

Modelos de usuario como una alternativa para mejorar la Accesibilidad

Beatriz Fernández-Reuter^{1,2}, Elena Durán¹

¹Instituto de Investigaciones en Informáticas y Sistemas de Información (IISI) - Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías (FCEyT) -

Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE), Santiago del Estero

² CONICET, Comisión Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas
e-mail: bfreuter@unse.edu.ar; eduran@unse.edu.ar;
amandi@exa.unicen.edu.ar

Resumen. El modelo de usuario es una representación abstracta de la información que se conoce acerca de un determinado usuario. Es utilizado por un sistema adaptativo para personalizar diferentes aspectos, en base a las preferencias y necesidades de cada usuario. Estos modelos, pueden ser de gran utilidad cuando se desea implementar o mejorar la accesibilidad de diversos ambientes, productos o servicios. Este documento presenta el análisis de diversos trabajos de investigación que emplean modelos de usuario con el objetivo de mejorar la accesibilidad. Este análisis puede servir de guía para el diseño y desarrollo de nuevas aplicaciones, productos y servicios que garanticen un "acceso para todos".

Palabras claves: modelo de usuario, personalización, accesibilidad, acceso para todos, supresión de barreras, diseño universal.

1 Introducción

El término accesibilidad hace referencia a la posibilidad de acceder a ciertas cosas o a la facilidad para hacerlo. Muchas veces este acceso se puede ver comprometido por la presencia de limitaciones personales o derivadas del entorno, que dificulten o directamente imposibiliten, la realización de ciertas acciones o tareas. Estas limitaciones están relacionadas a la ausencia o disminución de alguna de las capacidades cognitivas, sensoriales o motrices que pueden ser producto de situaciones congénitas, de alguna enfermedad o bien, del simple paso del tiempo.

La accesibilidad se ve afectada aún mas, debido a que existen numerosos ambientes, productos y servicios que carecen de las características necesarias para garantizar el acceso a todas las personas. Hoy en día, muchas organizaciones hacen especial énfasis en la confección de estándares [1]–[3] que permitan y garanticen el "Acceso para todos" en diferentes ámbitos y de forma independiente al grado y tipo de dificultad que presenten las personas. Estas organizaciones definen un sinnúmero de características que se deben cumplimentar si se desea crear un ambiente, producto o servi-

cio accesible. Sin embargo, las personas que desarrollan o intentan acondicionar estos recursos para ser accesibles, se encuentran con la dificultad de que cada individuo posee diferentes necesidades de acuerdo a la variedad y a los niveles de dificultades que presentan, por lo que es prácticamente imposible garantizar un acceso para la totalidad de las personas.

La personalización juega entonces un papel muy importante en este tipo de desarrollos, ya que permite proporcionar a los usuarios diferentes recursos que se ajusten a sus características, necesidades y preferencias en el lugar correcto y el momento adecuado. Sin embargo, para llevar a cabo esta personalización, es fundamental saber para quién estamos diseñando. De hecho, se necesita conocer las capacidades y el comportamiento de los usuarios para adaptar los diferentes servicios y recursos, y poder así, mejorar la interacción. Es por esto, que la creación de un modelo de usuario basado en las características principales de los mismos se convierte en una actividad fundamental en el desarrollo de sistemas accesibles.

En el presente documento se analizan una serie de trabajos de investigación que muestran diferentes aplicaciones de modelos de usuario como un medio para personalizar ambientes, servicios o productos con el objetivo de mejorar los aspectos de la accesibilidad. El objetivo de este análisis es identificar cuáles son los ámbitos de aplicación para el que se han desarrollado estos trabajos, cuáles son las técnicas de personalización más utilizadas para la creación, representación y mantenimiento del modelo de usuario y qué aspectos de la accesibilidad han sido considerados con fines de personalización. Este análisis puede servir de guía para el diseño y desarrollo de nuevas aplicaciones, productos y servicios que garanticen un "acceso para todos".

