alicante. Disponible en <https://web.ua.es/es/accesibilidad/tic-accesibles/ability-connect.html>

[6] MARTÍNEZ M., DOMINGO; FERNÁNDEZ G, JOSÉ M. (2016): Guías de TIC Accesibles y Educación Inclusiva. Universidad de Alicante. Disponible en <https://web.ua.es/es/accesibilidad/educacion-inclusiva.html>

7. Derechos de autor

El autor o los autores de los artículos presentados como soporte documental para sus intervenciones en el Congreso, en el mismo acto de enviarlos para su aprobación, aceptan la cesión de los derechos de autor sobre los mismos para su publicación en el libro de actas del Congreso.

Sistema de comunicación y reconocimiento de señalética en entornos cerrados y abiertos para personas ciegas

Larisa Dunai Dunai*, Ismael Lengua Lengua, Guillermo Peris Fajarnés, Beatriz Defez García
Universitat Politècnica de València
*Ladu@upv.es

Resumen

El presente artículo describe el desarrollo de un Sistema de detección y reconocimiento de señalética para entornos cerrados como externos. Mediante la inteligencia artificial y el procesamiento de imagen se ha creado una aplicación capaz de reconocer las imágenes como ejemplo SALIDA DE EMERGENCIA, BAÑO MUJER, BAÑO HOMBRE, etc., que permita a las personas ciegas a identificarlos. Mediante voz sintética, el sistema le comunica a la persona el significativo de cada imagen, El sistema está integrado en unas gafas de sol diseñadas por el equipo adaptadas a la ergonomía a de la cara de las personas, una micro cámara para la adquisición del entorno, un sistema de procesamiento del tamaño a una tarjeta de crédito y unos auriculares óseos para dejar libre el sistema auditivo. El sistema tiene una certeza de 99%.

Abstract

The present paper describes the development of a system that detects and recognizes signage in closed and open environment. A application has been developed able to detect and recognize signage as: EMERGENCY EXIT, BATHROOM FOR MAN or BATHROOM FOR WOMAN, etc., through an artificial intelligence and image processing, that allow blind people to perceive and identify them. The communication through the system and the user is a synthetic speech. The system is implemented in a pair of sun glasses designed based on the human face ergonomics, a micro camera as an environment acquisition system, a processing system that have the dimensions of a credit card and bone conduction headphones. The system has a 99% of accuracy.

1. Introducción

La inteligencia artificial es en día de hoy una de las disciplinas más extendidas en la vida cotidiana. El uso de las nuevas tecnologías hace que dicha disciplina sea presente en todas partes, desde los móviles, ordenadores, hasta juguetes. El simple gesto de hacer una llamada, ver una foto o retocar una foto, tiene detrás una serie de algoritmos basados en el procesamiento de imagen y/o el procesamiento de señales. El procesamiento de imagen se ha desarrollado e implementado con fines educativos, científicos, así como con fines de ocio y seguridad. En las últimas décadas, la inteligencia artificial se ha introducido en los sistemas o productos de seguridad y sistemas de monitorización y ayuda a las personas. Unos de los sistemas más innovadores para la mejora de la vida cotidiana de las personas con alguna discapacidad son las aplicaciones que permiten a los niños o personas con autismo a aprender como controlar su entorno o su vida diaria [1], aplicaciones para tener monitorizados los pacientes mayores con su medico o que les recuerde que es el tiempo de tomarse las pastillas [2], aplicaciones para reconocer los billetes de euro [3], dólares [10], u otras monedas del mundo, sistemas para ayudar a las personas ciegas a percibir el entorno mediante sonidos acústicos [4] u otros, incluso detectar o reconocer caras [6], etc.

Con respecto a los sistemas de detección y reconocimiento de la señalética se han desarrollado muchas aplicaciones para los coches y menos para las personas con discapacidad visual, ya que al ser un sistema de lo cual depende la vida humana es más costoso y arriesgado. Como sistemas de navegación para personas ciegas encontramos trabajos [7] que desarrollan una aplicación basada en el reconocimiento de caracteres. En su sistema, utilizan los algoritmos de reconocimiento óptico de caracteres OCR y un sintetizador de voz.

El presente trabajo describe un método de reconocimiento de señalética basada en los algoritmos de Viola y Jones [8] para la detección de las señales y los algoritmos de reconocimiento basado en los métodos SURF y BRISK. El artículo esta organizado de la siguiente forma: en el Capitulo dos se describen los métodos de desarrollo, la tecnología utilizada y los algoritmos de procesamiento; en el capítulo tres se describen los resultados experimentales del sistema propuesto y en el capítulo cuatro se describen las conclusiones del trabajo.

2. Métodos

2.1. Equipamiento

El hardware del Sistema de detección y reconocimiento de señalética está compuesto por una electrónica para el sistema de procesamiento que es una Raspberry pi 3, una micro cámara spy de Adafruit, una batería portable, unos auriculares óseos y unas gafas de sol diseñadas especialmente para el sistema, ver Figura 1. La Raspberry pi 3 con sus características de tamaño reducido permite que el sistema sea portable y ligero. La Raspberry Pi 3 tiene una CPU BCM2837 de 64 bits con 4 núcleos y 1.2Gh de Broadcom. Tiene 1 GB de memoria RAM, WIFI y Bluetooth integrados que permite la conexión y procesamiento de imágenes a alta velocidad.

La spy micro cámara diseñada por Adafruit, es una cámara con dimensiones de 8,5 mm x 11,3mm, con el diámetro de la lente de 7,4mm. La cámara se conecta con la Raspberry Pi mediante un cable CSI de 16 pines que permite que la cámara sea de alta velocidad. La cámara no tiene los filtros infrarrojos, lo que permite que la cámara tenga más calidad de las imágenes en entornos luminosos y pueda grabar imágenes de alta resolución en entornos oscuros. Las cámaras son de foco fijo, tienen una resolución de 5 megapíxeles.

Los auriculares de conducción óseos tienen unos transductores de 300-19000Hz y están dotados con un micrófono unilateral. Los auriculares se colocan en la posición delantera del oído haciendo pasar los sonidos que crean los transductores mediante los huesos de la mejillas al oído interno, alcanzando la cóclea del oído sin usar el tímpano. Los auriculares tienen una sensibilidad de 100 dB.

La interfaz de comunicación se desarrolló para Android. El botón de comando de la aplicación ocupa un 75% de la pantalla del móvil. El botón, esta diseñado para que al hacer un doble toque sobre la pantalla se conecte el sistema de comunicación por voz del sistema, mediante la cual el usuario interviene.

Mediante comandos de voz, el usuario / la persona invidente solicita al sistema el comando de reconocimiento de señales “reconocer señal”. La

ventana de respuesta esta compuesta por dos ventanillas de texto: en la primera ventana, el sistema representa en forma textual la orden solicitada y en la segunda ventana reproduce la respuesta al comando.

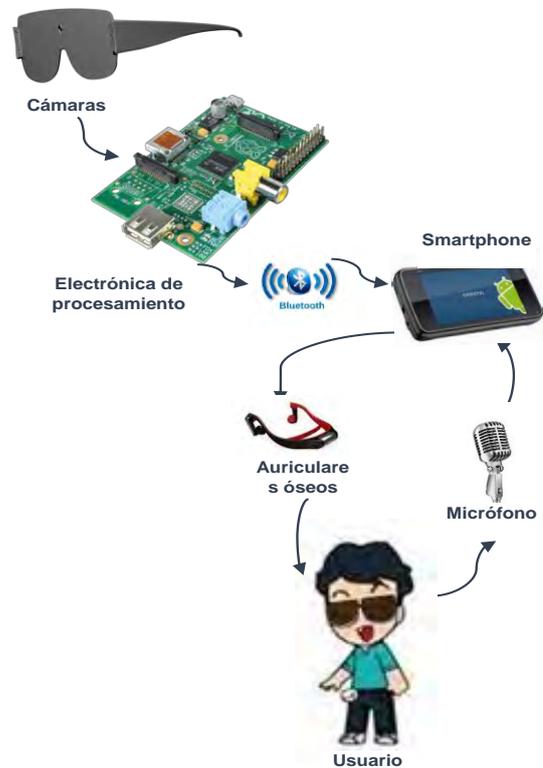


Figura 1. El hardware del sistema de detección y reconocimiento de señalética.



Figura 2. Interfaz gráfica del sistema de comunicación con el usuario.

En caso en el que el sistema no ha reconocido el comando de reconocer señal o el sistema no esta en

funcionamiento, en la primera ventana textual el sistema reproduce “orden no reconocida”, “ la Raspberry pi no está funcionando”.

Para una mejora comunicación con las personas ciegas, el sistema al mismo tiempo que realiza el mensaje textual del comando, reproduce mediante voz sintética el resultado del comando.

2.2. Detección de señalética

El proceso de detección reconocimiento se basa en los algoritmos de procesamiento de imagen utilizando los algoritmos de detección de Viola y Jones [8], [9] y los algoritmos de matachín SURF y BRISK.

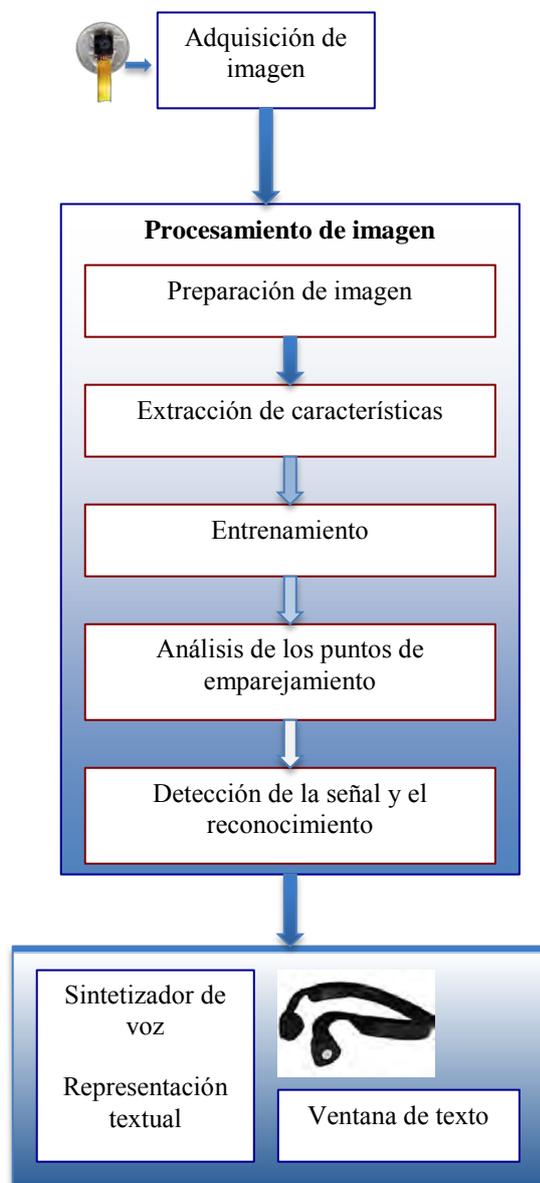


Figura 3. Proceso de Detección y reconocimiento de señales.

Inicialmente el sistema utiliza los algoritmos de detección de las imágenes, recortando solo la imagen de la señal creando un rectángulo alrededor de la imagen.

Los algoritmos de Viola y Jones disminuye considerablemente el tiempo de procesamiento ya que el método detecta las características comunes de las imágenes o de los objetos de la imagen a partir de un set de imágenes de entrenamiento. El método analiza el número de rectángulos aplicado a un rectángulo de la imagen. el algoritmo funciona en escala de grises, de esta forma reduce drásticamente el tiempo de procesamiento.

Los rectángulos que analizan la imagen están alineados horizontalmente y verticalmente donde el valor de las características se basa en sumar todos los pixeles de las regiones grises.

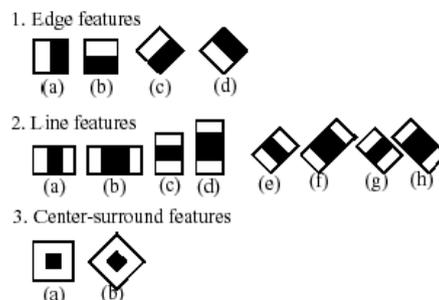


Figura 4. Las características Haar modificadas (Fuente Lienhart & Maydt, 2002)

Con las modificaciones realizadas sobre el algoritmo de Viola y Jones, ver Figura 4, Liendhart y Maydt han obtenido un incremento de velocidad de procesamiento y tasa de aciertos en un 10%.

Para la selección de las características de clasificación se ha empleado los algoritmos de boosting llamado Gentle Adaboost.

Dicho algoritmo se utiliza con el fin de integrar los clasificadores pequeños y simples en cascada, puesto que las características Haar son de tamaños diferentes según el tamaño de los rectángulos. En una imagen de 24x24 pixeles se pueden aplicar más de 180000 características Haar diferentes.

Es decir que el algoritmo Gentle Adaboost busca un número pequeño de características positivas que no tiene una variación significativa. De esta forma asigna unos pesos a cada muestra seleccionada y selecciona la característica que mejor clasifica las muestras en función de los pesos.

El clasificador Adaboost tiene como umbral inicial:

$$\theta = \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \alpha_t \quad (1)$$

Donde T son las características deseadas y α es el valor asignado a cada característica T .

El proceso de clasificación de las características se basa en cascadas de clasificadores.

Empleamos un clasificador de 25 etapas donde cada etapa tiene una tasa de aciertos de 99,9% y la tasa de falsos positivos de un 50% para el proceso de entrenamiento del sistema.

La detección se realiza para imágenes de 80x40 píxeles.

Para el reconocimiento de señales se ha empleado la técnica SURF y BRISK. Mediante las técnicas SURF y BRISK se compararán las imágenes en tiempo real de las señales con varias muestras de cada tipo y se determina cuál es el más parecido.

Se computan todas las muestras extrayendo sus puntos de interés y descriptores guardándose en un archivo para poder acceder a los datos para el reconocimiento. Para realizar el reconocimiento es importante realizar la obtención de los puntos de interés de las muestras.

Se han preparado cuatro imágenes de muestra de cada tipo de señal, todas con iluminación diferente.

Para realizar la extracción de los puntos de interés y valorar los cambios locales alrededor del punto, el algoritmo utiliza un detector de blobs basado en la matriz Hessiana. Dicho determinante se utiliza también para seleccionar la escala.

Dado un punto $p(x,y)$ de la imagen integral I , se calcula la matriz Hessiana $H(p,\sigma)$ en el punto p con escala σ , donde los valores $L_{xx}(p, \sigma)$ hasta $L_{yy}(p, \sigma)$ son las derivadas de segundo grado de la imagen en escala de grises.

$$H(p, \sigma) = \begin{pmatrix} L_{xx}(p, \sigma) & L_{xy}(p, \sigma) \\ L_{xy}(p, \sigma) & L_{yy}(p, \sigma) \end{pmatrix} \quad (2)$$

$L_{xx}(p, \sigma)$ es la convolución de la derivada parcial de segundo grado de la Gaussiana $\frac{\partial^2}{\partial x^2} g(\sigma)$ con la imagen I en el punto p . Lo mismo ocurre para $L_{yy}(p, \sigma)$ y $L_{xy}(p, \sigma)$.

Debido a que los puntos de interés deben de ser encontrados a diferentes escalas, se amplía los filtros de cajas de diferentes tamaños que permite una rápida evaluación de las derivadas parciales Gaussianas de segundo grado.

Es decir que la localización de los puntos de interés en el espacio de escalas, se determina mediante la aplicación de la matriz de vecindad Hessian de 3x3x3. La operación permite encontrar

los máximos que posteriormente interpolan en escala y espacio de imagen. Para obtener las invariantes de rotación el descriptor de las regiones vecinas identifica la orientación dominante aplicando en filtro Wavelet de Haar.

De este modo la escala σ se recalcula para cada iteración conforme:

$$\sigma_{aprox} = C_{urentfiltersize} * \left(\frac{BaseFilter Scale}{BaseFilter Size} \right) \quad (3)$$

Una vez localizados los puntos de interés, se utiliza un descriptor para proporcionar más información sobre el punto de interés, así como distribución de luminancia de los píxeles contenidos en el vecindario de tamaño n que rodea el punto de interés.

Se describe la región del punto de interés de tamaño 20, y se divide en regiones de 4x4. Para cada subregión de 4x4 se calcula el vector v .

$$v = (\sum dx, \sum dy, \sum |dx|, \sum |dy|) \quad (4)$$

Finalmente terminamos el reconocimiento de las señales aplicando el las coincidencias de dos imágenes.

Para determinar los puntos de coincidencia se utiliza Fast Library for Aproximate Nearest Neighbors FLANN.

Para realizar el matching se utiliza la técnica k-vecinos más cercano optimizada para características de alta dimensionalidad. Se seleccionan k puntos de interés de la imagen detectada para cada punto de interés de la muestra ordenados por menor distancia. Para realizar la eliminación de coincidencias se aplica el ratio de Lowe [11], que determina si el ratio de distancia entre una pareja de puntos es mayor a 0.8, se elimina ya que presenta un candidato con mayor coincidencia falsa.

3. Resultados

En este trabajo se han estudiado las imágenes de interior como salida de emergencia o las señales de los curators de baño de mujeres y curators de baño de los hombres. Las imágenes para la base de datos para la realización de entrenamiento se han recopilado de internet y hacienda fotos de alta calidad de las imágenes del entorno de la Universidad Politecnica de Valencia, ver Figura 5.

Por otro lado cada imagen seleccionada se ha modificado con una serie de imágenes de entornos diferentes tanto de entornos cerrados como de

entornos abiertos. Se ha descargado un paquete de 2000 imágenes de fondos como despachos, arboles, pasillos, parques, et, para convolucionarlas con las imágenes originales.



Figura 5. Ejemplos de imágenes

Una vez convolucionadas las imágenes originales con las negativas, se han entrenado creando así los patrones de reconocimiento.



Figura 6. Las dos imágenes diferentes de la señal de SALIDA.



Figura 7. Procesamiento de la nueva imagen captada por la cámara.

En la Figura 6 se representan las dos imágenes que se suponen a la detección y reconocimiento.

Una vez la cámara capta la imagen la procesa y le dibuja un rectángulo alrededor de la imagen, ver Figura 7.

Una vez detectada la imagen correspondiente se aplican los algoritmos de matching BRISK y SURF.

Los dos algoritmos detectan los puntos de interés entre ambas imágenes, la original de la base de datos y la imagen tomada por la cámara.

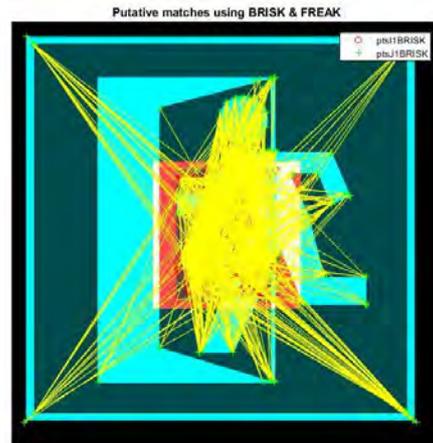


Figura 8. Resultado del proceso de búsqueda de puntos de interés entre dos imágenes se la señal de SALIDA.

Como se puede observar, los algoritmos BRISK detectan todos los puntos posibles de coincidencia, desde los puntos de intersección de los rectángulos de la imagen hasta el último detalle de la imagen.

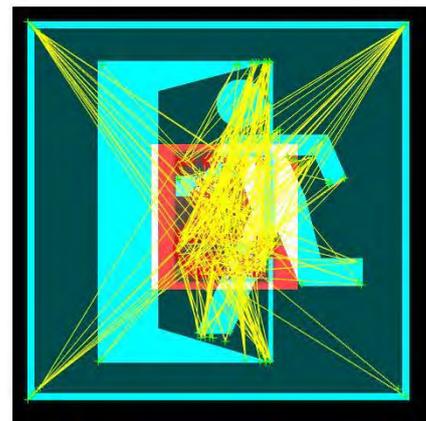


Figura 9. Los resultados de los algoritmos SURF.

Como resultado entre los dos algoritmos, se puede observar que el método BRISK obtiene una precisión mucho más alta que los algoritmos SURF.

Una vez los dos algoritmos finalizan y detectan los puntos de interés, se devuelve al usuario el nombre de la imagen que más porcentaje de aciertos tiene con la imagen tomada por la cara en tiempo real.

4. Conclusiones

El artículo presente describe un Sistema de detección y reconocimiento de señalética tanto de entornos abiertos como de entornos cerrados, en tiempo real para las personas ciegas. El sistema utiliza dos algoritmos de reconocimiento SURF y BRISK que permite una mayor probabilidad de acierto. Para el sistema de detección se utilizan los algoritmos desarrollados por Viola y Jones modificados.

El sistema está compuesto por una micro cámara spy conectada a la plataforma de procesamiento que es una electrónica de tamaño a una tarjeta de crédito.

5. References

- [1] <https://autismodiario.org/2016/08/06/tempus-una-aplicacion-gratuita-para-ayudar-a-gestionar-el-tiempo/>
- [2] <http://www.smartherapy.org/las-mejores-apps-para-personas-mayores/>
- [3] L. Dunai, M. Chillaron-Perez, G. Peris Fajarnes, "Euro Banknote Recognition System for Blind People", *Journal of Sensors*, Vol. 17(1), 184, pp. 1 – 14, 2017
- [4] L. Dunai, G. Peris Fajarnes, E. Lluna Gil, B. Defez Garcia, "Sensory navigation device for blind people", *The Journal Of Navigation*, Vol. 1, 1 - 14, 2013
- [5] Navigation Framework Using Visual Landmarks and a GIS *Procedia Computer Science* 27:28–37 · December 2014
- [6] M. Chillaron, L. Dunai, "Novel face recognition system for blind people," proceedings of the 5th International Conference "Telecommunications, Electronics and Informatics ICETI 2015, pp. 282-285, 2015
- [7] Signage Recognition Framework for Visually Impaired People *of Mean Foong*
- [8] P. Viola, M. Jones, "Rapid object detection using a boosted cascade of simple features," *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2001C.P. [9]
- [9] Papageorgiou, M. Oren, T. Poggio, "A general framework for object detection," *Proceedings of the Sixth International Conference on Computer Vision ICV 1998*, pp. 555-562, 1998
- [10] F. Takeda, S. Omatu, "High speed paper currency recognition by neural networks," *IEEE Transactions on neural networks*, vol. 6, no. 1, pp.73-77, January 1995
- [11] Lowe, D.G. Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints. *Int. J. Comput. Vis.* 2004, 60, pp.91–110. [CrossRef]

Improving Interaction in Inclusive Mobile Collaborative Learning Tools: Synchronous Chat Applications

Rocío Calvo
Computer Department
Universidad Carlos III de
Madrid
Leganés, Spain
mrcalvo@inf.uc3m.es

Ana Iglesias
Computer Department
Universidad Carlos III de
Madrid
Leganés, Spain
aiglesia@inf.uc3m.es

Lourdes Moreno
Computer Department
Universidad Carlos III de
Madrid
Leganés, Spain
lmoreno@inf.uc3m.es

Resumen

Computer Supported Collaborative Learning Tools (CSCL) son herramientas muy útiles para los estudiantes y profesores porque permiten que se comuniquen entre ellos. Aplicaciones chats son unas de esas herramientas colaborativas. Los chats permiten a los estudiantes que se comuniquen y colaboren juntos. Este artículo es parte de una tesis doctoral cuyo objetivo principal es mejorar la interacción y accesibilidad de los chats en entornos m-learning. Esta tesis proporciona tres contribuciones: identificar los principales problemas de accesibilidad a los que las personas se encuentran cuando utilizan aplicaciones chat en entornos m-learning; especificar formalmente los requisitos que un chat accesible debería tener en entornos m-learning; y proporcionar una solución para mejorar la interacción de esas aplicaciones. Este artículo se centra en esta última contribución, la funcionalidad Pause/Refresh. Durante la investigación se identificó que la gente tenía problemas para seguir el flujo de la conversación, siendo éste el principal problema que la gente encontraba cuando utilizaba un chat. Para solventar este problema se propuso la funcionalidad Pause/Refresh que permitiría a las personas controlar la recepción de mensajes y mejoraría el flujo de la conversación. Para corroborar que esta nueva funcionalidad sería útil, 162 personas con y sin discapacidad participaron en diferentes experimentos en los que pudieron especificar su opinión respecto a esta nueva funcionalidad. Por último, 62 personas probaron un prototipo en un entorno m-learning que implementaba esta nueva funcionalidad. Los

resultados demostraron que esta nueva funcionalidad podía ser útil en entornos educativos y mejoraría la interacción.

Abstract

Computer Supported Collaborative Learning Tools (CSCL) are really useful for students and teachers to communicate with each other and share knowledge. One of these CSCL tools is Chat application. Chat apps are used in learning environments to communicate and collaborate with other students or teachers. This paper is part of a Ph.D¹. which main aim is to improve the chat's accessibility interaction in m-learning environments. This thesis provides three main contributions: identify the main accessibility barriers people face when using chat applications in m-learning environments; formally specify the main requirements that these applications have; and finally, provide an interaction solution to one of the most common problems people face. This paper focuses on this last contribution, the Pause/Refresh functionality. During this research it has been identified the main problem that people face when using chat applications. This problem is related to follow the Flow and Rhythm of the conversation. To solve this problem, a new feature is proposed, Pause/Refresh functionality. It

¹ Title: Accessible Collaborative Learning Environments for Mobile Devices. D^a María del Rocío Calvo Martín. Doctoral Program in Computer Science and Technology. Universidad Carlos III de Madrid.

could be included in Chat applications to control the reception of new messages and improve the Flow and Rhythm problem. To obtain user's feedback of this new functionality, a total of 162 people with and without disabilities specified their opinion about this new functionality in questionnaires or interviews; and 62 people tested this functionality in a simulated m-learning environment. The results shown that this proposed feature could be useful in m-learning environments.

1. Introduction

Mobile Devices (MDs) are useful for e-learning environments in develop and developing countries because they facilitate the mobility of learning [1]. One of the tools which is being used more and more lately is chat. However, they are not accessible for everybody [2]. People with disabilities can experience difficulties when they use mobile chats because it has accessibility barriers [3]. Moreover, people without disabilities can experience additional problems, because of the limitations of MDs [4]. Related chat applications, which include accessibility improvements, have been found in the literature review [5][6]; nevertheless, most of them do not follow a User Centered Design (UCD) approach and do not include accessibility requirements to improve the chat's interaction. Thus, the accessibility of chat applications for m-learning environments should be affected. This research is enshrined in a Ph.D. [7] which main aims are: (1) identify the barriers people with and without disabilities as well as elderly people face when they are using chat applications; (2) specify the requirements an accessible chat application should include to make it more inclusive; (3) improve the chat's interaction basing on standards and guidelines related to accessibility and m-learning environments. This paper is focused on this last contribution. It shows how the interaction of chat applications in m-learning could be improved with the *Pause/Refresh functionality*.

Next sections specify the literature review conducted. It includes previous accessibility barriers identified by previous researches as well as previous accessible chat applications. After that the *Pause/Refresh functionality* is explained and how a UCD process was conducted in order to identify if this functionality could be useful in m-learning environments. Finally, the results and conclusions are detailed as well as the future work that could be conducted.

2. Literature Review

The use of chat applications in m-learning environments has been studied by previous researches in order to understand how necessary these applications are as well as the accessibility barriers that

people with and without disabilities face when using these applications. Besides, previous researches have tried to create accessible chat applications in order to reduce the barriers that people face when using these applications. Next sections summarize the literature review in different areas related to our research line.

2.1. Accessibility guidelines and standards

M-learning environments have to follow standards and guidelines related to learning environments, for ICT software and mobile devices.

Regarding ICT, from the point of view of websites, W3C has developed guidelines to create accessible web content (Web Content Accessibility Guidelines WCAG 2.0) [8] The ISO organization has developed other standards to create accessible ICTs. For instance, ISO 9241-20 Accessibility guidelines for information/communication technology (ICT) equipment and services [9] which provide guidelines to improve the accessibility of ICT equipment and services; and the ISO 9241-171 Ergonomics of human-system interaction { Part 171: Guidance on software accessibility[10] provides ergonomics guidance and specifications for the design of accessible software for use at work, in the home, in education and public places.

From the point of view of mobile devices, these environments have to comply standards and guidelines related with mobile devices. W3C has developed some guidelines to guide in the creation of accessible mobile applications - e.g. Mobile Web Application Best Practices (MWABP) [11] and accessible applications Mobile Web Best

Practices (MWBP) 1.0 [12] - which propose recommendations to developers and designers to create accessible tools.

Some standards and guidelines have been created specifically for m-learning. UNESCO [13] has created some policy guidelines for mobile learning which include strategies to provide equal access for all. Furthermore, the ISO organisation has created other standards such as: the standard ISO/IEC TS 29140-1:2011 [14] which provides guidance regarding learning, education and training (LET) situations in which learners are nomadic; or ISO/IEC TR 29410 part2 [15] for m-learning which provides a learner information model specific to m-learning.

2.2 Importance of Chat Applications as Computer Supported Collaborative Learning

Nowadays students can select the best CSCL application for them depending on their necessities. There is a wide variety of applications students can use as a CSCL tool such as: Blogs, Wikis, Emails or Chat

Applications [16]. One of these tools is chat applications that help people communicate with each other in real time and sending messages. These tools are considered as one of the most useful CSCL tools for mobile devices [17]. Most recently, researches have corroborated this theory. For example, the study conducted in Hong Kong depicted students shown positive perception when using Whatsapp as a m-CSCL tool only when this tool was used in school hours [21].

2.3 Chat Accessibility Barriers

Chats present accessibility barriers for a huge variety of people. This tool presents even more specific problems than other ICT systems [2].

People who use screen readers have accessibility problems when the website is auto-refreshed continuously. As a result, the screen reader restarts and reads the page again [22]. Moreover, if a new Window is opened when a new button is pressed, the user could be disoriented. For example, users of WebCT and BlackBoard experience these problems [23]. Furthermore, if the updated content is not tagged properly, people who use screen readers can experience accessibility problems [5]. There are other problems which are specific of mobile devices. People without disabilities could experience the same accessibility problems when they use a mobile as the problems that people with disabilities face when they use a desktop computer [24].

One of the main accessibility problems that users experience when using chat applications is related to follow the *Flow and Rhythm* of the conversation. Users might have difficulties to communicate using chat applications because they cannot type messages or they cannot read messages as quickly as their colleagues.

In general, people who have problems with the use of some advanced functionalities or with the use of the keyboard cannot use chats efficiently [25]. Other people, who could have problems with the Flow and Rhythm of the conversation, are learners with dyslexia. They could feel embarrassed or shamed when they communicate using mobile devices [26]. Besides, if one of the emitters is not able to write quickly because he has cognitive or learning disabilities or is a foreigner, they could not follow the conversation easily [27].

2.4 Previous Accessible Chat Applications

There are some previous chat applications which have addressed some accessibility issues. Some previous chat applications have addressed some previous accessibility issues. They that have tried to improve the accessibility of chat applications are discussed below.

Table 1 shows a summary with the comparison these chat applications.

Chat	Improvements
Assistive Chat	Includes predefined words and sentences as well as converts text-to-speech and speech-to-text.
Melnyks Chat [28]	Includes shortcuts to read messages by screen readers.
Blappy [29]	Includes accessibility improvements such as: Zoom, Text-to-speech, Speech-to-text, High contrast and Personalisation.
Moodle	New messages are not shown until the user presses a button to receive them.
ATutor	Users can specify the time to refresh messages.

Table 1 Comparison Previous Chat Applications

Melnyk [28] focuses on web chats' interfaces for screen reader users. The system notifies when new messages have been received, but screen reader users can specify if the messages are read or not by the screen reader using shortcuts.

Considering chat applications in mobile devices, AssistiveChat² provides new features for people with speech disabilities. For instance, the chat suggests words to the user, there are some sentences predefined and it converts the text-to-speech. Another example of accessible chat application for mobile devices has been implemented by the CESyA group and UC3M [29]. This chat helps people with sensory problems to communicate. It includes different accessibility improvements such as: Zoom, Text-to-speech, Speech-to-text, High contrast and Personalisation.

With regards to the use of chat applications in learning environments, previous Learning Content Management Systems (LCMS)s have implemented more accessible chats in their environments. Moodle 2.3 introduces a more accessible interface because it does not use frames and Javascript technology [30]. Besides, ATutor has developed a chat, Achat¹, to solve some technological aspects for users who use assistive technologies and provides functionalities such as: specify the auto refreshing time, refresh messages manually, message's order, show last messages and provides a mechanism to upload the last conversations.

²Assistive Chat. <http://www.assistiveapps.com> (Accessed 4 June 2017)

3 PhD Background

This research is enshrined in a Ph.D. thesis which main aim was to improve the accessibility and interaction of m-learning chat applications. Different researches were conducted and the main contributions of this thesis were: (1) identify the main accessibility barriers that people face when they are using chat applications in m-learning environments; (2) provide a formal specification of the main requirements that an accessible chat application should have in m-learning environment; (3) provide a solution to the most common problem people with disabilities face when using chat applications in m-learning environments.

3.1 Identify accessibility barriers

Different studies were conducted to identify the accessibility barriers people face. In these studies people with and without disabilities as well as elderly people participated to identify these barriers. Different methods such as: interviews; surveys; personas and scenarios; as well as benchmarking were conducted and helped to identify the barriers these groups of people face [32]. Some of the barriers people specified are: problems with the colour contrast, with the use of complex language and complex functionalities, emoticons, etc. The most common barrier that all groups of people specified was they usually have problems to follow the *Flow and Rhythm* of the conversation. This means they have problems to reply messages and to read messages on real time.

3.2 Provide a formal requirements specification

In order to help developers and designers to create accessible chat applications without having previous accessibility background. The requirements that an accessible m-learning chat application should have were specified.

To achieve it a requirement engineering process (RE) has been conducted in order to: (1) identify related accessibility guidelines and standards; (2) compare these standards and guidelines; (3) extrapolate these guidelines and standards to chat applications in m-learning environments and provide solutions to the problems identified in the first phase of the research; (4) formalise the requirements using SE techniques [33].

3.3 Provide a solution to the most common problem: Follow the Flow and Rhythm

Previous researches have identified that chat applications have accessibility barriers. One of the most common barrier that students face when using these applications is the problem related to follow the

Flow and Rhythm of the conversation. Although previous accessible chat applications have been created these applications do not cover methods to solve this problem or if they include them, they have not been tested with real users to assure they are useful or not for them and if the *Flow and Rhythm* problem is solved.

According to WCAG guidelines, every movement on the page should not last than 5 seconds or the user should be allowed to pause the movement (WCAG 2.2.2). When this is extrapolated to chat applications, the messages received and shown automatically cause a movement for users and they will face the same problems as with other movements in pages. As a result, students should be allowed to control the reception of messages and be able to pause the reception of messages to read the information – Pause/Refresh functionality.

4 Proposal: Pause/Refresh functionality

This study aims to provide a solution for this problem. A new feature could be included in these chat applications to control the reception of messages. This feature is named *Pause/Refresh* functionality.

Users will press a button to pause the reception of messages when they would feel overwhelmed. This will give students more time to read and reply the conversation. Once the user will use this functionality, the system will inform other users this student needs more time to read and reply messages. Then, the user, who paused the reception of messages, will press the button again and will receive the messages that are on the queue.

The study will validate the functionality with real users in order to identify if this will be useful or not for them in m-learning environments. Next section specifies the method followed and the results obtained after conducting this research study.

5 Method: User Centered Design (UCD)

A UCD approach was carried out in order to define and validate the *Pause/Refresh functionality*. The UCD process followed the four steps: (1) Research; (2) Design; (3) Adapt; (4) Test [32]. The following figure - Figure 1- represents how this process was conducted.

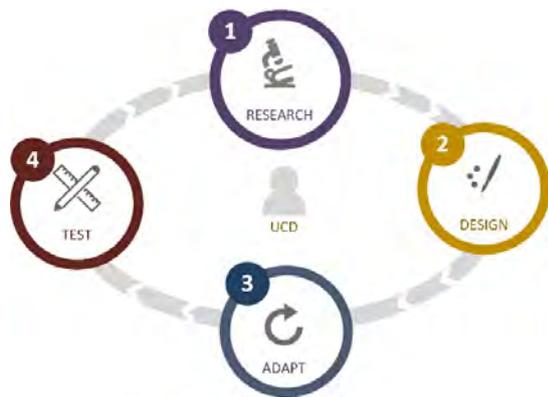


Figure 1 UCID Process

5.1 Research Phase

The research phase aims to identify if the *Pause/Refresh functionality* could be useful or not for people with and without disabilities. In this phase, the questionnaire and the interviews methods are used in order to identify people’s opinion about this functionality before a prototype is implemented. Questionnaires were spread out on the internet to know their opinion about the new hypothetical functionality.

Two questionnaires were created: one for people with disabilities and one for people without disabilities. In total, a total of 162 users with (45 people) and without (117) disabilities filled these questionnaires. Users were explained the behavior of the new functionality and they had to provide their opinion about this new functionality.

Finally, 11 people with disabilities participated in face-to-face interviews where they could provide their feedback about this new functionality.

From the point of view of people with disabilities, participants (86.11%) specified they use chats every day or two or three times per week in MDs. Grouping the participants from the point of view of disabilities – see Table 2.

Disability	Percentage
Visual	72.22
Motor	22.22
Hearing	13.89
Learning	5.56

Table 2 Participants Research Phase – People with Disabilities

5.2 Design Phase

In this phases, the *Pause/Refresh functionality* is designed. This *Pause/Refresh functionality* was formalized using HCI and SE techniques such as:

Natural Language, UML, Use Cases and Storyboards. This is helpful for developers and designers to understand how this functionality’s behavior. Besides, a paper prototype was created using previous participants’ feedback.

5.3 Adapt Phase

A total of 27 users with disabilities (8 people) and without disabilities (19 people. 12 of them were elderly users) participated in interviews as well as surveys were they had to provide feedback about the prototype.

Users were shown the prototype and they were instructed on how to use the system’s navigation. Users with visual impairments could not see the Mockup; then, the situation of the new button, how the new button was identified, the messages are shown by the system in each screen and the behavior of the system was explained to them. Next, users answered questions related to the system behavior, the message’s order [Opt1. (System Message | Other User’s | My messages) or Opt2. (System Message | My messages | Other User’s)] and layout from the point of view of a user who stops receiving new messages.

The previous paper prototype was used to avoid future problems of incomprehension of the system. Next, basing on the user’s opinion, the interface was improved. For example, the messages’ order and the *Pause/Refresh functionality* button were modified. Finally, a software prototype was created in order to be validated by real users in the following phase.

5.4 Test Phase

A total of 62 users with and without disabilities participated in this phase of the study. In this case, user testing sessions were conducted in a simulated m-learning environment where students could interact with their teachers and colleagues in order to simulate an online class.

Students with disabilities had the possibility to use the *Pause/Refresh functionality* in one-to-one as well as one-to-many conversations and students without disabilities were able to use this new functionality in one-to-one conversations only but they were informed about the behavior of this new functionality and how they could use it.

One moderator acted as a teacher and one observer participated in one-to-many sessions only to collect data about the sessions. The following figure - Figure 2 - shows how the one-to-many sessions were conducted in the lab.

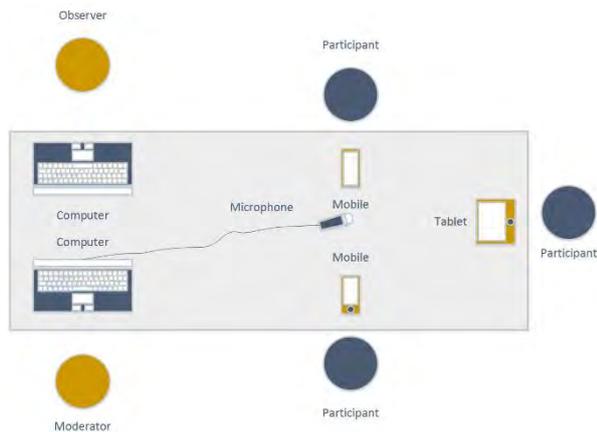


Figure 2 One-to-many sessions - Lab layout

After the user testing sessions were conducted users had to fill a questionnaire. Besides, students who participated in one-to-many conversations participated in a group interview where they provided feedback about this functionality.

In these questionnaires and interviews, users were asked: (1) if they would use this new functionality in a real environment; (2) if they would use this new functionality in m-learning environments; and (3) how many people could interact in these conversations without provoking problems for them.

6. Results

After conducting the UCD process, qualitative and quantitative data was analysed in order to identify if the functionality could be useful or not in m-learning environments. Next section will specify the results obtained in each phase of the UCD process.

6.1 Research Phase: User Survey Results

Questionnaires survey method was used to obtain users' opinion of 162 people with and without disabilities with regard to the new functionality as well as if both groups could interact through the same interface of mobile web chat simultaneously. Next, the results obtained are explained.

6.1.1 People with Disabilities

The first group of users who were surveyed was people with disabilities.

The opinions obtained by users were: the functionality could be useful or really useful for 63.89% of people and only 13.89% considered that it would not be useful for them. From the point of view of group disabilities, people with visual and motor impairments consider it is a useful feature for them. In contrast, people with hearing disabilities or partial vision consider that it is not useful for them. However, if this disability is

combined with other disabilities as motor or visual impairments, this feature is useful for them too.

6.1.2 People without Disabilities

The second group of users who were surveyed was people without disabilities. Ninety percent of people use chats in MDs every day or two or three times per week. The results showed that 82.73% of people assured that if a user used it, they will not be bothered about it. Moreover, many people considered that this new functionality could be useful or really useful (64.54%) for them. Furthermore, more than one out of every two people specified that they could use it in some situations (56.36%) such as: when they were executing other important task or when they would like to read the conversation carefully and reply messages with a rigorous answer.

6.1.3 Comparing Results

Both groups of people were asked about the usefulness of this new functionality. This question was defined over a five-point Likert scale (1-5), the averages calculated for each group [People with disabilities ($\bar{X}=3.61$) and people without disabilities ($\bar{X}=3.78$)] showed that this new functionality is considered useful for both groups. On the other hand, the standard deviation for people with disabilities ($\sigma=1.43$) is larger than the people without disabilities ($\sigma=0.91$). This dispersion is higher because users with low vision and hearing impairments are included in the estimation and they say that it could be no useful for them. Thus, it is necessary to consider their opinion in the future in order to improve chats to solve their needs.

This new functionality could be useful for people with disabilities and for people without disabilities in some situations. Besides, users with and without disabilities could interact with each other through the chat when some of them use this new functionality because they specified they would not be bothered is someone used this functionality. Therefore, the new functionality could be integrated into the same interface of mobile web chat application with an inclusive approach without bothering people with and without disabilities between them.

However, these results do not prove that the *Pause/Refresh functionality* is completely useful for them; thus, this new feature needs to be evaluated in a real situation.

6.2 Design Phase: Prototype

A paper prototype was created to represent the functionality – see Figure 3. This paper prototype was designed following the standards and guidelines identified in previous research phases in order to avoid potential accessibility issues – e.g. colour contrast or

text size. The user can pause the reception of messages if pressing the "Pause" button. Then, the system shows the message:

"You have paused the chat. Press the button "Refresh" to receive the new messages".

The user will not receive more messages until they press the button "Refresh". When the user presses this button, the user will receive the messages which have been written by the other participant and the following message is shown:

"You have renewed the chat"



Figure 3 – Paper Prototype Pause/Refresh functionality

6.3 Adapt Phase: Prototype Feedback

Users specified the prototype interface could be improved and would be easier to use.

Participants (66.67%) specified they would name the functionality as "Pause" instead of "Stop". Besides, participants specified could select the icons that better represent the functionality – see Figure 4.

Analyzing the results from elderly people, a total of 88.89% of people selected the image represented with a hand to pause the reception of new messages and 41.67% people selected the image represented with a play to identify the reception of new messages. However, non-elderly participants specified the pause button would be more representative for them. As a result, it will be considered this last option for both groups.

Besides, they were asked about the position of the Pause/Refresh functionality button and they specified that they did not mind where the button was placed if they were able to identify the functionality. Thus, it would be more important for them to represent the new functionality easily than the position of the button.

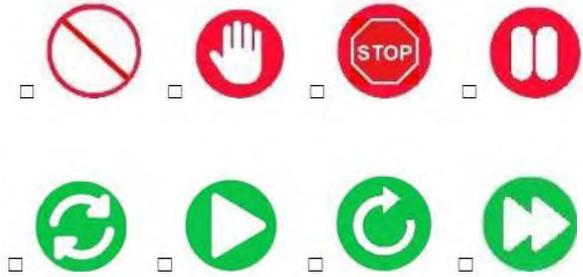


Figure 4 – Icons to represent the Pause/Refresh functionality

Finally, users were asked about the messages the system will show. Users considered they wanted clear and simple messages sent by the system. It would help them to understand the status of the other user. In addition, users specified they would like to have a button to pause the reception of messages instead of a gesture or other type of interaction.

Considering all this feedback, the paper prototype was improved to include the recommendations and necessities users recommended. The following image – see Figure 5 – shows how the interface was modified.