Este documento se organiza de la siguiente manera: una sección donde se presenta la accesibilidad; una sección donde se definen los sistemas adaptativos y personalizados; luego, una sección en la que se presentan algunos trabajos que se abocan a temas relacionados con la accesibilidad y en especial, aquellos que utilizan modelos o perfiles de usuario como alternativa para mejorar la accesibilidad; una sección donde se analizan los trabajos relevados en función a ciertos criterios previamente definidos; y finalmente, una sección de conclusiones.

2 Accesibilidad

El término *accesibilidad* hace referencia a la característica de un entorno u objeto que permite a cualquier persona relacionarse con él y utilizarlo de forma amigable, respetuosa y segura [4].

Según (Alonso) [4], la accesibilidad implica:

- suprimir las barreras que impiden la movilidad, la comunicación, la manipulación o el conocimiento a cualquier persona
- poder utilizar de forma autónoma, cómoda y segura aquello que consideramos necesario

El *suprimir barreras* consiste en facilitar el acceso a personas con algún tipo de discapacidad, especialmente personas con movilidad reducida, a un ámbito en particular, ya sea urbanismo, edificación, transporte o comunicación [4].

Sin embargo, en la actualidad, se tiende hacia lo que se conoce como *Diseño Universal, Diseño para todos o Accesibilidad Universal*. Esto consiste en diseñar todos los productos, edificios y espacios exteriores para ser utilizables por todas las personas en la forma más amplia posible [5]. Este concepto, habla de la accesibilidad, sin hacer distinción entre personas que presentan alguna limitación o discapacidad y aquellas que no las poseen.

Según el Centro para el Diseño Universal [6], los principios del diseño universal son:

- *Igualdad de uso*: el diseño debe ser fácil de usar y adecuado para todas las personas independientemente de sus capacidades y habilidades.
- *Flexibilidad*: el diseño debe poder adecuarse a un amplio rango de preferencias y habilidades individuales.
- *Simple e intuitivo*: el diseño debe ser fácil de entender independientemente de la experiencia, los conocimientos, las habilidades o el nivel de concentración del usuario.
- *Información fácil de percibir*: el diseño debe ser capaz de intercambiar información con usuario, independientemente de las condiciones ambientales o las capacidades sensoriales del mismo.
- *Tolerante a errores*: el diseño debe minimizar las acciones accidentales o fortuitas que puedan tener consecuencias fatales o no deseadas.
- *Escaso esfuerzo físico*: el diseño debe poder ser usado eficazmente y con el mínimo esfuerzo posible.
- *Dimensiones apropiadas*: los tamaños y espacios deben ser apropiados para el alcance, manipulación y uso por parte del usuario, independientemente de su tamaño, posición, y movilidad.

Desde el punto de vista del software, la accesibilidad consiste en asegurar la disponibilidad y la facilidad de uso de las aplicaciones a la mayor cantidad de usuarios posibles. Esto requiere que todos los usuarios puedan operar los controles para percibir y entender lo que está en la pantalla. Por lo tanto, el diseño de la aplicación de software tiene que tener en cuenta las capacidades de los usuarios para ver, escuchar, ingresar, leer, o procesar información independientemente de la situación en la que se encuentre [7].

Para lograr esto, muchas veces es necesario el uso de lo que se conoce como *Rampas digitales o Tecnologías de apoyo*. Estas rampas incluyen dispositivos, herramientas, hardware o software, que permiten que las personas con discapacidad puedan utilizar la computadora [7]. Algunas de estas tecnologías son [8]:

- *Dispositivos apuntadores alternativos*: ofrece a los usuarios la capacidad de controlar los movimientos y las funciones del ratón. Por ejemplo, ratones operados por el pie, dispositivos señaladores montados en la cabeza y los sistemas de seguimiento ocular.

- *Teclado por pantalla*: proporciona a través de la pantalla las teclas y funciones de un teclado físico. Se utilizan normalmente en combinación con dispositivos apuntadores alternativos.
- *Diccionarios predictivos*: aumenta la velocidad de escritura a través de la predicción de palabras. Es decir que, a medida que el usuario escribe ofrece una lista de palabras entre las que puede seleccionar.
- *Reconocimiento de voz*: permite ingresar un texto y/o controlar la interfaz a través del habla.
- *Magnificadores de pantalla*: permite la ampliación de una parte o la totalidad de una pantalla, incluyendo gráficos, textos y ventanas.
- *Lectores de pantalla*: identifica e interpreta lo que se muestra en pantalla se presenta al usuario mediante sintetizador de texto a voz, iconos sonoros, o una salida braille.

La accesibilidad es un área de relevancia que cada vez se tiene más en cuenta al momento de diseñar ambientes o desarrollar un producto software, con el fin de proporcionar una mejor experiencia de usuario, garantizando además el "Acceso para todos".

3 Sistemas Adaptativos o Personalizados

Los sistemas adaptativos son sistemas capaces de modificar su estructura, funcionalidad o interfaz con el fin de adaptarse a las diferentes necesidades de un usuario o un grupo de usuarios y a los cambios que sufren estas necesidades a lo largo del tiempo [9].

El término adaptación, hace referencia a los procesos de adaptar las características de un sistema para alcanzar alguna meta. Sin embargo, es preciso diferenciar entre la adaptabilidad y la adaptatividad. Los sistemas que permiten al usuario cambiar ciertos parámetros del sistema para adaptar su comportamiento se llaman adaptables. Los sistemas que se adaptan a los usuarios automáticamente en función de los supuestos que realiza el sistema acerca de las necesidades de cada usuario se denominan adaptativos [10]. Este tipo de adaptación generalmente se conoce con el nombre de personalización [11], aunque algunos autores [12]–[14], consideran que la personalización incluye tanto la adaptabilidad, como la adaptatividad.

Los sistemas adaptativos son utilizados en múltiples dominios para realizar diferentes tareas [13]. En base a estas tareas, (Jameson, 2001) [14] identifica las siguientes funciones de los sistemas adaptativos:

- ***Ayudar a los usuarios a encontrar información***: durante la búsqueda en la web o bases de datos bibliográficas, los usuarios resultan a menudo abrumados por la cantidad de documentos recuperados, o bien, no obtienen ningún resultado debido a que la consulta es demasiado restringida. En estos casos, se puede mejorar la precisión en la recuperación de documentos, si se tiene en cuenta, por ejemplo, la reorientación brindada por el usuario en búsquedas anteriores.

- **Adaptar la información al usuario:** recopila información que se adapta a las preferencias del usuario y mejora dicha recopilación con la retroalimentación brindada por el mismo. Esto es utilizado por muchos sitios o aplicaciones de noticias donde recopilan notas dentro de un sitio o de múltiples sitios, que pueden ser de interés del usuario y en base al comportamiento del mismo dentro del sitio o aplicación, (como por ejemplo, los caminos que recorre o los clicks que realiza), ajusta el perfil para recopilaciones futuras.
- **Recomendar productos:** ampliamente utilizado por sitios o aplicaciones de comercio electrónico para recomendar productos. Estas recomendaciones se realizan en base a las preferencias del usuario o teniendo en cuenta las compras realizadas anteriormente por el usuario u otros con características similares.
- **Ayudar al usuario a realizar las tareas rutinarias:** asiste al usuario en sus tareas diarias.
- **Adaptar la interfaz:** adapta la interfaz gráfica de la aplicación o sitio según las preferencias o necesidades del usuario.
- **Brindar ayuda:** dependiendo del nivel de conocimiento o experticia que tenga el usuario en la realización de determinadas tareas, el sistema puede brindar el soporte adecuado.
- **Brindar soporte al aprendizaje:** tiene en cuentas las características y necesidades del usuario, estudiante, en este caso, para brindar ayuda en el proceso de aprendizaje, ya sea personalizando contenido o caminos de aprendizaje.
- **Brindar soporte a la colaboración:** al modelar los intereses, objetivos y la disponibilidad de un usuario, resulta más sencillo encontrar colaboradores en un ambiente de trabajo distribuido.

La capacidad de adaptación que poseen estos sistemas, se logra mediante la construcción de un **Modelo de Usuario**. Este modelo, es la representación de la información que se conoce acerca de un determinado usuario [15].