Figure 5 – Prototype Pause/Refresh functionality

In order to test the application with real users, a prototype was created. This prototype included the Pause/Refresh functionality [31] and some technological improvements based on accessibility standards and guidelines such as: WCAG and MWBP. Some of these improvements improved the accessibility of the mobile web chat prototype and some of them are: adaptation to different viewports (a responsive web design with the use of standards as

HTML5 and CSS3 is followed); execution in different MDs (using a web environment); and improvement for screen readers (using WAI-ARIA specification to inform about structure, updated content and expanded information).

6.4 Test Phase: Prototype Validation

The prototype was validated by users to obtain their opinion about the interface and the system's behavior in a fictitious m-learning environment – see Figure 6.

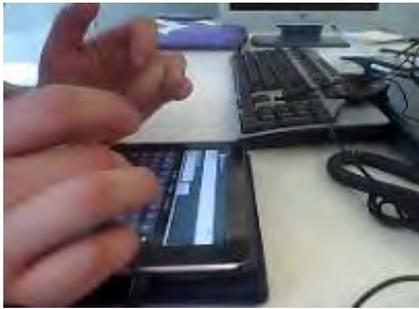


Figure 6 – User interacting with the prototype

After obtaining the data, the obtained information was analysed. The answers obtained in the interviews conducted after the user testing sessions were categorised into three main categories: (1) answers related to the environment (the functionality could be used in m-learning or non-learning environments); (2) answers related to user's opinion (if they would use this functionality or not); (3) answers related to the number of people who could participate in these sessions (if the functionality could be useful in one-to-one or one-to-many environments).

6.4.1 Would students use this functionality?

Participants were asked if they would use the functionality or not. After analysing the results, it can be concluded that 79% of respondents considered they would use it in real situations meanwhile the percentage of respondents who said they would not use was 16%; and only 5% of respondents were not sure if they would use it or not. This means the majority of participants (49 out of 62) specified they would use this functionality and three participants said they might use it. In contrast, 10 participants explained they would not use because they do not consider they would need a functionality to control the reception of messages.

6.4.2 Would students use this functionality in m-learning environments?

Regarding if they would use this functionality in m-learning or other environments, participants explained they would use the functionality in m-learning environments. A total of 26 participants explained they would use it in these environments because they

usually need to pay more attention to the information shared in m-learning messages. Besides, they consider people in these environments share more complex messages or they need to create more explanatory messages. As a result, they might need more time to read and write messages in m-learning environments than in other environments.

User42: "I would use it when I would be in a conversation which needs much concentration"

Other participants detailed that they would use this new functionality always because they could feel overwhelmed despite the type of conversation. They could get a benefit of this new functionality because they could control and read the conversation.

User46: "Yes, I would use it in all situations, it does not matter the context - e.g. friends, school, one-to-one or one-to-many conversations."

Finally, people explained they could use this functionality in other situations such as: when they wait for the bus or when they are doing other tasks. Using this functionality, they could inform other participants they are not going to be available or able to answer quickly.

User30: "If I were on the bus and could not write, I could press the button and inform other participants that I cannot answer."

6.4.3 Would students use this functionality in one-to-one conversations or in one-to-many conversations?

The number of participants in the conversation could influence users. Most participants (26 participants) considered they would use Chat4LL in one-to-many conversations. In contrast, other participants considered they would use Chat4LL in one-to-one conversations exclusively (18 participants).

7. Conclusions

As it has been specified before, this paper is part of a thesis which main aim is to improve the accessibility of chat applications in m-learning environments. This specifies one of the paper contributions, provide a functionality to control the reception of messages.

In this paper it is specified users' opinion related to the hypothetical *Pause/Refresh functionality* and if people with and without disabilities could interact with each

other using the interface of mobile web chat for m-learning. Users with and without disabilities have specified that the *Pause/Refresh functionality* could be useful for them in different situations. Specifically, they have mentioned this functionality would be useful in m-learning environments and they could be able to interact with other people using the chat application. Besides, they mentioned they could be able to follow the conversation easily.

People with and without disabilities were asked if someone who does not need the functionality could be bothered or not. It was necessary to understand if they could interact with each other through the mobile web chat without bothering people who did not use the *Pause/Refresh functionality*. This was helpful to identify if the functionality was an inclusive functionality were students with and without disabilities could collaborate together and the results confirmed this functionality would not bother people who would not use it.

Due to obtain results that can be compared, the functionality was tested in a simulated environment - an online class - using a chat application. In the future, the functionality could be tested by users in a real environment - outside a testing lab - in order to assure this functionality is useful and helpful in the non-testing situation.

After the results were obtained, it was identified that this new functionality could be improved in order to satisfy all people's necessities. Because of this, different research lines could be created to improve the *Pause/Refresh functionality*. For example, some people mentioned the messages shown on the screen could be improved. These messages could be changed by the user, or the user could decide if they wanted to see these messages, or not.

8. Acknowledgements

This work is supported by the eGovernAbility-Access project (TIN2014-52665-C2-2-R), European Clearing House for Open Robotics Development Plus Plus (EChORD++). Sub-project smart CLinic Assistant Robot for CGA (CLARK). FP7-601116.

9. References

- [1] Sharples, M., Arnedillo-Sánchez, I., Milrad, M., & Vavoula, G. 2009. *Mobile learning* (pp. 233-249). Springer Netherlands.
- [2] Hacckett, S., Parmanto, B. and Zeng, X. 2004. *Accessibility of Internet websites through time*. ACM Digital Library [ASSETS International Conference on Computers and Accessibility pp. 32-39]
- [3] Arbiol, A., Calvo, R. and Iglesias, A. 2013. *Chat's accessibility in mobile learning environments*.

- [Accessible E-learning. W3C Online Symposium.] <http://www.w3.org/WAI/RD/2013/e-learning/paper5/>
- [4] W3C. 2013. *Shared Web Experiences: Barriers Common to Mobile Device Users and People with Disabilities* <http://www.w3.org/WAI/mobile/experiences>.
 - [5] Thiessen, P. and Chen, C. 2007 *Ajax Live Regions: Chat as a Case Example*. ACM Digital Library[W4A International cross-disciplinary conference on Web accessibility, pp. 7-14, 2007]
 - [6] Tuset, P., López, J., Berberán, P., Janer, L., Cervelló-Pastor, C. 2011. *Designing Messenger Visual, an Instant Messaging Service for Individuals with Cognitive Disability*. Ambient Assisted Living. Vol. 6693. Pp.57-64, 2011 [IWAAL the third International Workshop, pp. 57-64, 2011]
 - [7] Calvo, R., Iglesias, A. and Moreno, L. 2013. Accessible Chats for Computer Supported Collaborative Learning Environments in Mobile Devices (Doctoral Consortium). [RCIS Research Challenges in Information Science, pp. 1-6, 2013]
 - [8] W3C. 2008. Web content accessibility guidelines (WCAG) 2.0. W3C. <https://www.w3.org/TR/WCAG/>
 - [9] ISO 2008 Ergonomics of human-system interaction { part 20: Accessibility guidelines for information/communication technology (ict) equipment and services.
 - [10] ISO 2008. Ergonomics of human-system interaction { part 171: Guidance on software accessibility.
 - [11] W3C (2010). Mobile Web Application Best Practices. W3C. <https://www.w3.org/TR/mwabp/>
 - [12] W3C (2008a). Mobile Web Best Practices 1.0. W3C. <https://www.w3.org/TR/mobile-bp/>
 - [13] UNESCO 2013. Policy guidelines for mobile learning. <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002196/219641e.pdf>. 13 June 2017.
 - [14] ISO 2011. Iso/iec ts 29140-1:2011 information technology for learning, education and training nomadicity and mobile technologies - part 1: Nomadicity reference model.
 - [15] ISO (2011b). Iso/iec ts 29140-2:2011 information technology for learning, education and training - nomadicity and mobile technologies - part 2: Learner information model for mobile learning.
 - [16] Ebner, M. (2007). E-learning 2.0= e-learning 1.0+ web 2.0? In Availability, Reliability and Security, 2007. ARES 2007. The Second International Conference on, pages 1235-1239. IEEE
 - [17] Corlett, D., Sharples, M., Bull, S., and Chan, T. (2005). Evaluation of a mobile learning organiser for university students. *Journal of Computer Assisted Learning*, 21(3):162-170.

- [18] W3C. 2008. Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0. <http://www.w3.org/TR/WCAG20/> (Accessed 4 June 2017)
- [19] CAST. 2011. Universal Design for Learning Guidelines version 2.0. <http://www.udlcenter.org/aboutudl/udlguidelines> (Accessed 4 June 2017)
- [20] W3C. 2010. Mobile Web Application Best Practices (MWABP) <http://www.w3.org/TR/mwabp/> (Accessed 4 June 2017)
- [21] So, S. (2016). *Mobile instant messaging support for teaching and learning in higher education*. The Internet and Higher Education, 31:32-42.
- [22] Lazar, J., Allen, A., Kleinman, J., and Malarkey, C. (2007). What frustrates screen reader users on the web: A study of 100 blind users. *International Journal of human-computer interaction*, 22(3):247-269.
- [23] Harrison, L. (2002). Access to online learning: the role of the courseware authoring tool developer. *Library Hi Tech*, 20(4):433-440
- [24] Yesilada, Y. (2013). Shared web experiences: Barriers common to mobile device users and people with disabilities. <http://www.w3.org/WAI/mobile/experiences>
- [25] Resta, P. and Laferriere, T. (2007). Technology in support of collaborative learning. *Educational Psychology Review*, 19(1):65-83
- [26] Woodfine, B., Nunes, M. B., and Wright, D. (2008). Text-based synchronous e-learning and dyslexia: Not necessarily the perfect match! *Computers & Education*, 50(3):703-717
- [27] DO-IT (2017). Disabilities, Opportunities, Internetworking, and Technology. Are chat rooms accessible to people with disabilities? <http://www.washington.edu/doiit/are-chat-rooms-accessible-people-disabilities?1064> (Accessed 4 June 2017)
- [28] Melnyk, V. (2014). Accessible web chat interface. In Proceedings of the 16th international ACM SIGACCESS conference on Computers & accessibility, pages 325-326. ACM.
- [29] CESYA (2016). Blappy, chat bluetooth accessible. <http://blappy.cesya.es/> (Accessed 4 June 2017)
- [30] Moodle (2012). Using chat. <http://docs.moodle.org/23/en/Chat> (Accessed 4 June 2017)
- [31] Calvo, R, Iglesias, A. and Moreno, L. 2013. *An Accessible Chat Prototype for Screen Reader Users in Mobile Devices*. [HCI International, pp. 216-220, 2013]
- [32] Calvo, R., Iglesias, A., & Moreno, L. (2014). User-Centered Requirement Engineering for Accessible Chats in m-Learning. *J. UCS*, 20(7), 964-985.
- [33] Calvo, R., Moreno, L. and Iglesias, A (2012). "Captura de requisitos para el diseño de un chat accesible." REICIS. *Revista Española de Innovación, Calidad e Ingeniería del Software* 8(1)

Módulo de Reconocimiento Gestual para Control de Robot en Tareas de Asistencia

Edwin D. Oña, David Velasco, Alberto Jardón y Carlos Balaguer
Robotics Lab, Universidad Carlos III de Madrid
eona@ing.uc3m.es

Resumen

En este artículo, se presenta el desarrollo de un módulo de reconocimiento de gestos de la mano para el control de un brazo robótico usando un sensor Leap Motion. Esta aplicación intenta contribuir a facilitar el desarrollo de las actividades básicas de la vida diaria (ABVD) a personas con discapacidad, permitiéndoles una mayor autonomía en su día a día. Para incrementar la usabilidad y accesibilidad de esta aplicación, se ha implementado una interfaz de control que permite interactuar por comandos de voz y notificaciones sonoras. En primer lugar en este artículo, se describen las modalidades de control y los gestos seleccionados para ello. A continuación, se detalla la funcionalidad de la interfaz de control. Se muestran resultados preliminares de control sobre un robot real en tareas cotidianas. Finalmente, se presentan las conclusiones derivadas de este trabajo.

Abstract

In this paper, the development of a hand gesture recognition module for the control of a robotic arm using the Leap Motion sensor is presented. This application tries to contribute to facilitate the development of activities of daily living (ADL) to people with disabilities, giving them a greater autonomy in their daily life. A control interface that allows to interact through voice commands and sound notifications was implemented to increase the usability and accessibility of this application. First, the control modes and the selected hand-gestures are described. Also, the control interface functionality is shown. Next, the experiments of controlling a real robot performing daily tasks are presented. Finally, the conclusions obtained by this work are summarized.

1. Introducción

A día de hoy existen en España y en el resto del mundo millones de personas con algún tipo de diversidad funcional [14]. Según su grado de movilidad, muchas de ellas se encuentran en una situación tal que, aun conservando gran parte de la funcionalidad de sus miembros superiores, tienen dificultades para realizar tareas cotidianas por falta de fuerza o destreza. Esta situación limita su autonomía en el día a día, siendo necesaria ayuda de terceras personas o sistemas adaptados.

Una de las soluciones a este problema la ofrece la robótica asistencial por medio de brazos robóticos que intentan sustituir la funcionalidad perdida o asistir a los usuarios en el desarrollo de las ABVD. La mayoría de sistemas robóticos utilizan un control manual por medio de joysticks analógicos [8], [3]. Sin embargo, el control de estos sistemas de asistencia debe ser lo más intuitivo posible para facilitar la ejecución de las tareas.

Por otro lado, el amplio desarrollo de sensores de bajo coste para la detección de movimientos humanos sin necesidad de marcadores, tales como Kinect o Leap Motion, ha incrementado su uso en aplicaciones diferentes a las iniciales de entretenimiento. A diferencia del sensor Kinect, que es capaz de detectar las articulaciones de cuerpo entero, el dispositivo Leap Motion se centra en la cinemática de las manos. Su bajo coste, reducido tamaño y la precisión en el rastreo de las diferentes partes de la mano (dedos y palma) hacen que sea un sensor adecuado para la aplicación estudiada en este artículo.

En este artículo, se estudia una alternativa de control sin contacto para un brazo robótico de 7 grados de libertad (GDL) utilizando el sensor Leap Motion. Como complemento al reconocimiento gestual, se implementa una interfaz gráfica que permite conexión con dispositivos externos, así como

un control por voz. La capacidad de interactuar mediante órdenes de voz aumenta la usabilidad y accesibilidad para usuarios con una movilidad reducida en las manos.

En la sección 2, se resumen trabajos relacionados con el uso del sensor Leap Motion con un enfoque asistencial. En la sección 3, se presenta la metodología propuesta. En la sección 4, se describen las modalidades de control y los gestos definidos para el trabajo propuesto. Además, se detalla la funcionalidad de la interfaz de control. En la sección 5, se muestran los resultados preliminares de control sobre un robot real en tareas cotidianas. Finalmente, en la sección 6 se exponen las conclusiones derivadas del trabajo.

2. Trabajos relacionados

El desarrollo de interfaces de comunicación humano-robot para controlar sistemas robóticos de forma remota o tele-operados es un campo en continuo desarrollo dentro de la robótica de servicios.

Como alternativas a los clásicos joysticks analógicos, diferentes estudios proponen el uso de dispositivos comerciales desarrollados para la industria de los videojuegos. Una de estas alternativas es el caso del IMU de la Nintendo Wii, el mando de control, y el Wii Motion Plus, un dispositivo formado por acelerómetros y sensores de presión, así como un giróscopo doble, con los cuales identificar giros y desplazamientos [10], [12].

Otra de las alternativas es el uso de guantes de realidad virtual; estos emplean una tecnología de sensores inerciales. Mediante la misma, se ofrece la posibilidad de mostrar con elevada certeza la posición y el movimiento de las extremidades superiores. Se trata de un dispositivo muy versátil y compatible con numerosos sistemas operativos y plataformas. En lo referente a la tecnología de desarrollo, ha sido probada por compañías como la NASA, integrando funciones conjuntas de comunicación, con plataformas como Unreal Engine, 3D Studio Max, Maya y SolidWorks.

La aparición del sensor Leap Motion ha permitido investigar aplicaciones de control de robots de manera no intrusiva. Uno de los puntos de interés ha sido cuantificar la fiabilidad en la medida del sensor [13], [5], validando su precisión.

De cara al control, se pueden encontrar varios trabajos que proponen el uso del sensor Leap Motion en la interacción humano-robot. Por ejemplo, un esquema de tele-manipulación del robot humanoide NAO se propone en [15]. El robot NAO es tele-operado para realizar tareas de locomoción, manipulación con destreza y tareas compuestas. En [6], se plantea el control de una mano robótica de 20 GDL que replique los movimientos de la mano detectados por el Leap Motion, aplicación orientada

a la tele-cirugía. El control por gestos en la navegación de una silla de ruedas se estudia en [9], [2].

Finalmente, se encuentran también trabajos orientados al control de brazos robóticos de varios grados de libertad, tanto industriales [7], [11] como de carácter asistencial [1], [4]. Estos trabajos abordan una interacción humano-robot más intuitiva, sencilla y segura (por la manipulación remota en el caso de robots industriales, o por la reducida velocidad y poca masa de robots asistenciales). Sin embargo, la seguridad en dicha interacción es un aspecto de gran importancia que se debe seguir mejorando.

3. Metodología

La forma de interacción humano-robot más común es por medio de un teclado o un joystick que, de acuerdo a la complejidad de la tarea y los grados de libertad del brazo robótico, puede requerir de múltiples pasos para ejecutar una trayectoria.

Así, en este trabajo se propone el uso de una interacción humano-robot más “natural”, orientada a personas con discapacidad. Usando el controlador Leap Motion se controlará el brazo robótico AMOR de 7 GDL para realizar tareas cotidianas de una manera más sencilla.

El sensor Leap Motion detectará los movimientos del brazo (arriba, abajo, derecha, izquierda, avance y retroceso) y de la mano (abrir, cerrar), que serán gestionados por una interfaz gráfica de usuario para convertirlos en movimientos adecuados del brazo robótico. La interfaz permite además la conexión con dispositivos periféricos externos como cámaras IP o sensores, centralizando su información para el usuario o para asistir en la tarea.

En la Figura 1, se muestra la metodología propuesta y la conexión entre los elementos para implementar la interacción humano-robot.

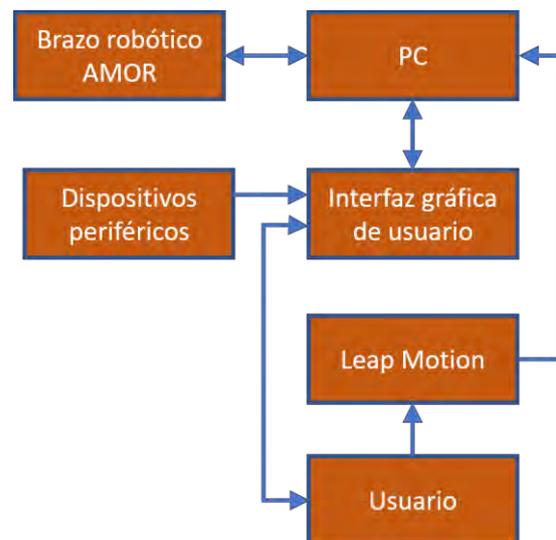


Figura 1. Esquema del sistema propuesto.

3.1. Sensor Leap Motion

El sensor Leap Motion (Figura 2) es considerado un dispositivo innovador de seguimiento de tipo óptico basado en la visión estéreo. Puede rastrear todos los 10 dedos simultáneamente. Según lo indicado por el fabricante, la precisión en la detección de la posición de la yema de cada dedo es de aproximadamente 0,01 mm, con una velocidad de fotogramas de hasta 300 fps. Dentro de su superficie de 24 cm², el controlador tiene tres emisores IR (infrarrojos) y dos cámaras IR. El campo de visión del controlador es muy amplio, hasta 150°, lo que da al usuario la oportunidad de mover su mano en 3D, al igual que en el mundo real.



Figura 2. Sensor Leap Motion.

3.2. Robot AMOR

El robot AMOR, fabricado por Exact Dynamics, es un brazo robótico multipropósito de 7 GDL, adecuado para educación, investigación y robótica de servicio. Tiene un diseño esbelto y con poca masa para reducir la inercia de cara a la seguridad. Tiene una carga útil de 2.5 kg y un alcance de aproximadamente 1 m.

El modelo disponible en el laboratorio cuenta además con 43 sensores de proximidad distribuidos adecuadamente a lo largo del robot para detección de obstáculos.

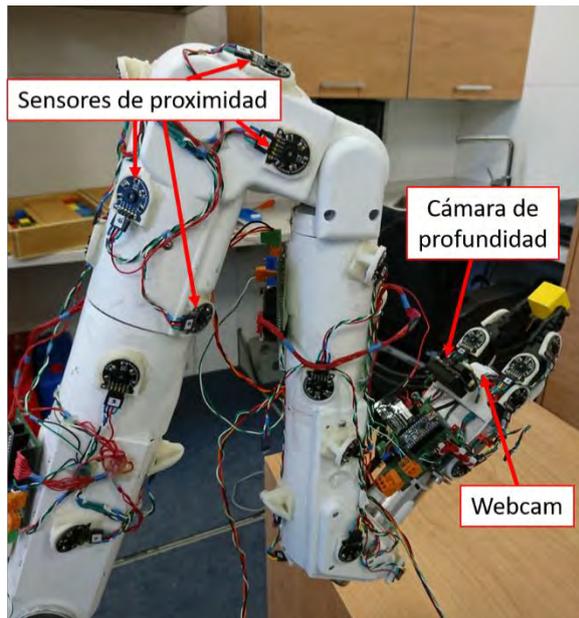


Figura 3. Brazo robótico AMOR.

En la Figura 3, se muestra al robot AMOR con los sensores de proximidad. Además, se puede apreciar las dos cámaras colocadas en el extremo del brazo, junto a la garra, una webcam RGB y una cámara de profundidad en miniatura. Para su programación, el robot dispone de una propia interfaz de programación de aplicaciones (API por sus siglas en inglés).

4. Módulo de reconocimiento gestual

4.1. Gestos de control

Para la implementación del módulo, se ha determinado una serie de gestos de control, a partir de los cuales llevar a cabo el control final del robot asistencial. Aunque a priori el módulo requiere de un pequeño rango de movilidad por parte del usuario, mediante el uso de los modos de control que se explicarán a continuación, se permitirá un mayor alcance a personas con movilidad reducida. Además, la función de reconocimiento de voz aumenta las opciones de control.

En función del sentido de movimiento de la mano, así como la inclinación de la misma, se podrá llevar a cabo el movimiento del robot, permitiendo inclinaciones YAW, PITCH y ROLL, es decir, las inclinaciones verticales, horizontales y planares de la mano, así como en movimiento cartesiano X, Y, Z. También se puede controlar la apertura o cierre de la garra del robot. En la Figura 4, se pueden ver los distintos movimientos de control implementados.

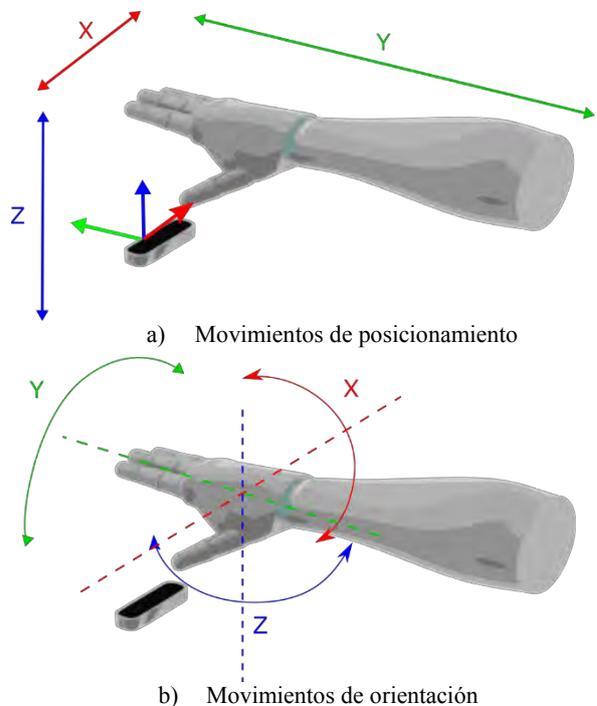


Figura 4. Gestos de control: a) Movimientos cartesianos para posicionamiento de la garra según sistema de referencia del sensor, y b) Movimientos para orientación de la garra.

4.2. Modos de control

En lo referente a las modalidades de control, se han planteado una serie de alternativas mediante las cuales facilitar el control, reduciendo las posibles dificultades de movimiento. Las modalidades de control implementadas en esta versión son las siguientes:

- **Control en posición:** consta de un módulo de control en posición según las coordenadas cartesianas del sistema de referencia del robot. En la Figura 5, se muestran los sistemas de coordenadas tanto del sensor como del brazo robótico. Se puede apreciar que los ejes de dichos sistemas no coinciden y, por tanto, el envío de coordenadas desde el sensor al robot no es directo.

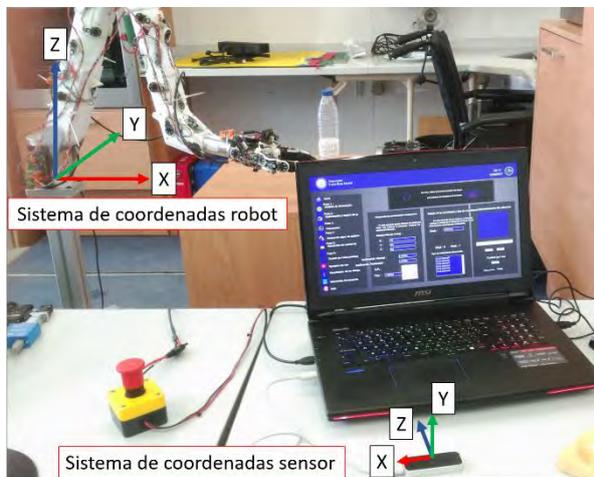


Figura 5. Sistemas de coordenadas.

El módulo de control implementado permite el movimiento lineal en tiempo real del robot (similar a un robot industrial), ajustando el sistema de referencia del Leap Motion al sistema de referencia del robot asistencial. De esta forma se envía la posición en coordenadas de la mano en X, Y, Z del Leap Motion al robot, por medio de interpolaciones lineales, e incorporando a su vez las inclinaciones de la mano, así como el estado de apertura de la garra. De cara al usuario, el movimiento se realiza de forma transparente según el sistema de coordenadas del robot, haciendo más intuitivo el control.

- **Control en velocidad:** en esta modalidad, se habilita una esfera virtual de control de 10 cm de diámetro en la cual no habrá captura de movimiento. La finalidad de esta esfera es evitar movimientos no deseados del robot debidos a pequeños desplazamientos de la mano. De esta forma, para que se mueva el robot, es necesario realizar un movimiento más amplio, lo que aporta un control más fino. Tras salir de la esfera de control, se podrá ejecutar el movimiento del robot: desplazando la

mano a la derecha se desplazará el robot a la derecha; hacia adelante, desplazará hacia adelante el robot; etc. Incorporando esta modalidad para todos los ejes y sentidos, se permiten todos los movimientos de forma simultánea y compatible con las inclinaciones de la muñeca, tal como se puede apreciar en la Figura 6.



Figura 6. Control en velocidad.

Además, se ha configurado un control en velocidad para que el usuario sea capaz de comandar la velocidad con la que se desplazará el robot. A mayor distancia que se desplace la mano respecto del centro del Leap Motion, el robot se moverá con mayor velocidad (ver Figura 6).

La velocidad máxima de desplazamiento se trata de manera unitaria, es decir, ganancia de valor „0“ para un rango de inactividad y que aumenta gradualmente a valor „1“ alejándonos del centro del Leap Motion. El valor unitario se corresponde con la velocidad máxima admitida por el robot.

- **Control por voz:** la ejecución del módulo de control por voz se puede utilizar de forma simultánea con el movimiento físico del usuario. En caso de que el usuario tenga limitaciones para realizar algunos de los movimientos de control definidos previamente, el control complementario por voz le permitirá ejecutarlos.

Por ejemplo, la apertura y cierre completo de la mano es de difícil ejecución en personas con artrosis o lesión medular. Estos usuarios serían capaces de posicionar el robot; sin embargo, tendrían dificultades a la hora de controlar la garra.

Entre los comandos disponibles se encuentran: ARRIBA, ABAJO, ADELANTE, ATRÁS, DERECHA, IZQUIERDA, ABRIR y CERRAR.

4.3. Comunicación

Se plantea el uso de una red de comunicación distribuida entre los diferentes elementos del sistema. Para ello, se emplea el middleware YARP, una librería open-source en lenguaje C++ y que permite la comunicación entre procesos de una red de estas características.

El fundamento de la comunicación empleada es el siguiente: una vez se han capturado los movimientos, y realizado las operaciones pertinentes relativas al modo de control con el cual se esté operando, se ejecuta un submódulo C++ en segundo plano que lee los parámetros a enviar al robot, decodificando y separando cada parámetro, así como añadiéndole una etiqueta diferenciadora para que la API del robot sea capaz de distinguirlos.

En cada ciclo de adquisición de datos del sensor, se envía un paquete con las coordenadas X, Y, Z, YAW, PITCH, ROLL, y el estado de apertura o cierre de la mano. Dicho paquete de datos es recibido por el host del robot e identificado de acuerdo a las etiquetas, previo a la ejecución de la acción de movimiento.

4.4. Interfaz de control

Se ha desarrollado una interfaz gráfica de control para la mejora de la accesibilidad y de uso del módulo. Para el diseño de la interfaz se han tenido en cuenta los principios de “Desarrollo para todos” para mejorar la accesibilidad y usabilidad.

A su vez, se llevó a cabo un análisis de simulación ante discapacidad visual, mediante el cual se seleccionó la combinación de colores finales resultantes con la finalidad de permitir un rango más amplio de usuarios. Entre los simuladores visuales empleados tenemos: “Accessibility Color Wheel”, mediante el cual se analiza el efecto del daltonismo, deutanopia, protanopia y trianopia; “aDesigner” y “Color Doctor”, los cuales analizan el efecto de la vista cansada y deficiencias del color de visión.

La aplicación consta de dos modalidades: una de usuario y otra avanzada. En el modo de usuario, únicamente están habilitadas las funciones de control de robot y de accesibilidad (visualización y tutoriales). Las demás opciones de la interfaz no se muestran y el control sobre el robot se realiza de forma transparente e intuitiva.

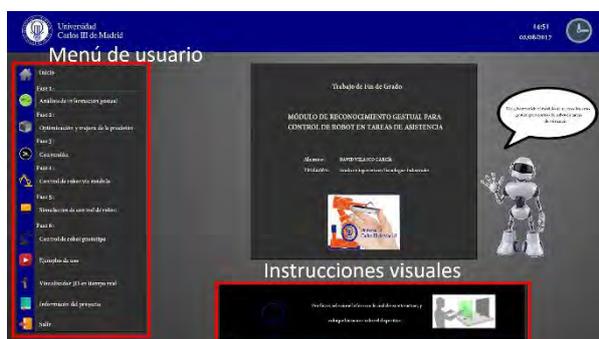


Figura 7. Menú principal de la interfaz.

El modo avanzado está pensado para permitir extender el uso del módulo gestual a otros robots. En este caso, el usuario sería capaz acceder a las funcionalidades completas de la interfaz, como por

ejemplo realizar simulaciones, tener acceso a parámetros cinemáticos del robot, etc.

En la Figura 7, se pueden ver las funcionalidades de la interfaz y que se detallan a continuación:

- **Análisis de información gestual:** permite observar los parámetros de adquisición del sensor, sin la necesidad de disponer del robot real, con el fin de comprobar su correcto funcionamiento y poder observar en tiempo real la toma y conversión de dichos parámetros.
- **Optimización y mejora de la posición:** se trata de un apartado en desarrollo, con el cual no solo se permite la detección de la mano, sino también el seguimiento de la posición de cada uno de los dedos. La finalidad es la de aumentar las opciones de control para usuarios más diestros.
- **Conversión:** sección informativa que indica las operaciones de conversión realizadas.
- **Control de robot:** permite al usuario seleccionar la modalidad de control adecuada y observar los distintos parámetros capturados, es decir, las coordenadas cartesianas, inclinaciones de la mano y el estado de apertura. A su vez, podrá observar los tipos de movimientos que ha realizado, tales como un “Tap” (toque) o un “Sweep” (barrido). Como añadido, podrá activar el modo de control por voz mediante un botón.
- **Visualización de cámaras:** con el fin de permitir la inspección del entorno de trabajo y dar apoyo al control telemático del robot (ver Figura 8), el usuario tiene acceso a un control de cámaras, mediante el cual podrá seleccionar cualquiera de las cámaras disponibles (cámaras acopladas en el robot, cámaras IP, etc.).



Figura 8. Pantalla de control con visualizador.

- **Simulador de control:** ofrece la opción de replicar los movimientos del robot a partir de los datos adquiridos por el Leap Motion en un entorno virtual y seguro. El entorno utilizado es RobotStudio.
- **Tutoriales/vídeos:** mediante esta sección, el usuario tendrá acceso a un conjunto de videos de uso de la aplicación, con los cuales podrá

formarse en caso de tener alguna dificultad a la hora de emplearla.

- **Visualizador en tiempo real:** mediante este apartado, se podrá acceder al visualizador proporcionado con el software del Leap Motion, el cual ofrece una representación visual del esqueleto de la mano en función de las lecturas del sensor en tiempo real.

Además, se ha desarrollado un módulo ejecutado en segundo plano, denominado “Asistente Virtual”. Este asistente tiene en cuenta posibles problemas auditivos y visuales del usuario. El módulo notifica todas las acciones que se realizan y aporta ejemplos de cómo llevar a cabo el control del módulo y cómo mover el robot.

Por otro lado, el módulo notifica situaciones críticas de la posición de brazo, como la aproximación a los límites en los ejes X, Y, Z, o las inclinaciones verticales y horizontales. También incluye una descripción de los comandos de voz a utilizar y del estado de cierre o apertura de la garra. Mediante este asistente se intenta aplicar el principio de desarrollo de “Diseño para todos”.

5. Experimentos con robot real

Para validar el sistema de control propuesto se han realizado tres tareas de asistencia utilizando el robot AMOR en el Laboratorio de Robótica Asistencial UC3M. La tarea 1 consistió en la apertura y cierre de un microondas. La tarea 2 fue la de pulsar un botón del panel del microondas para programarlo. En la tarea 3 se realizaron movimientos de recoger diferentes objetos (botella, taza, etc.) y desplazarlos una distancia aproximada de 50 cm.

Se realizaron varias repeticiones de cada tarea y se cronometró el tiempo empleado, mostrándose los resultados en la Figura 9. Los videos se encuentran disponibles online¹.

Se puede apreciar que la tarea 1 es la que más tiempo ha necesitado, debido a que requiere de más movimientos para llegar a la posición adecuada. La tasa de acierto en completar la tarea es del 100% con un tiempo promedio de 140 segundos. La tarea 2 es la que menos tiempo emplea debido a la cercanía de los botones, pero ha obtenido una tasa de acierto del 70% y un tiempo promedio de 55 segundos en completarla. Debido a la forma de la garra del robot, la pulsación de los botones se ve limitada. Para la tarea 3 se han obtenido tiempos con menos dispersión, con un promedio de 87 segundos y tasa de acierto del 100%.

Por último, para la mejora de reconocimiento de voz, se llevó a cabo un entrenamiento empleando la base de reconocimiento de voz de Microsoft,

permitiendo la identificación de los comandos con tasas de acierto del 80% y superiores.

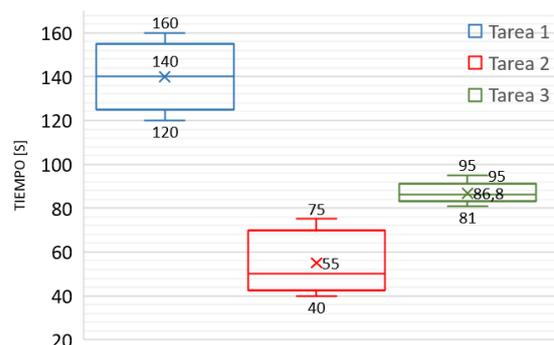


Figura 9. Tiempos empleados en ejecución de tareas.

Como líneas futuras de investigación, sería importante destacar la adaptación del módulo en un sistema más reducido, dado que ahora requiere de ordenador para su ejecución; por ello, sería adecuado su traspaso a sistemas de menor tamaño como una Raspberry, así como expandir el sistema operativo de Windows a otras plataformas tales como Android, OSx o Linux.

Además, se está trabajando en el acople del robot a una silla de ruedas para ampliar los casos de aplicación (Figura 10). En esta configuración en particular, debido a que el usuario ocupa parte del espacio de trabajo del brazo robótico, la seguridad en la interacción es de suma importancia. Para ello, se está estudiando el uso de los sensores de proximidad para detectar la presencia del usuario o de obstáculos durante la ejecución de una tarea.

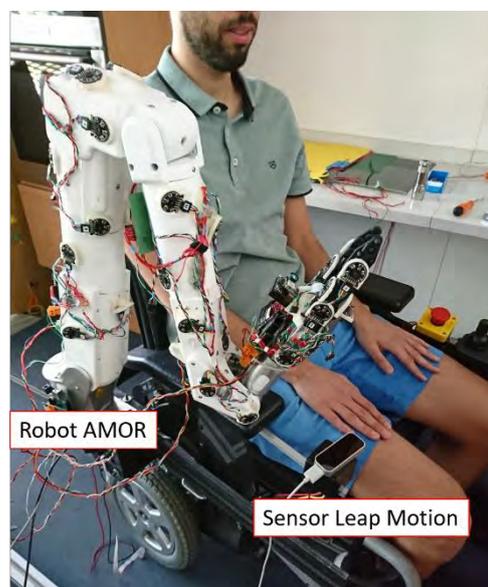


Figura 10. Robot AMOR acoplado a silla de ruedas.

6. Conclusiones

En este artículo, se ha presentado el diseño y desarrollo de un sistema basado en el reconocimiento de gestos de la mano, usando el sensor de bajo coste

1

<https://www.youtube.com/watch?v=DU1mztLFsmE>

Leap Motion, para el control de un robot en tareas de asistencia.

Dicha aplicación está principalmente orientada a personas que conservan movilidad en extremidades superiores, pero que carecen de fuerza, como por ejemplo lesionados medulares.

La selección de un control cartesiano para el movimiento del robot parece adecuada, ya que los movimientos se pueden realizar desde un sistema de coordenadas fijo situado en una silla de ruedas o espacio adaptado. En este caso, el usuario se desplazará conjuntamente con dicho sistema, siendo la ejecución de los movimientos más intuitiva.

La implementación de la interfaz de control aumenta la accesibilidad del sistema propuesto, añadiendo al control gestual un método de control por voz y asistente virtual.

Sin embargo, a pesar de que el sistema completo (robot, módulo de control e interfaz) ha sido validado con éxito en el laboratorio, completando satisfactoriamente las tareas propuestas, es necesario realizar ensayos con usuarios reales para ampliar el estudio. Los distintos niveles de afectación tras una lesión medular pueden incluir factores no tenidos en cuenta en el diseño inicial.

7. Agradecimientos

A todo el equipo del Laboratorio de Robótica Asistencial del Parque Científico y Tecnológico UC3M. La investigación que lleva a estos resultados ha recibido financiación del proyecto ROBOHEALTH-A (DPI2013-47944-C4-1-R), financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad español y del proyecto RoboCity2030-III-CM (S2013 / MIT-2748), financiado por Programas de Actividades de I + D en la Comunidad de Madrid y co-financiado por los Fondos Estructurales de la UE.

8. Referencias

[1] Bassily, D., Georgoulas, C., Guettler, J., Linner, T., & Bock, T. (2014, June). *Intuitive and adaptive robotic arm manipulation using the leap motion controller*. In *ISR/Robotik 2014; 41st International Symposium on Robotics*; Proceedings of (pp. 1-7). VDE.

[2] Boyali, A., Hashimoto, N., & Matsumoto, O. (2014). Hand posture control of a robotic wheelchair using a leap motion sensor and block sparse representation based classification. In *SMART 2014, The Third International Conference on Smart Systems, Devices and Technologies* (pp. 20-25).

[3] Driessen, B. J. F., H. G. Evers, and J. A. v Woerden. "MANUS—a wheelchair-mounted rehabilitation robot." Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine 215.3 (2001): 285-290.

[4] Fall, C. L., Turgeon, P., Campeau-Lecours, A., Maheu, V., Boukadoum, M., Roy, S., ... & Gosselin, B. (2015, August). *Intuitive wireless control of a robotic arm for people living with an upper body disability*. In *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2015 37th Annual International Conference of the IEEE* (pp. 4399-4402). IEEE.

[5] Guna, J., Jakus, G., Pogačnik, M., Tomažič, S., & Sodnik, J. (2014). *An analysis of the precision and reliability of the leap motion sensor and its suitability for static and dynamic tracking*. *Sensors*, 14(2), 3702-3720.

[6] Heisnam, L., & Suthar, B. (2016, December). *20 DOF robotic hand for tele-operation:—Design, simulation, control and accuracy test with leap motion*. In *Robotics and Automation for Humanitarian Applications (RAHA), 2016 International Conference on* (pp. 1-5). IEEE.

[7] Liu, Y., & Zhang, Y. (2015). *Toward welding robot with human knowledge: A remotely-controlled approach*. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 12(2), 769-774.

[8] Mahoney, Richard M. "The raptor wheelchair robot system." *Integration of assistive technology in the information age* (2001): 135-141.

[9] Škraba, A., Koložvari, A., Kofjač, D., & Stojanović, R. (2015, June). *Wheelchair maneuvering using leap motion controller and cloud based speech control: Prototype realization*. In *Embedded Computing (MECO), 2015 4th Mediterranean Conference on* (pp. 391-394). IEEE.

[10] Smith, C., & Christensen, H. I. (2009, October). *Wiimote robot control using human motion models*. In *Intelligent Robots and Systems, 2009. IROS 2009. IEEE/RSJ International Conference on* (pp. 5509-5515). IEEE.

[11] Venna, T. V. S. N., & Patel, S. (2015, April). *Real-Time Robot Control Using Leap Motion A Concept of Human-Robot Interaction*. ASEE.

[12] Victores, J. G., Morante, S., Jardón, A., & Balaguer, C. (2013). *Creación de tareas de asistencia robótica mediante la interacción multimodal*. VII Congreso Iberoamericano de Tecnologías de Apoyo a la Discapacidad IBERDISCAP, 21.

[13] Weichert, F., Bachmann, D., Rudak, B., & Fisseler, D. (2013). *Analysis of the accuracy and robustness of the leap motion controller*. *Sensors*, 13(5), 6380-6393.

[14] World Health Organization. *World report on disability*, World Health Organization. 2011.

[15] Yu, N., Xu, C., Wang, K., Yang, Z., & Liu, J. (2015, June). *Gesture-based telemanipulation of a humanoid robot for home service tasks*. In *Cyber Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems (CYBER), 2015 IEEE International Conference on* (pp. 1923-1927). IEEE.

“Turismo Accesible en Vías Verdes Europeas: Vías Verdes para Todos” (Greenways4ALL)

Arantxa Hernández Colorado

Fundación de los Ferrocarriles Españoles – Jefa del Área de Vías Verdes y Turismo Ferroviario
ahcolorado@ffe.es

Resumen

Con el fin y objetivo común de seguir avanzando en materia turismo accesible en torno a Vías Verdes PREDIF y FFE vieron la oportunidad de seguir haciéndolo bajo las convocatorias COSME de proyectos la Unión Europea. Así, presentaron una propuesta de proyecto que fue aprobada el 1 de julio de 2016 dando comienzo el desarrollo del proyecto europeo “Greenways4ALL”. Este proyecto coordinado por la Fundación de los Ferrocarriles Españoles (2016-2017) tiene por objetivo la mejora de la accesibilidad en torno a las vías verdes, la calidad de la oferta turística orientada a las personas con discapacidad y la difusión de estos recursos como infraestructuras para Tod@s. Bajo el título “Accessible Tourism on European Greenways: Greenways For All” y cuyo acrónimo es GW4ALL, el objetivo es avanzar hacia la creación de productos turísticos accesibles en base a vías verdes incluyendo en ellos la cadena de la accesibilidad.

1. Introducción y Antecedentes.

Se mantiene la premisa de que las Vías Verdes, gracias a su origen ferroviario son probablemente los itinerarios más accesibles de acceso a la naturaleza y la práctica del ocio al aire libre para todas las personas, incluidas las personas con discapacidad. En España existen más de 2.500 km –repartidos en 120 itinerarios- de antiguas líneas de ferrocarril recuperadas como itinerarios no motorizados para la práctica del ocio al aire libre. Son itinerarios que raramente superan pendientes superiores al 3%, que cuentan con anchos radios de curva siendo seguros, cómodos y recursos para ser recorridos a pie en bicicleta y accesibles para usuarios con movilidad reducida.

Abstract

With the aim and common goal of further progress in accessible tourism around Greenways, PREDIF and FFE saw the opportunity to continue to do so under the COSME calls for projects of the European Union. Thus, they submitted a Project proposal that was approved on July 1st 2016, starting the development of the European project “Greenways4ALL”. This Project coordinated by the Fundación de los ferrocarriles Españoles - Spanish Railways Foundation (2016-2017) aims to improve accessibility around greenways, the quality of the tourism offer targeted at people with disabilities and the dissemination of these resources as infrastructures for all. Under the title “Accessible Tourism on European Greenways: Greenways For All” and whose acronym is GW4ALL, the objective is to advance towards the creation of accessible tourist products based on greenways including in them the chain of accessibility.