La cantidad y la naturaleza de la información representada en este modelo dependen en gran medida de los aspectos que se personalizan o adaptan en el sistema.

Según (Brusilovsky, 1996) [16], existen diversas características relacionadas al usuario y a su contexto que un sistema adaptativo debe tener en cuenta. Entre éstas, se pueden mencionar el conocimiento actual de los usuarios, los objetivos perseguidos, su formación, su experiencia en el uso del sistema, y sus preferencias.

Para crear y mantener actualizado un modelo de usuario, el sistema recoge datos de diversas fuentes, de forma implícita, a través de la observación de la interacción y el comportamiento del usuario, y de forma explícita, solicitando al usuario el ingreso de los datos. Este proceso se conoce como **modelado de usuario**[15].

4 Investigación exploratoria

Existen actualmente numerosos trabajos que buscan mejorar la accesibilidad en las aplicaciones de software, a través de diversas técnicas y orientados a personas con diferentes limitaciones y características. Esto se puede ver, por ejemplo, en el trabajo de (Casas y otros) [17], quienes presentan un sistema inteligente con una infraestruc-

tura de vigilancia que ayudará a los usuarios con alguna discapacidad, sobre todo de edad avanzada a superar ciertas situaciones en la que se encuentra en desventaja. El propósito de este sistema es crear un ambiente seguro e intuitivo que facilite la realización de las tareas del hogar con el fin de preservar la independencia de los residentes por un tiempo prolongado. Otro ejemplo es el presentado por (Kadouche y otros) [18], donde definen un framework que proporciona servicios para asistencia personalizada a personas con diferentes necesidades en el ámbito de casas inteligentes. Esto es similar al enfoque desarrollado por (Ghorbel y otros) [19], quienes se basan en la prestación servicios de asistencia a personas dependientes, sean ancianos y/o discapacitados, en el ambiente en el que se desenvuelven habitualmente (interior/exterior) con el fin de mejorar su accesibilidad.

Otro ámbito en el que se tiene en cuenta la accesibilidad es en el diseño de sitios o aplicaciones web como es el caso del trabajo de (Vieritz y Jeschke) [20], que presentan un enfoque cuyo objetivo es simplificar el proceso de desarrollo de aplicaciones accesibles basados en la idea de que el proceso inicial de diseño ya debe incluir las necesidades de accesibilidad. (Vigo) [21], presenta un componente de software que captura los datos sobre el usuario y su entorno de acceso, para conocer sus características y requisitos tecnológicos, conformando un "contexto de uso", que tiene que ser capturado con el fin de obtener niveles de accesibilidad aceptables en el uso de aplicaciones Web. (Fink y otros) [22], desarrollan un proyecto para capturar las necesidades individuales de los usuarios a fin de adaptar el contenido y presentación de los sitios Web de acuerdo a esas necesidades. Si bien presentan un enfoque general del usuario, incluyen entre estos a personas mayores y con necesidades especiales.

Un área de gran importancia en la que se está dando mayor énfasis en el desarrollo de herramientas y servicios accesible es la educación. Según el IMS Global Learning Consortium [23] en el ámbito educativo, el término discapacidad se ha redefinido como un desajuste entre las necesidades del estudiante y la oferta educativa. No es, por lo tanto, un rasgo personal, sino producto de la relación entre el alumno y el ambiente de aprendizaje. Con esta definición, la accesibilidad puede ser vista como la capacidad del ambiente de aprendizaje para adaptarse a las necesidades de todos los estudiantes. La accesibilidad está determinada por la flexibilidad del entorno educativo (con respecto a la presentación, métodos de control, modalidad de conexión y apoyo al alumno), y a la habilidad de proporcionar contenidos y actividades adecuados y equivalentes [24]. Algunos trabajos que desarrollan diferentes propuestas para garantizar el acceso a la educación a todos los estudiantes por igual y de forma independiente a sus características personales son, por ejemplo el de (Butucea) [25], quien propone una extensión de una plataforma educativa para asistir a estudiantes con problemas de visión. Otro enfoque similar, incluso un poco más amplio, es el de (Ben Brahim y otros) [26], quienes proponen el desarrollo de un entorno de educación a distancia accesible y personalizado para cada estudiante brindando recursos educativos que se adapten a sus necesidades de interfaz, de control y de contenido. (Hebiri Madani y otros) [24], presentan un sistema de aprendizaje móvil accesible y personalizado para estudiantes con discapacidades cuyo objetivo es ofrecer contenidos educativos adaptativos y personalizados, no solo teniendo en cuenta las necesidades y/o preferencias del alumno de acuerdo a su tipo de discapacidad, sino también a la in-