Sin embargo, el análisis de la realidad detecta que salvo excepciones, a pesar de la potencialidad que tienen los destinos y territorios que cuentan con vías verdes, los viajeros no tienen facilidades para adquirir un producto turístico accesible completo en base a la vía verde, pues la oferta de los diferentes recursos que componen un viaje no está estructurada ni organizada.

2. Objetivos y Desarrollo.

Con este proyecto se pretende avanzar hacia un producto que cumpla con la cadena de valor de la accesibilidad avanzando desde el itinerario accesible al viaje o la experiencia accesible. Así, la accesibilidad será el elemento común a todos los recursos que integren el producto turístico: recorrer la vía verde, comer en los restaurantes de la zona, alojarse en el

entorno inmediato a la vía verde, visitar museos o hacer algunas compras, entre otras opciones.

Durante los 18 meses que dura el proyecto se están diseñando varios productos turísticos plenamente accesibles en la Vía Verde de la Sierra (Cádiz-Sevilla) y en la Ecopista / Vía Verde do Dao (Viseu, Portugal). Para ello, el proyecto incluye diferentes fases y acciones como una metodología concreta para la implementación de vías verdes accesibles; bases de datos de recursos accesibles en estos dos territorios; workshop y visitas técnicas; pactos locales por la accesibilidad entre los agentes del territorio - fomentando así la colaboración público-privada-; y finalmente el diseño de ofertas y productos accesibles.

Además, el proyecto incluye acciones de formación tanto en accesibilidad y turismo accesible como en atención al cliente con necesidades diversas orientado a las empresas y administraciones. También incluye valoraciones por parte de colectivos con diferentes necesidades especiales de los productos creados. Así se logrará avanzar del “recurso accesible” al “producto accesible”.

Se ha entendido así, que este esquema de trabajo que tiene su focalización en dos territorios concretos o territorios “piloto”: Vía Verde de la Sierra. Cádiz-Sevilla. (España) y Ecopista do Dao. Viseu (Portugal), -ambos de marcado carácter rural-, es exportable a otras vías verdes y otros territorios europeos. Es por ello, que la presencia de este proyecto en el importante V Congreso Internacional de Turismo para Todos pretende servir de buena práctica en materia de itinerarios y productos turísticos de naturaleza o activos para todas las personas.

De manera colateral con este proyecto se profundiza también en la consolidación de la imagen de marca “Vías Verdes Europeas” como destinos turísticos ambientalmente sostenibles, integrados en el paisaje, accesibles y como elementos de dinamización económica en el mundo rural.

Este plan de trabajo se desarrolla desde julio de 2016 hasta diciembre de 2017 por un consorcio formado por 8 socios de España y Portugal, con la dimensión europea garantizada por la presencia como socio de la Asociación Europea de Vías Verdes, y en el que intervienen 3 PYMES especializadas en turismo accesible y experiencial que se encargan de la creación y comercialización de los productos de turismo accesible. Los socios que desarrollan el proyecto son:

- Fundación de los Ferrocarriles Españoles (coordinador del proyecto) www.viasverdes.com

- Plataforma Representativa Estatal de Discapacitados Físicos. www.predif.org
- European Greenways Association (Escala europea). www.aevv-egwa.org
- Comunidade Intermunicipal da Região Dão Lafões. www.ecopistadodao.pt
- Fundación Vía Verde de la Sierra. www.fundacionviaverdedelasierra.com

Además, forman parte de este consorcio las siguientes PYMES españolas:

- Movilidad Ampliada – Accessible Madrid www.accessiblemadrid.com
- AstroAndalus www.astroandalus.com
- Turismo Vivencial www.turismovivencial.com

Este Proyecto¹, cofinanciado al 75% por el Programa COSME de la Agencia EASME (Executive Agency for Small and Medium-sized Enterprises) de la Unión Europea para la Competitividad de las pequeñas y medianas empresas tiene un presupuesto total de 166.148,60 €, y un periodo de ejecución de 18 meses.

3. El Plan de Acción.

Aunque cada territorio deberá buscar su *modus operandi* considerando su propias características concretas así como sus recursos, se ha tratado de usar una metodología consolidada y un Accessible Information Scheme consolidado, contrastado y muy implantado como es la metodológica aplicada por Predif para la valoración de establecimientos y recursos turísticos. Además, se ha partido de la idea de que para el desarrollo de los productos turísticos accesibles en base a vías verdes el compromiso y la transferencia del conocimiento en materia de accesibilidad y atención al usuario y cliente con necesidades diversas son pilares de actuación.

3.1. Acciones de Diagnóstico, Formación y Compromiso

La elaboración de bases de datos con los recursos turísticos del territorio es el primer paso para conocer los recursos locales con los que cuenta el destino.

A partir de aquí se trata de analizar la accesibilidad de estos recursos inventariados. ¿Cómo lo hemos hecho?

¹ Más información: www.greenways4all.org y www.viasverdes.com/Greenways4all/principal.asp

- 1) Encuesta telefónica sobre el nivel de accesibilidad.

Esta primera parte permite descartar aquellos establecimientos y recursos que no cumplan con unos mínimos de accesibilidad antes de ser visitados y evaluados in situ. Esta encuesta desarrollada por Predif es realizada por los técnicos de las vías verdes y supervisada por los técnicos de Predif quien determina finalmente los establecimientos que a priori van a ser auditados y descarta aquellos que no cumplen con los estándares mínimos.

- 2) Visita a establecimientos y análisis de la accesibilidad.

Este trabajo es realizado igualmente por los técnicos municipales y/o responsables de turismo de las vías verdes. Tras unas sesiones formativas impartidas por Predif a los agentes del territorio (técnicos y gestores) y tras el conocimiento de las herramientas de evaluación de los cuestionarios desarrollados al efecto por Predif, son estas personas las que realizan las visitas y evaluaciones tanto a la propia vía verde como a los establecimientos hoteleros, restaurantes, recursos culturales y empresas de oferta turística (alquiler de bicis, guías de turismo...).

Esto, permite formar a los gestores y que sean ellos mismos los que en el presente y en el futuro –por ejemplo, si se abren nuevos establecimientos, si se acometen reformas-, sean capaces de evaluar sus recursos. Además, permite una optimización de los recursos y el empoderamiento del territorio y sus actores en materia de accesibilidad. No obstante, estos cuestionarios, una vez cumplimentados por los gestores de las vías verdes son validados por Predif quien en una última fase podría visitarlos (aunque esa fase no se ha contemplado en el presente proyecto)

- 3) Puesta en marcha de los Pactos Locales por la Accesibilidad: Formación y compromiso.

Se trata de una fórmula en la que se conjuga el compromiso por parte de los agentes sociales y empresas por trabajar hacia el turismo accesible mientras se forman en la materia. Estos momentos de “sensibilización” en el territorio sirven así para realizar acciones formativas y conseguir por parte de los integrantes a las jornadas y acciones formativas arrancar compromisos hacia el turismo accesible.

- 4) La oferta turística accesible de la Vía Verde.

Con las fases anteriores desarrolladas, se está en disposición de conocer la oferta real que existe en el territorio en materia de turismo accesible. De esta forma, la base de datos inicial queda filtrada a los establecimientos que realmente podrían formar parte de un producto turístico.

Junto a los establecimientos turísticos se determina igualmente los tramos de la vía verde que tuvieran que ser descartados como oferta accesible en el caso de que existan problemas o puntos negros en el itinerario que los hagan descartables. Es por ello, muy importante, que en la realización de este esquema de trabajo se analice igualmente los niveles de accesibilidad de todo el trazado de la vía verde.

Además, en esta fase se realiza una presentación en el territorio que sirve de efecto demostrativo del valor añadido que tienen los establecimientos y recursos turísticos accesibles frente a los que no los son.

En esta secuencia de trabajo se incorpora también la formación específica sobre la “Atención al Cliente con discapacidad y necesidades diversas” de manera que los establecimientos y recursos avancen en materia de turismo para todas las personas, entendida también desde el punto de vista de la atención al cliente y usuario y no sólo desde el punto de vista de la accesibilidad física de establecimientos y espacios. Cabe mencionar que las empresas turísticas operadoras -turoperadores y agencias de viajes que participan como socios del proyecto- reciben también formación en atención al cliente con necesidades. Como complemento a esta acción se realiza una encuesta de necesidades formativas en materia de turismo accesible en ambos territorios pilotos a través de breves cuestionarios online.

3.2. Creación del Producto Turístico.

Una vez está determinada la oferta, se crean grupos de trabajo para la construcción del producto o productos turísticos accesibles en base a las vías verdes. En estos grupos están presentes tanto los gestores de la vía verde como las empresas del territorio y las empresas operadoras y agencias de viaje. Entre todos los actores y tras la visita de las empresas operadoras a las empresas locales del territorio o proveedores de servicios turísticos (alojamientos, restaurantes, recursos complementarios, guías y alquiler de bicicletas) se trabaja para crear un producto turístico atractivo y accesible que incorpore ya la oferta concreta.

Esta fase se concluye en los productos o paquetes turísticos incorporando ya la descripción de la oferta y

un precio y que está listo para ser integrado tanto en los canales de comercialización turística propios de las agencias de viaje y turoperadores (webs, workshop de comercialización en ferias turísticas) como en portales especializados y plataformas tales como www.viasverdesaccesibles.es, www.viasverdes.com, Tur4all web y App, www.pantou.org, Spain.info, etc. Así mismos los productos están preparados para integrarse en un Catálogo de ofertas turísticas.

Aunque inicialmente el proyecto preveía la creación de 2 productos turísticos accesibles, finalmente este Catálogo se compone de 10 productos de vías verdes accesibles de España y Portugal gracias a la implicación de las empresas socias del proyecto: Accessible Madrid, AstroAndalus y Turismo Vivencial.

Cabe destacar entre las acciones la publicación de los recursos accesibles y experiencias en plataformas de gran importancia como son Tur4All España y Tur4All Portugal (en breve) gestionadas por entidades de referencia en el tercer sector como son Predif y Accessible Portugal respectivamente.

3.3. Testing. El viajero opina.

A la vez que se avanza hacia la fase de comercialización turística varios usuarios y colectivos con necesidades especiales probarán y evaluarán (en la última fase del proyecto, septiembre – diciembre 2017) los productos con el objetivo de que estos cumplan con el nivel de calidad esperado corrigiéndose en aquellos casos que sea preciso aspectos o elementos que no sean satisfactorios para el cliente final. Esta evaluación se llevará a cabo por 2 grupos de viajeros, siendo uno el cliente finalista, y el otro un grupo formado por expertos, periodistas y otros profesionales interesados en el proyecto. Se espera que 30 personas participen de esta fase de trabajo. Cabe señalar que para el desarrollo de la misma se espera contar con la colaboración y participación de la Fundación Once con quien ya se trabaja en esta línea. Con las opiniones y valoraciones de los viajeros se elaborará un folleto con experiencias y recomendaciones realizadas “por y para los viajeros con necesidades especiales”

3.4. Comunicando las acciones.

El proyecto GW4ALL y todas sus acciones llevan también aparejadas varias acciones de difusión, promoción y comunicación tales como la difusión en internet, campañas de sensibilización en las redes sociales, elaboración de varios folletos en 3 idiomas, edición de boletines y la celebración de 2 Conferencias, -una al inicio del proyecto en Madrid y

otra al término en Portugal-, entre otras acciones. Cabe destacar también la elaboración de la “Guía práctica hacia el Turismo Accesible en Vías Verdes” elaborada por Predif, FFE y con la colaboración de la Asociación europea de Vías Verdes y que estará finalizado en diciembre de 2017.

4. Conclusiones.

A modo de breve conclusión, y aun cuando el proyecto Greenways4All no ha finalizado se puede concluir que los resultados están siendo muy satisfactorios para el conjunto de socios que forman el consorcio que lo desarrolla así como para los territorios piloto donde se está implantando y para la agencia EASME de la Comisión Europea que lo evalúa. Además, este proyecto establece una metodología y un plan de trabajo completamente exportable a otros lugares que cuentan con vías verdes. Por tanto, nos atrevemos a decir que cabe en la definición y valoración del mismo como una “buena práctica” en materia de turismo para todas las personas.

De este modo, para el equipo que conforma este proyecto será un gran honor poder tener la oportunidad de presentarlo en el V Congreso Internacional de Turismo para Todos organizado por la Fundación ONCE en la ciudad de Málaga en septiembre de 2017.



Imagen 1. Diagnóstico de accesibilidad y formación local



Imagen 2. Productos turísticos accesibles en Vías Verdes



Imagen 3. Pactos Locales por la Accesibilidad

Evolución del turismo para todos: De una accesibilidad de mínimos por derecho a una accesibilidad de excelencia con la personalización. Análisis de ejemplos de adaptación de producto en hoteles.

Delfin Jiménez Martín
Dr. Arquitecto [EQAR]
d.jimenez@eqar.es



Ilustración 1: Diferentes tipos de bebida

Resumen

Hasta ahora la accesibilidad en el turismo, tanto en los entornos como en los productos y servicios, ha venido marcado por las exigencias normativas. La consecuencia ha sido una accesibilidad de mínimos, es decir en la mayoría de los casos la peor solución de entre las posibles. Sin embargo poco a poco la búsqueda de la excelencia está dejando atrás el campo legislativo de obligado cumplimiento, llevando al sector turístico a centrarse más en la persona para

intentar detectar cuales son las necesidades concretas de cada uno de los turistas.

Esta demanda, coincidente con la cuarta revolución industrial que nos habla entre otras cosas de la necesidad de personalización de la producción es la que sin duda va a marcar el futuro próximo del turismo en general y de la accesibilidad del turismo (turismo para todos) en particular.

En este artículo se pretende realizar un ligero análisis, casi a modo de crónica o anecdótico, que pone sobre la mesa algunas de las diferentes posibilidades de personalización existentes en el ejemplo concreto de un hotel.

Abstrac

Up to now, accessibility in tourism, both in environments and in products and services, has been marked by regulatory requirements. The consequence has been a minimum accessibility, that is in most cases the worst possible solution. However, little by little the search for excellence is leaving behind the legislative field of mandatory compliance, leading the tourism sector to focus more on the person to try to detect what the specific needs of each of the tourists.

This demand, coinciding with the fourth industrial revolution that speaks to us, among other things, of the need for customization of production is what will undoubtedly mark the near future of tourism in general and the accessibility of tourism (tourism for all) in particular.

This article aims to make a slight analysis, almost as a chronic or anecdotal, that puts on the table some of the different possibilities of personalization existing in the concrete example of a hotel.

1. Introducción

Una de las características de esta “cuarta revolución industrial”, “revolución 4.0” o “industria inteligente”, más allá del omnipresente Internet de las Cosas (*IoT*), es la de la innovación a través de la personalización de la producción. [1] Se pasa por tanto del antiguo paradigma empresarial, enfocado en la producción masiva, a un nuevo “sistema de personalización masiva de productos” [2] y es así como los entornos y servicios se adaptan a cada usuario y no al revés. Abriendo incluso la posibilidad de que sea el propio usuario el que pueda personalizarse a su criterio el producto o servicio: diseño a partir de un avatar, generalización del uso de impresoras 3D,...

En el mundo del turismo las adaptaciones al usuario han venido motivadas normalmente por exigencias normativas que suelen ceñirse a requisitos mínimos para poder posibilitar la experiencia turística. Esto se ha traducido en que era el turista el que se adaptaba a las características (facilidades o dificultades) de un hotel por ejemplo, y no el hotel el que se adaptaba a las necesidades de cada uno de los turistas, independientemente de sus necesidades, capacidades, gustos o apetencias. [3]

2. Innovación turística a través del saber

Cada vez más, el talento y la innovación aplicados al sector turístico promueven un turismo inteligente que no necesariamente debe asociarse a la tecnología, sino a la cercanía al cliente. La inteligencia no va por tanto de tecnología, sino de personas.

El análisis de la demanda, a través del *design thinking* nos lleva a innovar, pero aportando valor al usuario. Cualquier innovación que no tiene una repercusión clara sobre el usuario debe ser por tanto puesta “en cuarentena” para valorar realmente su carácter innovador o su eficacia en este caso para el sector turístico.

Muy recientemente, en el Forum *Futures is now* organizado por Norman Foster en el Teatro Real de Madrid, Patricia Urquila afirmaba que “Hoy el mundo digital es una frontera que podemos saltar sólo ampliando las miras, conectando saberes” [3] donde se ponían de manifiesto varias ideas. En primer lugar se podría afirmar que la tecnología igual que a veces es una herramienta muy útil, otras veces genera una brecha para muchos usuarios que les aleja de su entorno y de los servicios y actividades que en él se prestan. Por otra parte, entendiendo que a estas alturas no se puede renegar de la tecnología, la única forma de dominar el mundo digital es a través del saber, y no del saber individual, sino a través del saber compartido, conectando, que va formando una red de conocimiento que permite reubicar a la tecnología con una herramienta donde el protagonismo lo tiene la persona y no el ente digital. El factor decisivo en la era digital está en la habilidad para desarrollar una cultura abierta al cambio, a la flexibilidad y a las alianzas con terceros. Así no sólo se aprovechan las tecnologías emergentes, sino que se también se abrazan las nuevas estrategias de negocio que impulsan esas tecnologías. En definitiva, su éxito dependerá de las personas [5]

En el mundo del turismo la clave por tanto estará en conocer cuáles son las demandas del turista, no para ofrecer una solución única general que cubra el mayor rango de necesidades (que también, ya que ese debería ser el punto de partida), sino una flexibilidad en los productos ofertados de modo que se pueden adaptar no sólo a las necesidades, sino a los gustos de cada turista. Damos así entonces un salto de gigante en lo referente al a Accesibilidad ya que pasamos de asociarla a un derecho de las personas con discapacidad a un factor de calidad para todos los turistas.

3. Ejemplo de análisis en hoteles

A modo de muestra se detallan a continuación diferentes ejemplos concretos de posible personalización de la oferta sobre accesibilidad en hoteles, donde la referencia no son ya los requerimientos normativos mínimos, sino la excelencia máxima marcada por el confort del cliente.

3.1. Una reflexión sobre la dotación

El dato de la dotación es muy relevante. Y no sólo por un tema normativo, sino para saber por ejemplo si

un hotel puede acoger a grupos o simultanear varios clientes individuales con necesidades especiales. No se trata por tanto de “cumplir” con nada sino de abrir las posibilidades de oferta. ¿Y si en un hotel todas las habitaciones fueran accesibles independientemente de las necesidades de sus ocupantes? Quizás aquí todavía un freno esté en la identificación de “habitación accesible” con habitación hospitalaria o de diseño menos atractivo. Queda por tanto un reto por resolver para los diseñadores (la habitación accesible tan interesante como el resto) y otro para los clientes (accesible no tiene por qué significar menos confortable, lujoso o de peor calidad) aunque quizás lo segundo es consecuencia de no haber desarrollado mejor lo primero.

3.2. La accesibilidad de las habitaciones estándar

Muy en relación con lo anterior está el hecho de asociar la accesibilidad a dotar a algunas habitaciones de algunas características especiales pensadas para un grupo muy concreto de personas. ¿Por qué no pensamos en todas las personas cuando pensamos en la accesibilidad? Una habitación tipo cuanto más accesible sea mejor será para cualquier usuario. Quizás si cambiamos aquí la palabra “accesible” por “fácil de usar” o “cómoda” se entienda mejor. Una habitación amplia, donde podemos abrir fácilmente las puertas o accionar los mandos, donde la ducha resulta segura y fácil de usar tanto por un niño como por un abuelito,... Y estas cosas (grifos monomando, mecanismos de gran superficie contrastados, espacios de maniobra, ausencia de bordillos en el suelo, un mando de TV fácil de entender, ducha con asiento...) son detalles de diseño accesible no para un determinado colectivo de clientes, sino para cualquier cliente.

3.3. Habitaciones comunicadas

Aunque existen sigue siendo singular encontrar habitaciones comunicadas donde una de ellas es una habitación accesible. Esto permite la atención durante la noche por un familiar, amigo o asistente sin necesidad de tener que dormir en la misma habitación (respetando así la intimidad de ambos) y sin tener que salir a zonas comunes.

En hoteles familiares o con formato de apartahotel, es más habitual encontrar habitaciones comunicadas pensando en un habitáculo para los padres y otro para los hijos. Sin embargo es mucho más difícil de encontrar hoteles donde una habitación accesible tenga posibilidad de estar comunicada.

¿Supondría una gran inversión o un perjuicio para el resto de clientes si no la usan? Sin duda no. El único motivo es no tener en cuenta las necesidades de los

clientes y flexibilizar la oferta que además puede dar servicio a otras necesidades similares no necesariamente asociadas a una persona con discapacidad.

3.4. Pequeñas asistencias y autonomía personal

Muchas veces la accesibilidad y lo que marca definitivamente la diferencia de confort de un hotel está en los pequeños detalles. Y a veces esos detalles no son aparentemente importantes, o podrían considerarse como no necesarios pues pueden existir otras alternativas, pero quizás entonces el nivel de autonomía no sería el mismo. Veamos algunos ejemplos:

1. Las perchas con palo central que facilitan su uso desde una altura menor (ideales para usuarios de silla de ruedas, personas de talla baja, niños...), su ausencia se puede suplir muchas veces estirándose o pidiendo asistencia al acompañante, aunque crea cierta dependencia y reduce la autonomía personal.
2. Algo similar ocurre en los comedores de autoservicio, donde la existencia de bandejas, espacios para apoyarlas, disposición no alejada del borde para facilitar el alcance,...
3. Las “*amenities*” del baño (gel, champú...) donde el diseño es el mismo, la rotulación pequeña y resulta difícil de identificar. Aunque en algunos hoteles ya se opta por envases de diferentes colores, o por grandes rotulaciones, o por incluir Braille en la rotulación... todavía lo normal es que mucha gente tenga problemas para no confundir dentro de la ducha un envase del otro. ¿Grave? No. ¿Incómodo o mejorable? Sí.

Son medidas que facilitarán el uso para todos y posibilitarán además la autonomía de unos cuantos que podrán utilizar un espacio y disfrutar de un servicio que en muchas ocasiones no pueden hacerlo de forma autónoma.

3.5. La demanda de bañeras accesibles

Parece un contrasentido que existiendo la posibilidad de una ducha nivelada sin plato, alguna persona con movilidad reducida pueda solicitar una habitación con bañera. Esto nos lleva a una reflexión sobre la visión global que se debe tener en el mundo del turismo donde existen diferentes costumbres en función de las diferentes tradiciones o culturas. Así por ejemplo es relativamente habitual que turistas británicos o asiáticos usuarios de silla de ruedas prefieran una bañera con tabla de transferencia que una ducha perfectamente nivelada sin plato. ¿Es una locura? ¿Es un paso atrás? ¿Debemos obligar al uso de

la ducha enrasada? No. Simplemente es contemplar la posibilidad de otros usos y otras costumbres y contemplar esa posibilidad en el diseño de nuestro hotel. (Aunque sea obvio conviene recordar que además de la tabla de transferencia es fundamental la existencia de barras de apoyo en la bañera para posibilitar la transferencia)

3.6. La señalización sólo cuando sea necesario

Es cierto que la señalización de elementos accesibles de uso público para poder garantizar su reserva o prioridad de uso, es algo muchas veces necesario en los hoteles. Pero también es cierto que cuando la dotación es lo suficientemente generosa como para no tener nunca demanda de elementos singulares, entonces quizás es más integrador no señalar, (que en última instancia siempre lleva implícita cierta estigmatización y segregación).

Es el caso por ejemplo de un comedor en el que todas las mesas son accesibles y siempre hay sitio de sobra ¿por qué no dejar que haga uso del espacio como cualquier otro cliente? Aunque más singular también he estado en hoteles donde el aparcamiento siempre tenía sitio con plazas amplias y donde existían múltiples alternativas para la transferencia, en ese caso ¿es necesaria realmente la señalización o al dirigir el uso más de lo necesario estamos acotando innecesariamente la libertad de decisión y uso del cliente? Algo similar ocurre cuando las plazas de aparcamiento están asociadas a una habitación o apartamento. El que es accesible ya tiene su plaza adaptada ¿es necesario anunciarlo permanentemente si cada uno tiene ya su plaza?

Quizás se podría tomar como referencia el lema “integrar siempre que se pueda y señalar diferenciando sólo cuando sea necesario”.

3.7. “Tecnología difícil”

Desgraciadamente la tecnología no tiene siempre como prioridad la facilidad de utilización por el usuario final. Así se pueden encontrar con bastante frecuencia en los hoteles pequeños detalles que dificultan la estancia. Veamos tres ejemplos bastante gráficos:

1. El sistema de apertura de puerta de la habitación, con procedimientos precisos de aproximación o inserción de la tarjeta, mecanismos poco intuitivos o difíciles de entender, fácil desactivación... ¿Quién no ha tenido nunca problemas para abrir la puerta en una habitación de hotel? Existen algunas alternativas de posibilidad de apertura (con el teléfono móvil,...) aunque son todavía algo casi anecdótico.

2. Los interruptores de la habitación ¿qué botón corresponde a cada luz? Y si hay mecanización de persianas, cortinas... A veces uno se puede encontrar ante un auténtico panel de mandos, a veces sin identificación ninguna. Es un ejemplo de una posibilidad de personalización de la iluminación de una habitación que no resulta eficaz por la forma de transmisión al cliente. La dificultad de uso resta o anula su eficacia.
3. Las cafeteras de autoservicio en la zona de desayuno. Es una escena habitual el encontrarse a un cliente explicando a otro cómo hacer el café, o que se forme cola ante la dificultad de un cliente para utilizar la máquina... Señores del hotel, si esto pasa más de dos veces algo está fallando. Y sin embargo sigue siendo habitual el encontrarse con máquinas que sólo unos cuantos saben manejar bien. ¿o será un privilegio para los turistas que se hospedan muchas noches y así adquieren los conocimientos suficientes para su manejo?

3.8. Entrar en la piscina ¿una “atracción”?

El acceso a las piscinas está mejorando día a día, y aunque las grúas de transferencia al vaso de la piscina son una excepción, las entradas en playa o con peldaños y pasamanos facilitan enormemente el uso frente a las tradicionales escaleras de mano, favoreciendo incluso el uso a turistas que habitualmente “no se atreven” a utilizarla.

Cualquier turista (salvo alguna extrovertida excepción) desea entrar y salir de la piscina sin que eso se convierta en una atracción tanto por su peligrosidad como por la atracción que supone para el resto de bañistas. Conseguir que una persona mayor, con muletas o incluso con silla pueda entrar y salir de forma desapercibida es el reto deseable aún por conseguir.

3.9. “Sillas voladoras” y otras mentiras de la web

Aunque la diversidad de cada persona también se manifiesta en cuanto a la movilidad, lo cierto es que sobreentender que un “pequeño escalón” en la entrada de un local del hotel o en la salida a la terraza de la habitación no es problema porque “se le ayuda” no debería implicar en ningún caso anunciarse en la web como “apto para silla de ruedas” como ocurre de forma masiva en muchos casos. Además de la publicidad engañosa estamos restando autonomía a los turistas que se hospedan en el hotel ¿es esa la mejor publicidad?

La sinceridad a la hora de mostrar las limitaciones de las propias instalaciones, junto con la búsqueda continua de una visión lo más amplia posible de las diferentes necesidades del turista y las posibilidades de mejora, son las dos claves para evitar esta habitual suposición de que las sillas pueden volar para salvar pequeños obstáculos.

3.10. Usos alternativos: sí, pero...

“Como se usa poco... pues le damos otro uso”. La idea es inteligente desde la perspectiva de negocio, pero siempre y cuando los usos alternativos no anulen o imposibiliten el uso principal.

Que un turista sin necesidades especiales se pueda alojar en una habitación accesible si ésta no tiene demanda es algo interesante, pero convertir un aseo adaptado en cuarto de la limpieza de modo que al ir a utilizarlo sea imposible por el almacenamiento de cosas, o utilizar la parte rebajada del mostrador de recepción como expositor y lugar para apilar cosas, es una evidencia de que se ha olvidado la accesibilidad.

3.11. Barras de apoyo “no, gracias” ¿?

Se pone sobre la mesa aquí la doble asignatura pendiente de la integración de los elementos de apoyo con el diseño (ya adelantado en el primer ejemplo sobre dotación) y la concienciación sobre “elementos imprescindibles” aunque puede que ahora mismo uno mismo no los necesite.

Una directora de hotel me dijo “las barras del inodoro las quité porque esto parecía un hospital y además un cliente se quejó”. Mi reflexión posterior fue ¿se cuestiona de igual modo la estética de una barra de apoyo que la de un extintor?

Rebajar a un nivel estético un elemento para una necesidad básica es un error cultural y empresarial. Máxime cuando ya hay en el mercado elementos que sí cuidan el diseño y proyectos que pueden integrar estos elementos en los espacios con una gran calidad estética.

3.12. Servicios exclusivos (pero para otros)

Gimnasio, Spa... ¿Por qué se sobreentiende que las personas con discapacidad no los demandan? El hecho de que no las usen no significa que no les gustaría utilizarlas ¿por qué no va a poder un cliente practicar con las pesas en el gimnasio sólo por el hecho de ir en silla? ¿O por qué no puede darse un baño de burbujas si no soy capaz de salir por una escalera de mano o de una bañera sin abrazaderas? Esto suele ser también habitual en servicios complementarios del hotel como son las excursiones desde el hotel, actividades deportivas, tiendas de compras...

La accesibilidad de la oferta turística debe ser completa, sin espacios y servicios exclusivos sólo para unos pocos clientes por motivos de capacidad funcional.

3.13. Braille con cabeza

Una vez me comentaba una persona ciega “¿os pensáis que los ciegos vamos tocándolo todo para explorar, sin saber antes si hay alguna señalización? Es una pérdida de tiempo y una guarrería ya que no sabes lo que te puedes encontrar”.

Y es que la señalización Braille no tiene mucho sentido si se aplica de forma puntual en algunos elementos. Sólo si se utiliza de forma global (en todo el edificio) y de forma sistemática (siempre con el mismo criterio de diseño y ubicación) una persona ciega podrá considerar como herramienta para la orientación la señalización en Braille.

Sirvan como excepción algunas actuaciones independientes como pueda ser la botonera de un ascensor (que por ley debe estar siempre en Braille aunque en el edificio no haya más señalización) o el servicio de carta de platos en el menú de un restaurante (que es un servicio independiente del espacio en el que se esté).

Pero en general debemos ser conscientes de que el Braille funciona como “un sistema de señalización” y que no tienen sentido las rotulaciones aisladas.

3.14. Como las escaleras del metro

Al menos en los hoteles españoles, es una práctica bastante generalizada la no existencia de pavimento señalizador ante un elemento de cambio de nivel como es una escalera. Y el motivo principal no es otro que la no solución de integración en un diseño del interior del edificio, más allá de las estaciones e intercambiadores de transporte. El característico pavimento de botones en color amarillo pegado sobre el solado existente es una solución eficaz en edificios relacionados con el transporte, pero no exportable a otro tipo de edificios como son los hoteles. Existen algunas iniciativas para integrar esa señalización en otros tipos de pavimentos, aunque de momento están en fase de prototipo o son todavía de muy baja implantación. También se está estudiando en algunos foros cómo en algunos casos otros elementos pueden ser una alternativa al pavimento táctil para advertir al usuario de que se aproxima a un cambio de nivel. Existen por tanto aquí un interesante campo de diseño e investigación por desarrollar antes de rechazar o descartar cualquier acción a considerar.

3.15. Sin derecho a vistas

En muchas ocasiones parece que la habitación accesible es el espacio residual que queda después de configurar otras prioridades. Con demasiada frecuencia las habitaciones accesibles coinciden con orientación interior (“total, no pueden salir a la terraza”) o en planta baja, sin posibilidad de poder disfrutar por ejemplo de las vistas como cualquier otro turista.

Aunque la comunicación vertical tiene una gran relevancia en el diseño del edificio, a estas alturas, en pleno S. XXI parece que el disponer de ascensores accesibles en un hotel debería ser algo superado, (independientemente de la categoría del mismo) no sólo como servicio para clientes con discapacidad, sino como elemento de accesibilidad para cualquier turista que venga cansado, con equipaje o que simplemente no le apetezca subir escaleras.

3.16. La “evacuación futura”

La evacuación en un hotel de las personas que no pueden realizar la evacuación de forma autónoma es prácticamente una tarea pendiente que todavía muchos hoteles ni se han llegado a plantear.

Todavía los turistas no tienen una cultura en la valoración de su destino donde la seguridad ante una emergencia sea relevante, aunque cada vez más se está empezando a considerar. ¿Iráis de vacaciones a un hotel que no fuera seguro ante una emergencia? Cuando en un futuro próximo todos los clientes se hagan esta pregunta a la hora de elegir un hotel en su destino, la visión global y actualizada que tenga de la evacuación dicho hotel (incluyendo la evacuación asistida) podrá llegar a ser, si no determinante, sí un factor de gran peso en la decisión final de la reserva.

4. Conclusiones

La personalización y flexibilización de la oferta (entornos, productos y servicios turísticos) es la clave para el futuro de la experiencia turística ya que nos permitirá sacar partido a todos los avances

tecnológicos que por sí solos no van a garantizar un turismo más inteligente y/o más accesible.

Existen muchas posibilidades de personalizar, flexibilizar y en definitiva “abrir el abanico” de posibilidades al turista para que pueda disfrutar de su estancia de una forma confortable y autónoma, términos que en un futuro próximo llevarán implícita la accesibilidad.

Cuando se habla de personalizar la oferta, de poner a las personas primero,... no se trata de pensar en las personas con discapacidad (tendencia errónea que arrastran muchos profesionales al hablar de turismo accesible) sino de pensar en todas las personas, en el turista como una persona diversa independientemente de sus capacidades funcionales

5. Bibliografía

- D. ZAMPA CANCELO, «De la Producción a la Personalización. Una reflexión sobre la industria, el diseño y las personas,» *Temas de disseny*, nº 21, 2004.
- F. GIUSTI BRAVO, «La estrategia de la Personalización Masiva,» *Beetrack, blog*, 6 octubre 2016.
- F. SANTOS, A. ALMEIDA, C. MARTINS y P. MOURA, «Using functionality/Accessibility levels for personalized POI Recommendation,» de *Advances in Intelligent Systems and Computing*, ResearchGate, 2017.
- A. ZABALBEASCOA, «¿De qué hablamos cuando hablamos de "la gente"?,» *El País*, 5 junio 2017.
- ACCENTURE, «Las personas primero: la importancia de las personas en la era digital,» Accenture Technology Vision, 2016.

Bauhaus for all

Erich Thurner CIO / MindTags GmbH
erich.thurner@mindtags.de

Abstract

At the United Nations Convention on the rights of persons with disabilities, States Parties agreed to take all appropriate measures to ensure that persons with disabilities can exercise the right for the freedom to seek, receive and impart information and ideas on an equal basis with others, and through all forms of communication of their choice, as defined in Article 2 of the present convention, including by (a) providing information intended for the general public (Art. 21a). In Article 30 (a), States Parties recognise the right of persons with disabilities to take measures to ensure that persons with disabilities enjoy access to cultural materials in accessible formats.

“Seeking, receiving and imparting” information in an appropriate accessible way is not yet obvious and still far from self-evident. The “access to enjoy” cultural life is far more than physically reaching a point of interest.

Our mission is to optimise the transmission of digital information under the principals of universal design.

The task:

Our goal was to design and develop an app for the current “Bauhaus Museum” in Weimar, Germany, that would be equally functional for people with no disability and for blind users.

We focused on enabling users to make their own way around that museum without outside assistance, which meant enabling them to maintain their orientation both informationally and spatially. In addition, we wanted to ensure that the visit to the museum would involve not just stringing together various chunks of information, but would provide visitors with the ability to tailor their experience to their own needs.

We also needed to take into account that the Bauhaus Museum is only one among many places of cultural interest managed by the Klassik Stiftung Weimar, and

that visitors should be able to access and enjoy all these locations using one and the same information and orientation system.



(Screenshot starting-page Bauhaus Museum Weimar)

Initial approaches to implementation:

Our initial thinking involved leaving out, for the time being, visitors with no disability and instead focusing solely on overcoming information barriers, with no concern for aesthetics, the logic of the existing exhibitions or even the national heritage status of the locations themselves. The result was a hybrid system involving tactile paving and acoustic information stations. Guide lines and decision points were to lead visitors to the exhibits and the associated speech stations. Blind visitors would have the option of touching, experiencing, and

haptically perceiving 3D-printed replicas while simultaneously listening to the history of the exhibit. A railing would lead to the next exhibit and paving indicators would lead to the next area or into other rooms. These ideas were in principle good ones; but they were only good for people who were totally blind. It was therefore a question of finding the best possible compromise between the needs of a number of agents: the board of Klassik Stiftung Weimar, museum education specialists, curators, and visitors (whether with or without disabilities).

Altogether this meant that no changes could be implemented, such as for example changes in contrast via targeted use of light or change of colour, and no alterations to the floor or to what was presumably the logic of the exhibition as a whole. It would also be nice if investment on the technology side could be kept to an absolute minimum, and if technology were easy to implement and maintain and did not engender excessive costs.

In a cultural landscape with a strong visual component it would seem to be impossible to satisfy the needs of everyone in equal measure. Blind people need descriptive auditory access to data. Hearing-impaired people are dependent on signing and on simple language. Cognitively impaired people need content in simple language and people with limited mobility need access to barrier-free routes.

This representation addresses necessary differentiations such as for example between the needs of 14-, 40- or 70-year-old visitors.

How have we met these challenges?

It is clear that there will never be a truly inclusive Esperanto as the language shared and understood by and accessible to everyone.

The consequence of this was, we believed, that content would need to be separately elaborated and made available in various different modes.

The smartphone as the general key to information

When we remember that mankind flew to the moon nearly fifty years ago – with less computation power than 80% of the European population now carries around in its pocket nearly the whole time – then we are compelled to answer the question of why we today continue to fail to provide accurate, current information to people who need it.

The smartphone is now more than a classical telephone. The stationary music box gave way to the mobile Walkman. That, in turn, was ousted by the minidisk and the MP3 player. Today we stream our favourite music from a library of millions upon millions of items, listen to our books when and where we want and even watch films on our smartphone. We communicate via voicemail or email, WhatsApp and/or Facebook. We are connected and the smartphone is always a part of this.

The smartphone is a small but very powerful computer, which has several different types of sensors available to it. From the acceleration sensor to the barometer or

hydrometer to the compass, all these powerful measuring units can be accessed, connected up, and put to good use. Recent surveys have shown that two out of three blind people in Germany use a smartphone above all as an aid. Today the smartphone is even recognized as an aid and subsidized by some health funds.

It was facts like these that led to the development of an app for the Bauhaus Museum – an app designed to promote independent, unassisted orientation in terms of both information and space.

The Bauhaus 4 All App

Many of the user's interactions with the smartphone can be automated. For example, the app can recognize which operating system language the iOS or Android operating system uses. If the app can tell that the user interface is in English, then it's logical to assume that the user understands English well enough for the information on an exhibition or a particular exhibit to be provided in English as well.

But what happens if the smartphone is operated in Turkish and the museum content hasn't been translated and made available in that language? One solution is that the app would recognize the discrepancy and automatically switch to what is known as the "default mode", which for Weimar we have set to English. Another solution is that users could simply select their preferred language manually from the list of languages available.

Parameterization of content

We recognized that different user groups need to have different information presented to them.

In contrast to automatic speech recognition systems, user identification must here be performed manually. This is done in the settings.

Here it was important not to violate users' privacy. A decision had to be made that took into account the possibility of a potentially discriminatory classification of people versus a more individualized preparation of content.

Instead of classifying ways of using via "blind" we used terms like "descriptive language".

Sensors

External close-range sensors NFC

NFC stands for near-field communication and is based on RFID technology. It has been used in the logistics industry for several years now in conjunction with special scanners. The sensor is an essentially passive one which does not require its own power source. Although an NFC chip is scarcely bigger than a fingernail, this tiny device is now able to store approximately one kilobyte of data and is surrounded by a coiled antenna. The process of interacting with it is child's play: simply touching the smartphone triggers an electronic signal that causes the data stored on the chip to be transferred to the phone. The data could be simply information, or, in our case, links pointing to particular smartphone functions that we want to activate.

A further advantage of this technology is that it enables pre-installed scanner software in the form of an app to be automatically loaded and activated. What's more, the content can be accessed directly, without any further interaction, and can thus be played or read aloud automatically, for example. But on the other hand, there are also disadvantages:

The NFC chip cannot be deployed on metallic surfaces without special shielding.

As a close-range sensor, the NFC chip only works if the smartphone is held very close to it, the maximum possible distance being about 4 cm. The chip is constructed so as to be minimally invasive, which means it can scarcely be felt. To assist people who have a visual impairment, a special carrier material can be used for the chip. We use three- to five-millimeter thick plexiglass and, following the "two senses" principle, add tactile indicators in Braille and raised letters.

The biggest disadvantage in using NFC chips is that currently only smartphones or tablets running the Android operating system are able to operate the scanner. The true scope of this limitation becomes obvious when we consider that more than 80 % of blind smartphone users rely on an Apple smartphone. Apple was compelled by government intervention back in 2010 to guarantee operability of its systems by all users regardless of whether they have a disability. In addition, the operability of iOS-based devices is characterized by the fact that Apple places particular emphasis on user interaction, and thus on the user interface, with regard to "user experience". It is true that Apple has been building NFC scanning units into its devices over the last three smartphone generations, but it is only this year that it is reportedly going to be possible to operate these and connect them with apps. It seems that only the current iPhone 7 and the iPhone 8 expected in September 2017 will be able to take advantage of this functionality.

QR:

QR stands for Quick Response Code and works with the camera in combination with barcode or QR code scanner software. In the past three years of our operations we have refrained from implementing such a scanner. The reason for this is that interaction with a QR code has a strong visual component, which would initially seem to be an unsurmountable hurdle for completely blind people. Because we were unwilling and unable to wait until Apple decides to adopt this technology, we took a risk and joined with a number of groups representing the visually impaired in developing our own QR scanner software, which we embedded in our app. Our blind users can now use the QR code to make doors and exhibits speak and thus obtain information relevant to particular locations.

The disadvantages of the QR code include its unattractive appearance, the difficulty of locating it, and the not exactly intuitive process of scanning it. For many fields of application, however, the QR code is meaningful and useful, not least because it is easy to produce. We print the QR code on plexiglass, supplementing the code with tactile indicators in Braille and raised letters, and in most cases offering a combination package of QR and NFC sensors for close-range situations.

Long-range external sensors

Beacon:

Based on the Bluetooth Low Energy technology, beacons are complex transmission units that transmit on the wifi frequency of 2.4 GHz and require their own power supply (which is normally integrated). The lifetime of these closed systems is between one and four years. The reception range of beacon transmission protocols is from one to forty meters. A beacon is connected to receiver software, which is capable of receiving and processing signals so that passers-by could, for example, receive the current theatre programme guide on their smartphone.

Beacon is a comparatively new sensor technology; from its infancy, efforts were made to use triangulation to implement a system for navigating through buildings. We know of no other product that is more apt or reliable than this one. The technical investment in setting up a beacon network is considerable; this applies not only to initial installation but also to maintenance (battery replacement). Deploying beacon systems to overcome information barriers or to implement orientation-aiding measures is essentially a great thing. But the following factors need to be taken into account: First, beacons should be installed at a height of at least three meters, and are best positioned on the ceiling, since the 2.4 GHz frequency is shielded by water (and thus by people's bodies). Even though it is possible to receive a beacon signal without a specially connected app, using nothing more than a Chrome browser, most users are completely unaware of this fact; and in any case, it is a fundamental disadvantage to have to use a specific app. Unfortunately, smartphone manufacturers include different beacon signal receivers in their products, and no real device-independent standard has so far evolved.

When developing for iOS operating systems, beacon has advantages, not least because in the case of the iPhone five models have to be operationally adjusted.

We use beacons inside buildings. Rather than employing triangulation, we believe that the location of a visitor only needs to be determined approximately in order to help him or her navigate within the building. We therefore deploy this technology in places where a decision is called for, such as places where ways part, in stairwells, at entries and exits, or whenever someone enters or leaves a particular region within a building.

GPS and GeoFence:

GPS and GeoFence are classical forms of geodata, well-known from outdoor navigation in automobiles. As with a beacon, the receiver unit has to be programmed (i.e. the GPS signal as the triggering impulse has to be connected with the app) in such a way that the right content can be played at the right place. Here, too, we are looking at a form of data-set exclusivity, tied to an app.

GPS is excellent for external use, not least because no material adaptations have to be introduced as far as infrastructure is concerned. The passer-by walks into a particular spatial area which is classified in terms of latitude and longitude with an accuracy of approximately ten meters, and the location-dependent orientation-aiding information is played back.

GeoFence defines not a geographical point, but a surface, which can be as large as is necessary. For example, we used GeoFence in connection with the European Championship in Blind Football, inside the stadium in Berlin. The stadium experience was successfully

enhanced with current information on and about the European Championship. The disadvantage of GPS signals is that their strength (and therefore their deployability for our purposes) varies depending on meteorological conditions (rain, snow, fog, cloud) and infrastructure (heavily built-up areas, skyscraper canyons, etc.).

Database:

Our content management system (CMS) is based on Ruby on Rails and is the centerpiece of the MindTags Information and Orientation System. The data can be managed and updated centrally from any PC with internet access. We can quickly and easily incorporate multimedia-based information including images, texts, films or audio files, and make these available to the user. Simple data management structures are one of the key features of our system. We can isolate individual projects and assign customized administrator and editor rights as required for each project. Specific functions, such as making data available in online form only, can be selected as easily as the autoplay function that enables information to be played back without any further user interaction. We have developed the facility of quickly and easily incorporating various interfaces to Open Data, which could provide the actual departure times of buses, for example.

Detailed interactions / challenges

Essentially, it is not difficult to illustrate large amounts of information and make them available to users. A balance needs to be maintained between the exhibition as a spatially-bound conceptual totality and the user's interest in being able to explore either more or less background information on individual exhibits. Taking this interest into account, our goal was to develop a meaningful information architecture, while maintaining a close connection to the spatial facts and the overall design concept of the exhibition. The exhibition is divided into several chapters and various physical spaces, such as "Bauhaus-Museum Weimar" or "Ausstellung". The spatial connection was successfully linked to information clusters in the form of chapters. This gave rise to ten main pages (all of them in micro HTML format).



(illustration for horizontal swiping)



(illustration for vertical swiping)

A vertical swipe takes the user to various subchapters, which in some cases are presented only in summary form, depending on their size. Flat hierarchies are of fundamental importance, as they ensure that users cannot lose their way in the information system or end up not knowing where they were or which part of the app they are in. They must always be able to find the right button at the right place that takes them straight back to the start screen. We wanted our project to live up to the Bauhaus philosophy, so we used the simplest structures possible, starting with the choice of screen fonts and the contrast levels, going all the way through to the overall structure, which makes do with a single level of information depth. The individual chapters are arranged so that the visitor can take a tour of the exhibition without “turning the pages”. The sections can be accessed by swiping horizontally. Thus, the “Foyer” section is followed by the “Exhibition” in general and is continued in the Philosophical Discourse on “A new community – a new humanity”. If visitors choose to cease following this spatially-grounded central thread, we have set up beacons which activate the relevant chapters in the relevant locations. A visitor who enters a transmission area will be informed by a banner on the smartphone screen that he or she is now entering area XY. To learn more about this area, a single touch will open the relevant chapter. This “discovery mode” allows the visitor to move freely through the exhibition, receiving the right information at the right locations. Orientation for visitors with no visual disability is provided by a map which can be accessed from any screen. We have reduced the conceptual design of the map to an absolute minimum, displaying only the walls of

the rooms. The beacon serves as a location-specifier, so we make one section of the map glow to show visitors that this is the area they are currently in. When visitors enter a different area, a different beacon alerts the system to the change of location. Visitors also have the option of deliberately leaving one area and being guided to another. Here we have selected a few typical locations such as Entry / Exit, the Museum Shop, as well as various exhibition areas. An automatically generated line shows the non-visually-impaired visitor the way and the predicted distance.

But how does it work with blind users?

We have not attempted to invent anything new in terms of speech reproduction.

Certainly, one can argue about whether this or that gesture is the most appropriate one when it comes to ease-of-operation of iOS speech output or gesture-based operation via VoiceOver. But the point is that without VoiceOver blind people are unable to use an iPhone. This text-to-speech operating and reproduction approach is independent of particular apps, so it would be thoroughly confusing if we attempted to bring in an alternative as part of our participation in this project. Thus, it was clear that the finger on the display corresponds to the visual focus of a non-visually-impaired person, identifying the object and reading the text. For commands or for the second level of information depth the classic doubleclick is sufficient, and for swiping three fingers are used.

Here, too, we have used beacons to locate the visitors. In contrast to the situation with non-visually-impaired visitors, we illustrate current position not on a map, but in the form of a written description. We have prepared route descriptions for various examples of possible destinations and at the end of each section or chapter we bring up the question: Where can I take you to now? To the next chapter? To the exit? To the toilet? Etc.

After making a selection via doubleclick the user is given the route description to the next place of interest.

Insights gained:

We were surprised to discover that many blind people or people with a high degree of visual impairment were unable to operate the system properly. When we asked them why, it turned out that they have not owned their own smartphone for very long or do not yet use the full range of functions it offers. In both cases, we noted that there were big deficits in terms of the operation of smartphones in general and of VoiceOver in particular.

We were also impressed to learn that almost all test subjects were familiar with using vertical swiping, but horizontal swiping was not recognized as option of usage. Moving forward we intend to use visual cues such as arrows to provide further highlighting for this function in conjunction with the possibility of speech output as well.

As far as orientation is concerned, we have gained the insight that it is by no means a simple task to lead a blind person across a whole field of exhibits to bring them to, for example, the next room of the exhibition. Various aspects are still lacking, such as boundary railings, handrails, tactile paving, or a continuous edge that cannot fail to be detected with a white stick. We therefore urge museum designers to take these factors into account in their planning, as altering the existing design of an exhibition so as to include these elements would involve

overcoming great resistance and is thus in many cases simply impossible to implement.

Conclusion:

Overall, we are very pleased with the effort we have put into the project and the insights we have gained. It is important to consider each museum and each exhibition, whether indoors or outdoors, in a rigorously individual way and then go on to develop the most appropriate information architecture.

This requires a CMS which can react flexibly and be adapted easily to new conditions, as illustrated.

Sensors are certainly great tools which can be deployed effectively and purposefully as information-mediators, especially in the context of the total museum experience. However, we are convinced that beacons, GPS and/or GeoFence do not make analogue systems optional. To take just one example: the refractory period (which is the delay before the next query from the operating system as to whether it was able to capture a beacon signal) can only be influenced to a very minimal degree. And then there is the fact that the constant use of location services via GPS depletes the battery charge of a smartphone by about one third; while this does not make the smartphone dumber, it also does not make it the panacea for all the problems of inclusive tourism.

We are passionate about enabling all people to participate, whether they have a disability or not. We are very interested in international partnerships and would be delighted to design accessibility solutions for your project and assist you in implementing them for the benefit of all your clients!

About us

Since 2007, we have worked closely together with scientific researchers (Hochschule für Technik und Wirtschaft, HTW Berlin) with the focus on optimizing the sensory tools in Smartphones to improve everyday life for people with visual impairment. For example, in 2008 we focused on GPS and developed the first public transport companion audio guide (Tourist Line Bus 100 Berlin). Since 2010, we have been busy developing use cases using bar-, QR- code (Quick Response Code) as well as NFC (Near Field Communication) sensories. The results are our Smartphone applications MindTags for iOS and Android. MindTags enables visually impaired people to gain fast and easy access to everyday objects through acoustic information via automatised interaction between Smartphones and sensories such as QR-Code, NFC, Beacon (BLE), GPS as well as GeoFence.

References

2017: “BAUHAUS4all” (App: iOS, Android) enables visitors of the Bauhaus Museum in Weimar, Germany, to retrieve geographically points of interest as well as information at the PoI, e.g. at the exhibit. The App was developed under the principals of universal design; simply for everyone. A person with a visual impairment can make exhibits speak to them; a person with a cognitive disability receives information in “easy language”, whereas for deaf people a video in sign language will be displayed. Elderly people, families with strollers or wheelchair users will be guided on routing without mobility barriers. This project is ongoing and in cooperation with the “Klassikstiftung Weimar”, Germany.

2017: “ISBA EURO 2017” Using our App-Portal “MindTags” (iOS, Android) within the Event of the European Blind Soccer Champion Ship 2017 in Berlin, we overcome barriers in the Hotel sector. We make doors, the reception, room amenities, the restaurant menu talk to you, as well as providing information regarding the sports event. The scope is to realize as much independent participation as possible. A cooperation between ISBA and Mövenpick Hotels.

2017: “accessBerlin” (App: iOS, Android) enables visitors to retrieve accessible to touristic sights in Berlin; Presented at the ITB-Berlin (Tourist Fair) optimized for visitors being dependent on routing without mobility barriers. Kooperation: VisitBerlin, NatKo, DSFT, DZT. The App uses certified Information (DSFT) about places of interest and guides person using GPS and GeoFence.

2016: “MindTags 2.7” (Information Partial System for iOS and Android) We learned from various little projects, such as specialized Hotels and little Campus areas, optimized our technical skills and expanded the sensory scanner to GPS and GeoFence.

2015: “ABSv”, Allgemeiner Blinden und Sehbehinderten Verein Berlin (General Blind Association Berlin). MindTags finds use at the staffed offices. We implemented talking door signs, pinboards, and menus at the cafeteria as well as emergency signs in the event of an emergency.

2014/15: “TalkinWall”, Mauergedenkstätte Bernauer Straße - Berlin –ESF-EU-Project. MindTags was implemented to give access to information for all; especially regarding the exhibition opened at the 25th anniversary of the fall of the Wall.

2014: “ZooWhisperer”, Tierpark Berlin –ESF-EU-Project. MindTags was implemented at the “House of apes”. We used QR-codes, NFC as well as iBeacon to identify the biodiversity and give assistance in orientation and updated information. We are currently evaluating this pilot implementation in an out-door

practice and we hope to generalize sensor-based aid at the entire zoo.

2013/14: “Pergamon Museum”, Berlin –FSB-Project-The scientific project aims to compare oriental and occidental signs and religious symbolism and show up similarities. MindTags enables visitors to access information via implemented barrier-free iPads – Apple- as well as NFC via Android -4.2- Smartphones or Tablets.

2013/14: “TalkinGreen”, Botanischer Garten Berlin – ESF-EU-Project. With MindTags you can talk to nature at one of the most important public gardens in Berlin. We implemented QR-Codes, NFC-transponders as well as iBeacon to create a lively barrier-free experience at the exhibition “Kaukasus”.

2012: First implementation of this technology in the frame of an EU project “QuiaTestis – 2000 Meter Deutsche Geschichte” at the “Tempelhofer Freiheit”, the former city airport of Berlin. QuiaTestis illustrates 100 years of German history using thirty information points. The information is accessible in three ways: 1) print material 2) GPS tracking 3) NFC-, QR-Code detection.

Currently, we are experimenting in close cooperation with the TU-Berlin (Technische Universität, Berlin) and HTW, Berlin (Hochschule für Technik und Wirtschaft), Mövenpick, SkySurf Ltd. and Amazon on Voice control and speech recognition in order to achieve independence to the Smartphone – as an information transmitter.

We received official recognition

2012: “Berlin Brandenburg Best Practice Award 2012”
2013: “Mobile for Good Europe 2013” –Accessibility
2014: “Design-For-All-Awards 2014”

For further information please feel free to contact me personally:

erich.thurner@mindtags.de

+ 49 / 30 21480 1991 or +49 / 160 228 4089

or check out our website: <http://www.mindtags.de>



(dynamic QR code ready to scan)



MindTags

(illustration of the MindTags Logo)

Uso de la Actividad Electrodermal de la piel (EDA) junto con Entornos Virtuales Inmersivos (EVI) como medida objetiva para el diagnóstico del TEA en niños

Olmos-Raya. E, Cascales Martinez. A, Higuera Trujillo. JL y Alcañiz Raya.M

Instituto de Innovación e investigación de Bioingeniería (I3B).
Universidad Politécnica de Valencia
elolra@i3b.upv.es

Resumen

El diagnóstico del Trastorno del Espectro Autista (TEA) se encuentra condicionado por pruebas cuantitativas. Actualmente el diagnóstico del TEA se basa fundamentalmente en cuestionarios estructurados cumplimentados por las familias y/o terapeutas que resultan altamente demandantes en tiempo y esfuerzo para ser aplicadas.

El presente artículo introduce un nuevo modelo de diagnóstico para la evaluación del TEA en niños basado en la señal de la Actividad Electrodermal de la piel (EDA) ante la exposición a estímulos visuales y auditivos en Entornos Virtuales Inmersivos. Para ello se ha expuesto a dos grupos de niños, uno con Desarrollo Típico y otro TEA, a una serie de estímulos visuales y auditivos. A pesar del poco tiempo de exposición los resultados se muestran dispares en los niños previamente diagnosticados como TEA

Palabras Clave: Autismo, Realidad Virtual, Entorno Virtual Inmersivo, Actividad Electrodermal, Evaluación.

The Assessment of Autism Spectrum Disorder (ASD) is conditioned by the quantitative questionnaires. Actually, the families and the therapists are those responsible for completing the semi-structured interviews, which require time and effort for them.

This paper introduces a new diagnosis model for assessment of ASD based on the Electrodermal Activity (EDA) while the children are exposed to visual and hearing stimuli inside of an Immersive Virtual Environment (EVI). To this end, we compared the results between Typical Development and ADS Groups. The findings showed uneven results in ADS Group despite a short period of stimuli exposition.

Key Words: Autism, Virtual Reality, Immersive Virtual Environment, Electrodermal Activity, Assessment.

1. Introducción

El Trastorno del Espectro Autista es una afección de origen Neurobiológico que aparece en los primeros años de vida [1] y que supone una alteración en el desarrollo en cuanto a la interacción social, la comunicación, con presencia de intereses y actividades restringidas y estereotipadas [2]. Cuenta con una elevada prevalencia que ha ido aumentando exponencialmente a lo largo de los años desde un 3,3 de la población en los años 90 a 14,7 de la misma en el año 2010 [3]. Según datos del Ministerio de Sanidad, en 2015 España contaba con 450.000 afectados [4], dato que hace necesaria la investigación para una intervención más temprana.

El diagnóstico del TEA actualmente se realiza mediante cuestionarios basados en la observación directa de las familias o del terapeuta, exponiendo al niño a situaciones artificiales, aunque basadas en la cotidianidad [5]. Esto hace que el grado de exigencia de las familias condicione el resultado del mismo. En cuanto al tratamiento, además del elevado coste [6], su desarrollo se lleva a cabo en contextos artificiales, donde no se puede evaluar un comportamiento natural y objetivo. El terapeuta puede exponerlos a un limitado número de situaciones en contextos no reales, donde no puede llevar a cabo un exhaustivo control de la estimulación, ni predecir factores que pueden intervenir espontáneamente. Es importante destacar la dificultad de los niños TEA a adaptarse a situaciones con multitud de estímulos de carácter impredecibles [7], por ello la tecnología juega un papel importante y efectivo en la evaluación y tratamiento del TEA, por su carácter predecible [8] y por la atracción que sienten los niños por la misma y el uso que le dan a la misma en su vida diaria.

Una de las tecnologías que está experimentando un gran auge en los últimos años es la Realidad Virtual (RV) debido a que permite hacer una intervención en niños con TEA en habilidades de la vida diaria [9], entrenamiento y reconocimiento emocional [10] [11], entrenamiento cognitivo [12] y mejora de la comunicación [13]. Hay estudios que señalan que con la exposición en entornos de RV se hallaron mejoras significativas, pero basando la evaluación en métricas cualitativas [14]. Además, dichas investigaciones emplearon en unos casos entornos virtuales de escritorio, en los cuales el sentido de presencia, entendida como la capacidad del usuario de estar dentro del entorno y experimentarlo como real [15] y de transferencia sería menor [16]. En otros se usaron cascos de Realidad Virtual, los cuales no pueden emplearse en toda la población TEA por motivos de ergonomía del dispositivo. En ambos casos las investigaciones se centran en la intervención dejando de lado el diagnóstico.

La RV, dada su evolución, en cuanto al realismo de las gráficas y los avances en las técnicas de interacción cada vez más naturales, permite actualmente tener un control multisensorial de los estímulos expuestos dentro del entorno con un elevado valor ecológico [17]. Son los llamados Entornos Virtuales Inmersivos (EVI) los que nos permiten seguir ejerciendo un control experimental y de las condiciones de estimulación, mientras tomamos medidas cuantitativas de un comportamiento natural de los usuarios en un entorno y con unos dispositivos no invasivos para ellos. Se trata de un entorno virtual que permite una interacción natural con el entorno y por ende una respuesta similar a la que obtendremos en la realidad [18].

Hasta la fecha los EVI se han empleado con niños con TEA en el entrenamiento de la comunicación no verbal, pero haciendo una evaluación cualitativa de los resultados [13].

Para objetivar los resultados de las experimentaciones y enfocarlos no solamente al entrenamiento sino también hacia el diagnóstico, la investigación ha recurrido a métricas cuantitativas de carácter fisiológico como es la Actividad Electrodermal de la piel (EDA).

El EDA es la actividad del Sistema Nervioso Simpático que se ve reflejada en la sudoración de la piel [19]. Ella viene causada por un estado estresante interno del participante o por la presencia de un estímulo estresor externo. La primera causa estaría asociada a la Fase Tónica (SCL), mientras que la segunda lo estaría a la Fase Fásica (SCR) [20].

Dicha métrica se ha empleado en la investigación con niños con TEA hallado una activación atípica en ellos cuando estaban expuestos a situaciones de miedo o ansiedad [21] una mayor reactividad en situaciones aburridas o repetitivas [22] o en las que una imagen les mira directamente [23]. Cuando

existió una estimulación auditiva se encontraron correlaciones entre las medidas de EDA y los niveles de procesamiento sensorial [24]. En cambio, otras experimentaciones, no encontraron diferencias significativas con el Grupo de Control ni una correlación entre ellos y la severidad sensorial y los comportamientos repetitivos [25].

Por tanto, el EDA ha reportado resultados dispares que pueden venir dados por la variedad de estímulos empleados, por el análisis en cada una de ellas de una métrica de EDA distinta [26], por el retraso de en el registro de la señal ante la exposición a un estímulo por parte del grupo TEA [27] o bien por la heterogeneidad de la muestra tal como indica la Tabla 1, en referencia a los estudios realizados con EDA y TEA.

Tabla 1. Edades Participantes

Autores	Edad de la Muestra
"Arousal and Childhood Autism"[21]	3-5 años
"Electrodermal activity to auditory stimuli in autistic, retarded, and normal children." [22]	7-17 años
"Skin conductance responses to another person's gaze in children with autism" [23]	6,1-16 años
"Autonomic and behavioral responses of children with autism to auditory stimuli." [24]	5-12 años
"Electrodermal and behavioral responses of children with autism spectrum disorders to sensory and repetitive stimuli." [25]	2,4-4,7 años

En referencia a los dispositivos de medición del EDA, cuando se trata de niños con TEA se ha centrado en la ergonomía de los sensores [28] [29] llevando a cabo la experimentación en el entorno de laboratorio [30] o bien en contextos reales [31] En el primer caso se han obtenido datos, pero con comportamiento no naturales y en el segundo, no puede darse el control experimental.

El presente estudio está dentro de las primeras fases del Proyecto Forhss-Tea, cuyo objetivo final es el empleo de EVI junto con medidas fisiológicas como es el EDA, el comportamiento de la mirada y el

movimiento, para por un lado objetivar el diagnóstico y que, por otro, sirvan como entornos naturales de entrenamiento ante la estimulación sensorial. Todo ello con participantes en edades muy tempranas cuyo diagnóstico es reciente y con dicha información poder comparar el diagnóstico tradicional con los resultados obtenidos en EDA dentro de EVI. Para ello el entorno virtual es el contexto que nos permitirá emular situaciones cotidianas controlables, mientras que las medidas de carácter fisiológico, son las herramientas que nos proporcionarán la respuesta objetiva del participante dentro del mismo. Las primeras fases de la investigación además de lo descrito pretenden tener en cuenta la comodidad de los sensores, para asegurar en todo momento en bienestar del niño. En concreto en el presente estudio se estudió la usabilidad del sensor de EDA Empática E4, de forma que no resultase invasivo.

Nuestra hipótesis con la que pretendemos contribuir a la literatura científica, se centra en este primer paso del Proyecto Forhhss-Tea, en demostrar que existen diferencias en cuanto al comportamiento del EDA entre el Grupo de Control (Grupo 1) y el Grupo TEA (Grupo 2) cuando los exponemos a estimulaciones visuales y estimulación visual y auditiva en un Entorno Virtual Inmersivo.

2. Metodología

El diseño de este estudio es del tipo cuasi experimental con un Grupo de Control formado por niños con Desarrollo Típico y un Grupo experimental con niños con Trastorno del Espectro Autista

Para la selección de la muestra, se ha utilizado una estrategia de muestreo no probabilístico por conveniencia, dado que los participantes han sido los niños a los que hemos tenido acceso. La experiencia contó con un total de 32 participantes en edades comprendidas entre los 4 y los 6 años de edad. La población quedó distribuida en 13 participantes para el Grupo de Control o de Desarrollo Típico (Grupo 1) y 17 participantes para el Grupo TEA (Grupo2).

Tabla 1. Distribución de la muestra

Muestra	Grupo 1(Niños con Desarrollo Típico)	Grupo 2 (Niños con TEA)
N=	13	17
Media de	57,24 meses	53,45 meses

Edad		
Desviación Típica	6,2 meses	8,6 meses

Los criterios de inclusión de los participantes del Grupo de Control fueron que se encontraran en edades comprendidas entre los 48 meses y los 83 meses y que no padecieran ninguna afección vinculada a los Trastornos del Neurodesarrollo. Fueron reclutados a través de la difusión de la experimentación y del objetivo general de la misma, por medio de las Redes Sociales. En el caso del Grupo TEA el criterio de inclusión de los participantes es que estuvieran entre las edades anteriormente mencionadas y que estuviesen en posesión de una Diagnóstico oficial del Trastorno del Espectro Autista, con escalas diagnósticas como el cuestionario ADOS (Autism Diagnostic Observation Schedule), ADI-R (Autism Diagnostic Interview-Revised), Inventario de Desarrollo Batelle o el Perfil Psicoeducativo Pep-3. Los criterios de exclusión tanto para el Grupo de Control como para el Grupo TEA, fue el rango de edad o la intolerancia en cualquier momento del dispositivo de medición del EDA

3. Entorno Virtual

El entorno físico y el modelado del entorno virtual fue diseñado ad hoc en el Instituto de Investigación e Innovación en Tecnologías Inmersivas (I3B) de la Universidad Politécnica de Valencia.

El entorno virtual tuvo una duración total de 7 minutos. Constaba de un estímulo visual en el que aparecía el saludo de un Avatar Chico (SO) y el Saludo de un Avatar Chica y un estímulo visual y auditivo, en que aparecía el Baile de un Avatar Chico (BO) y el Baile de un Avatar Chica (BA). La duración de una de estas condiciones y su orden de aparición aparecen especificados en la Tabla 2.

Tabla 2. Descripción y duración de los estímulos del entorno virtual

Estímulo	Duración
Línea de Base (LB)	2 minutos
Estímulo Visual (Saludo Avatar Chico)	25 segundo (Duración Saludo: 5 segundos)
Estímulo Visual (Saludo Avatar Chica)	25 segundos (Duración Saludo: 5 segundos)

Estímulo Visual y Auditivo (Baile Avatar Chico)	25 segundos (Duración Baile: 5 segundos)
Estímulo Visual y Auditivo (Baile Avatar Chica)	25 segundos (Duración Baile: 5 segundos)
Estímulo Visual (Saludo Avatar Chico)	25 segundos (Duración Saludo: 5 segundos)
Estímulo Visual (Saludo Avatar Chica)	25 segundos (Duración Saludo: 5 segundos)
Estímulo Visual y Auditivo (Baile Avatar Chico)	25 segundos (Duración Baile: 5 segundos)
Estímulo Visual y Auditivo (Baile Avatar Chica)	25 segundos (Duración Baile: 5 segundos)
Estímulo Visual (Saludo Avatar Chico)	25 segundos (Duración Saludo: 5 segundos)
Estímulo Visual (Saludo Avatar Chica)	25 segundos (Duración Saludo: 5 segundos)
Estímulo Visual y Auditivo (Baile Avatar Chico)	25 segundos (Duración Baile: 5 segundos)
Estímulo Visual y Auditivo (Baile Avatar Chica)	25 segundos (Duración Baile: 5 segundos)

El entorno virtual comienza con una línea de base (LB) carente de cualquier tipo de distractores, en la que se visualiza un bosque al atardecer con árboles y flores (Fig. 1) acompañados de una música relajante. El objetivo es relajar al niño a su llegada para poder tomar la señal de EDA desde un estado de relajación

donde han quedado inhibidos los niveles de estrés de fuera del entorno experimental.



Figura 1: Entorno correspondiente a la Línea Base (LB).

En cuanto al Estímulo Visual, en contexto en el que se sitúa en la calle de una ciudad con árboles, una marquesina y una boca de incendios (Fig 2) ambas en la pared izquierda del EVI. Es por ese lado por donde aparece el avatar, que, tanto en el caso del chico como de la chica, caminan hasta la pared central donde se detienen.



Figura 2: Entorno correspondiente a desarrollo de los estímulos de la intervención.

En el caso del Estímulo Visual (Saludo Avatar Chico o Saludo Avatar Chica) la figura comienza a saludar al participante para posteriormente marcharse por la parte derecha del EVI (Fig. 3).



Figura 3: Estímulo Visual (Saludo Avatar Chico).

En el Estímulo Visual y Auditivo (Baile Avatar Chico y Baile Avatar Chica), el personaje aparece de nuevo por la pared de la izquierda, para pararse en la central donde comienza a bailar con la melodía de la canción “Last Dance”. A continuación, camina hacia la pared derecha para desaparecer (Fig. 4).



Figura 4: Estímulo Visual y Auditivo (Baile Avatar Chica).

Cada una de las condiciones experimentales aparecen contrabalanceadas, para así evitar la apatía del participante o la predictibilidad de lo que iba a ocurrir.

4. Procedimiento

Las familias fueron informadas de la finalidad del Proyecto y de la presente investigación, en una primera toma de contacto por los terapeutas para los participantes del Grupo TEA y por los investigadores en el caso del Grupo de Control, informaron a las familias de la finalidad del Proyecto.

Una vez informados por sus terapeutas, las familias del Grupo TEA se pusieron en contacto vía telefónica con los investigadores quienes, después de tener el consentimiento, procedieron al envío de una anticipación personalizada, usando los pictogramas como soporte. En ella se les informaba de donde iban a ir y cuando, a quienes iban a conocer, que herramientas íbamos a emplear y como era el espacio físico donde iban a entrar (Fig. 5). Dicha anticipación se les proporcionaba a las familias vía correo electrónico o mensajería instantánea móvil.

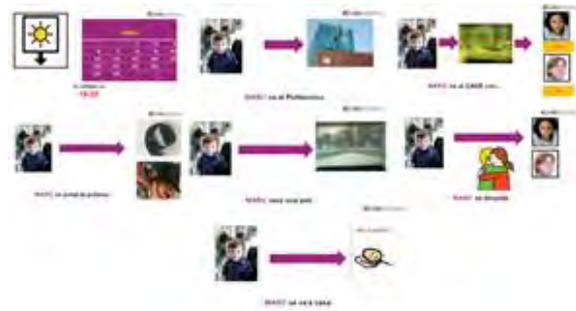


Figura 5: Anticipación personalizada diseñada ad hoc para esta investigación.

Una vez en el Laboratorio, previo a la experimentación se proporcionó a las familias de los participantes un consentimiento informado por escrito que debían firmar, donde también se especificaba el derecho a retirarse de la experimentación en cualquier momento.

Posteriormente se completó una encuesta con información personal del participante (nombre, apellidos, edad, sexo, evaluación TEA, criterios de evaluación, tipo de escuela y centro de estimulación al que acude).

Antes de entrar en el EVI, los investigadores mostraron a los niños: la pulsera de medida de EDA para que se familiarizara físicamente y la habitación donde se llevaría a cabo la investigación. Una vez finalizado este proceso se colocó la pulsera al participante y entró en el EVI.

Las familias podían acompañar a sus hijos en todo momento dentro del EVI (Fig. 6). La pulsera de medición de EDA tomaba la señal mientras el participante visualizaba el entorno. Una vez finalizada la visualización, los investigadores conectaron el dispositivo para la descarga de archivos y posterior análisis.



Figura 6: Niño acompañado por sus familiares en el EVI.

Durante el diseño y desarrollo de esta investigación hemos seguido los Principios Generales del Ethical Principles of Psychologists and Code of Conduct de la American Psychological Association (APA), garantizando la integridad de la investigación, así como su precisión, honestidad y veracidad, evitando

fabricar, falsear o manipular datos, según el Estándar 5.01 y 8.10. [32]

Al tratarse de niños, y algunos con Trastorno del Espectro Autista, el Grupo de Investigación ha sido especialmente cuidadoso, respetando la dignidad de los participantes, sus derechos de privacidad, confidencialidad y autodeterminación, y se ha evitado la discriminación injusta. Siempre se ha tenido presente que el objetivo primordial es maximizar el beneficio hacia los niños y nunca el daño.

Finalmente, se ha mantenido confidencialidad de la información recogida, siguiendo el Estándar 4.01.

5. Medidas

El lugar físico donde se habilitó el EVI consta de una habitación de una longitud de 3 metros por 3 metros diáfana y con las paredes blancas, que contaba con tres proyectores de lente Ultra Corta en 1080p, con proyección Brillante 4000 ANSI Lúmenes y resolución Full HD 1080p. Estos dispositivos fueron colocados en la parte superior de la habitación, siendo los encargados de reproducir el Entorno Virtual. Todo el sistema está controlado por una Torre Dell Vostro 460 con procesador Core i7.

Las medidas de EDA fueron tomadas con la pulsera Empática E4 (Fig. 7). Se ha seleccionado este dispositivo porque se ajusta a las características de la muestra, dado que es un dispositivo pequeño y ergonómico. Se trata de un dispositivo portátil sin cables e inalámbrico que puede proporcionar información a tiempo real, además de la señal de EDA, la frecuencia cardíaca, el intervalo entre latido y latido y la temperatura. Cuenta con acelerómetro de 3 ejes que nos proporciona si ha habido movimiento durante el registro. La señal se descargó empleando la aplicación Empática Connect (www.empatica.com) para su posterior procesado con el software de Matlab LEDALAB (www.ledalab.de).



(Fig 7): Dispositivo de registro del EDA Empática E4.

Para proporcionar una respuesta a nuestras hipótesis y tras el procesado de la señal, se procedió a su análisis estadístico. Para ello se usó IBM SPSS Statistics Base Versión 22.0. Se utilizó el Nivel de Conductancia Media para dicho análisis (SCL) que nos informa de la activación general del participante durante la estimulación.

6. Resultados

En relación a la coherencia interna de los datos la hemos comprobado utilizando el coeficiente alfa de Crombach, arrojando un resultado 0.99, lo que muestra una elevada consistencia.

(a) Comparación de los datos obtenidos entre el G1 y G2.

En primer lugar, hemos contrastado si existen diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos, G1 (niños desarrollo normotípico) y G2 (niños TEA), para ello hemos realizado la prueba no paramétrica para varias muestras relacionadas de Friedman. Ello ha venido determinado por las características de la muestra y la naturaleza de los datos. Los resultados revelan que entre ambos grupos existen diferencias estadísticamente significativas entre todos los estímulos ($J_i^2=12.09$, $gl=4$, $p>.05$). $RPBA= 3.63 > RPBO= 3.38 > RPSA= 3.00 > RPLB= 2.50 = RPSO= 2.50$

Seguidamente, hemos realizado la prueba T de Wilcoxon, los resultados revelan que solo existen diferencias estadísticamente significativas con carácter marginal entre los grupos G1 y G2 Entre los estímulos BO-SA ($Z=-1.73$, $p>.05$). El resto de estímulos afectan a ambos grupos de forma similar.

(b) Comparación de los datos obtenidos por los niños del G1.

A continuación, calculamos la existencia diferencias estadísticamente significativas en los resultados obtenidos por los alumnos del G1 (niños de desarrollo normotípico). Los cálculos del test de Friedman, arrojan que no existen estadísticamente significativas al comparar las puntuaciones obtenidas en cada estímulo ($J_i^2=4.26$, $gl=4$, $p>.05$), lo que indican que los estímulos empleados con niños normotipo no alteran sus niveles de EDA.

(c) Comparación de los datos obtenidos por los niños del G2.

Los resultados de la prueba de Friedman determinan la existencia de diferencias estadísticamente significativas en los resultados obtenidos por los alumnos del G2 (niños TEA) en las puntuaciones de todos los estímulos ($J_i^2=11.49$, $gl=4$, $p>.05$). $RP_{BA}=4.14 > RP_{BO}=3.36 > RP_{SA}=2.77 > RP_{LB}=2.55 > RP_{SO}=2.18$.

La prueba T de Wilcoxon pone de manifiesto que existen diferencias estadísticamente significativas entre el estímulo BO - SA ($Z=-1.65$ $p >.01$), BA - SO ($Z=-1.78$ $p >.01$) y BO- SA ($Z=-1.65$ $p >.01$), según McNemar.

Tabla 3. Asignación de rangos positivos, negativos, empates y suma de rangos positivos y negativos de la prueba de Wilcoxon de los rangos con signos.

	N	Mean Rank	Sum of Ranks
SO - LB	Negative Ranks	4 ^a	5,50
	Positive Ranks	6 ^b	5,50
	Total	11	22,00
SA - LB	Negative Ranks	4 ^d	5,50
	Positive Ranks	6 ^e	5,50
	Total	11	22,00
BO - LB	Negative Ranks	4 ^g	5,00
	Positive Ranks	6 ^h	5,83
	Total	11	20,00
BA - LB	Negative Ranks	3 ^j	5,67
	Positive Ranks	7 ^k	5,43
	Total	11	38,00
SA - SO	Negative Ranks	2 ^m	9,50
	Positive Ranks	8 ⁿ	4,50
	Total	11	19,00
BO - SO	Negative Ranks	2 ^p	9,50
	Positive Ranks	8 ^q	4,50
	Total	11	36,00
BA - SO	Negative Ranks	1 ^s	10,00
	Positive Ranks	9 ^t	5,00
	Total	11	10,00
BO - SA	Negative Ranks	2 ^v	8,50
	Positive Ranks	7 ^w	4,00
	Total	11	17,00
BA - SA	Negative Ranks	1 ^y	10,00
	Positive Ranks	9 ^z	5,00
	Total	11	45,00
BA - BO	Negative Ranks	2 ^{ab}	5,00
	Positive Ranks	7 ^{ac}	5,00
	Total	11	10,00

7. Discusión

Nuestra investigación aporta una novedad a la literatura ya existente en cuanto al uso de EVI en niños diagnosticados con TEA midiendo su comportamiento fisiológico dentro del mismo. Es importante el empleo de forma conjunta de ambos, dado que hasta la fecha las experiencias o bien empleaban la Realidad Virtual [9] o bien hacían una medición del EDA en contextos cotidianos [27]. Al emplearlas de forma conjunta hemos logrado un comportamiento natural de los participantes similar al que hubiesen tenido en el mundo real, sin renunciar al control de las condiciones experimentales [18]. Dicho comportamiento deja de estar evaluado en esta investigación de forma cualitativa como es habitual. Ahora no son los padres ni los terapeutas los que nos dan información de la experiencia, sino el propio participante mediante su activación inconsciente del EDA durante la experiencia.

A nivel de ergonomía, tema fundamental cuando trabajamos con población TEA, hemos comprobado que la EVI los hace sentirse seguros y cómodos, no habiendo una intolerancia al mismo y participando en la experiencia sin elevados niveles de estrés [29]. Lo que nos hace concluir que el EVI es un entorno no invasivo que puede ser una herramienta de evaluación y diagnóstico robusta.

Lo mismo ocurre con el empleo de la pulsera Empática E4, cuya tolerancia fue alta en la mayoría de los participantes [28], proporcionando datos objetivos en cuanto al comportamiento de los participantes. Si bien es cierto que dichos dispositivos son altamente sensibles al movimiento, por lo que la muestra que proporciona una señal fiable para el análisis se reduce. Este bajo número de participantes es lo que podría explicar el resultado hallado en la no diferencia entre los grupos entre las condiciones experimentales. Este resultado concuerda con experiencias en las que las diferencias entre el grupo de control y el grupo TEA no fueron significativas [25] o bien con las afirmaciones que indican que existe una mayor lentitud en el registro cuando se expone a un grupo TEA a una estimulación [27].

Los resultados hallados vienen a afirmar que el grado de estimulación se manifiesta de forma distinta en los niños diagnosticados con TEA lo que se encuentra en coherencia con uno de los rasgos diagnósticos de la afección [2] [7], pero cuantificado de forma objetiva.

Todos estos resultados deberían de ser objeto de estudio en el futuro, superando limitaciones en cuanto al número de participantes y tiempo de exposición a los estímulos además de buscar correlaciones con los cuestionarios diagnósticos actualmente empleados. A pesar de las limitaciones

anteriormente descritas, consideramos que sería importante demostrar como el EDA junto a otras medidas fisiológicas, dentro de un EVI, pueden llegar a ser una herramienta eficaz y robusta, no solamente para la intervención [13], sino también para el diagnóstico.

Actualmente el Proyecto Forhhss-Tea se encuentra en nuevas fases de investigación en las que se pretende incorporar nuevas métricas de carácter fisiológico, además del EDA, para lograr obtener correlaciones entre las mismas y el diagnóstico del TEA. Además, se está trabajando en la aplicación de entornos más naturales que sirvan a su vez de entrenamiento y en los cuales se obtenga una interacción participante-entorno natural y no-invasiva, siendo de este modo un proyecto en constante estudio y evolución sobre el cual se aplican mejoras para la obtención de resultados robustos.

8. Referencias

- [1] Baron-Cohen, S. (1990). Autism: a specific cognitive disorder of “mind-blindness.” *International Review of Psychiatry*, 2 (October), 81–90.
- [2] Association, A. P. (2000). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders*.
- [3] Christensen, D. L., Bilder, D. A., Zahorodny, W., Pettygrove, S., Durkin, M. S., Fitzgerald, R. T., & Yeargin-Allsopp, M. (2016). Prevalence and characteristics of autism spectrum disorder among 4-year-old children in the autism and developmental disabilities monitoring network. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics*, 37(1), 1-8.
- [4] *Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad*. (s.f.). Recuperado el 28 de junio de 2017, de <http://www.msssi.gob.es/ssi/discapacidad/informacion/estrategia%20EspañolaAutismo.htm>
- [5] Gillberg, C., & Rasmussen, P. (1994). Brief report: four case histories and a literature review of Williams syndrome and autistic behavior. *J Autism Dev Disord*, 24(3), 381–393.
- [6] Fuentes-Biggi, J., Ferrari-Arroyo, M. J., Boada-Muñoz, L., Touriño-Aguilera, E., Artigas-Pallarés, J., Belinchón-Carmona, M., ... & Díez-Cuervo, A. (2006). Guía de buena práctica para el tratamiento de los trastornos del espectro autista. *Rev Neurol*, 43(7), 425-38.
- [7] Leekam, S. R., Nieto, C., Libby, S. J., Wing, L., & Gould, J. (2007). Describing the sensory abnormalities of children and adults with autism. *Journal of autism and developmental disorders*, 37(5), 894-910.
- [8] Parsons, S., Beardon, L., Neale, H. R., Reynard, G., Eastgate, R., Wilson, J. R., ... & Hopkins, E. (2000, September). Development of social skills amongst adults with Asperger’s Syndrome using virtual environments: the „AS Interactive” project. In *Proc. The 3rd International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies, ICDVRAT* (pp. 23-25).
- [9] Strickland, D. (1997). Virtual reality for the treatment of autism. *Studies in Health Technology and Informatics*, 44, 81–86.
- [10] Parsons, S., Mitchell, P., & Leonard, A. (2004). The Use and Understanding of Virtual Environments by Adolescents with Autistic Spectrum Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 34(4), 449–466.
- [11] Moore, D., Cheng, Y., Mcgrath, P., & Powell, N. J. (2016). Collaborative Virtual Environment Technology for People With Autism, 20(4), 231–243.
- [12] Kandalaf, M. R., Didehbani, N., Krawczyk, D. C., Allen, T. T., & Chapman, S. B. (2013). Virtual Reality Social Cognition Training for Young Adults with High-Functioning Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 43(1), 34–44.
- [13] Cai, Y., Chia, N. K. H., Thalmann, D., Kee, N. K. N., Zheng, J., & Thalmann, N. M. (2013). Design and development of a Virtual Dolphinarium for children with autism. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering: A Publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 21(2), 208–17.
- [14] Fomby, P., & Cherlin, A. J. (2014). Assessing the Utility of a Virtual Environment for Enhancing Facial Affect Recognition in Adolescents with Autism. *J Autism Dev Disord*, 72(2), 181–204.
- [15] Slater, M., & Wilbur, S. (1997). A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE): Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(6), 603–616.
- [16] Alcañiz, M., Rey, B., Tembl, J., & Parkhulik, V. (2009). A neuroscience approach to virtual reality experience using transcranial Doppler monitoring. *Presence*, 18, 97-111.
- [17] Tarr, M. J., & Warren, W. H. (2002). Virtual reality in behavioral neuroscience and beyond. *Nature Neuroscience*, 5(Supp), 1089–1092.
- [18] Loomis, J. M., Blascovich, J. J., & Beall, A. C. (1999). Immersive virtual environment technology as a basic research tool in psychology. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 31(4), 557–564.
- [19] Benedek, M., & Kaernbach, C. (2010). A continuous measure of phasic electrodermal activity. *Journal of Neuroscience Methods*, 190(1), 80–91.
- [20] Lajante, M., Droulers, O., Dondaine, T., & Amarantini, D. (2012). Opening the “Black Box” of Electrodermal Activity in Consumer Neuroscience

Research. *Journal of Neuroscience, Psychology, & Economics*, 5(4), 238–249.

[21] Hutt, C., Hutt, S. J., Lee, D., & Ounsted, C. (1964). Arousal and Childhood Autism. *Nature*, 204(4961), 908–909.

[22] Stevens, S., & Gruzelier, J. (1984). Electrodermal activity to auditory stimuli in autistic, retarded, and normal children. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 14(3), 245–260.

[23] Kylliäinen, A., & Hietanen, J. K. (2006). Skin conductance responses to another person's gaze in children with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 36(4), 517–525.

[24] Chang, M. C., Parham, L. D., Blanche, E. I., Schell, A., Chou, C.-P., Dawson, M., & Clark, F. (2010). Autonomic and behavioral responses of children with autism to auditory stimuli. *The American Journal of Occupational Therapy: Official Publication of the American Occupational Therapy Association*, 66(5), 567–76.

[25] McCormick, C., Hessler, D., Macari, S. L., Ozonoff, S., Green, C., & Rogers, S. J. (2014). Electrodermal and behavioral responses of children with autism spectrum disorders to sensory and repetitive stimuli. *Autism Research*, 7(4), 468–480.

[26] Doberenz, S., Roth, W. T., Wollburg, E., Maslowski, N. I., & Kim, S. (2011). Methodological considerations in

ambulatory skin conductance monitoring. *International Journal of Psychophysiology*, 80(2), 87–95.

[27] Schoen SA, Miller LJ, Brett-Green BA, Hepburn SL. Psychophysiology of children with autism spectrum disorder. *Research in Autism Spectrum Disorders* 2008;2:417–429.

[28] Healey, J., & Picard, R. W. (1998). StartleCam: A Cybernetic Wearable Camera. *Ieee Iswc* 1998, 42–49.

[29] Poh, M.-Z., Swenson, N. C., & Picard, R. W. (2010). A wearable sensor for unobtrusive, long-term assessment of electrodermal activity. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 57(5), 1243–1252

[30] Panju, S., Brian, J., Dupuis, A., Anagnostou, E., & Kushki, A. (2015). Atypical sympathetic arousal in children with autism spectrum disorder and its association with anxiety symptomatology. *Molecular Autism*, 6(1), 64.

[31] Boucsein, W. (2012). Principles of Electrodermal Phenomena. In Springer Science & Business Media.

[32] American Psychological Association (2002). American Psychological Association Ethical Principles of Psychologists and Code of Conduct.

Nota: Con el fin de simplificar la lectura del texto, en esta investigación se emplea el género gramatical masculino par a aludir a ambos sexos.

Tabla 3. Asignación de rangos positivos, negativos, empates y suma de rangos positivos y negativos de la prueba de Wilcoxon de los rangos con signos.

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
SO-LB	Negative Ranks	4 ^a	5,50	22,00
	Positive Ranks	6 ^b	5,50	33,00
	Total	11		
SA-LB	Negative Ranks	4 ^d	5,50	22,00
	Positive Ranks	6 ^e	5,50	33,00
	Total	11		
BO-LB	Negative Ranks	4 ^g	5,00	20,00
	Positive Ranks	6	5,83	35,00
	Total	11		
BA-LB	Negative Ranks	3 ^j	5,67	17,00
	Positive Ranks	7 ^k	5,43	38,00
	Total	11		
SA-SO	Negative Ranks	2 ^m	9,50	19,00
	Positive Ranks	8 ⁿ	4,50	36,00
	Total	11		
BO-SO	Negative Ranks	2 ^p	9,50	19,00
	Positive Ranks	8 ^q	4,50	36,00
	Total	11		
BA-SO	Negative Ranks	1	10,00	10,00
	Positive Ranks	9 ^t	5,00	45,00
	Total	11		
BO-SA	Negative Ranks	2 ^v	8,50	17,00
	Positive Ranks	7 ^w	4,00	28,00
	Total	11		
BA-SA	Negative Ranks	1 ^y	10,00	10,00
	Positive Ranks	9 ^z	5,00	45,00
	Total	11		
BA-BO	Negative Ranks	2 ^{ab}	5,00	10,00
	Positive Ranks	7 ^{ac}	5,00	35,00
	Total	11		

[Volver al detalle de la tabla en el documento](#)



2017
CONGRESO
INTERNACIONAL
TECNOLOGÍA Y TURISMO
PARA TODAS LAS PERSONAS