formación contextual, obtenida a través de sus dispositivos móviles, durante el proceso de aprendizaje. (Ivanova y otros) [27], presentan un ambiente de aprendizaje personalizado, basado en ontologías, que recomienda recursos de aprendizaje apropiados para personas con dislexia, de acuerdo a la dificultad que presenta en el aprendizaje, al nivel de conocimiento que posee y a los objetivos de aprendizaje planteados.

5 Análisis de la Información

Algunos de los enfoques descriptos anteriormente tienen en cuenta características y preferencias de los usuarios, constituyendo un modelo de usuario, con el cual personalizan ciertos servicios. La inclusión de este tipo de herramientas en el diseño de cualquier ambiente, se cree que beneficiaría ampliamente a la accesibilidad, llegando así a la mayor cantidad de usuarios posibles, brindando acceso a estos ambientes y servicios de manera personalizada. Es por esto que a continuación se realiza un análisis de los trabajos, que emplean modelos del usuario en diferentes aplicaciones y entornos que requieren de la accesibilidad, en lo que respecta a su contenido, representación y aspectos que se personalizan. Es importante aclarar que si bien existen numerosos trabajos con estas características, se seleccionaron solo aquellos que cuentan con una descripción más detallada en relación a estos temas.

Las dimensiones de análisis consideradas fueron:

- *Tipo de aplicación que se presenta en el trabajo:* qué ambiente, producto o servicio presentan
- *Características de los usuarios para los cuales está enfocado:* limitaciones o dificultades que presentan los usuarios para los que está destinada la aplicación
- *Aspectos modelados:* datos que se incluyen en el modelo de usuario.
- *Técnicas de creación, mantenimiento y representación del modelo de usuario.*
- *Aspectos que se personalizan con el objetivo de lograr la accesibilidad.*

En la **Tabla 1** se muestra el análisis realizado:

Tabla 1. Detalle de los Modelos de Usuario utilizados en trabajos de Accesibilidad

Ref.	Tipo de aplicación	Características de los usuarios	Aspectos modelados	Técnicas de modelado empleada	Personalización para lograr la accesibilidad
[28]	Aplicaciones Web	Usuarios con dificultades visuales	Datos demográficos, uso de anteojos, experiencia en el uso de tecnología de Información o en la utilización de alguna ayuda técnica, tipo de impedimento	Tecnología de agentes para crear y mantener el modelo. Técnicas de clasificación para identificar a cuál de las cinco clases siguientes pertenece: usuarios ciegos, usuario con poca visión, usuarios con	Diseño de sitios y aplicaciones Web accesibles.

Ref.	Tipo de aplicación	Características de los usuarios	Aspectos modelados	Técnicas de modelado empleada	Personalización para lograr la accesibilidad
			mento visual que posee, qué navegador y sistema operativo utiliza, tiempos y tipos de acceso a la web, etc.	dificultades para distinguir el color, usuarios con epilepsia fotosensible y usuarios sin problemas de visión.	
[17]	Casas Inteligentes	Personas mayores o con alguna discapacidad	Capacidad cognitiva y sensorial. Nivel en que el usuario es capaz de comunicarse con el sistema. Tecnología de apoyo que utiliza para comunicarse con el sistema. Sonido: volumen y tono. En lo visual: contraste, brillo y color.	No menciona	Facilita la realización de las tareas del hogar, brindando notificaciones personalizadas y, en algunos casos, solicitando que se realice alguna acción.
[18] y [29]	Casas Inteligentes	Personas con alguna discapacidad	Datos personales, tecnología de apoyo, nivel de fuerza de sus manos, espacio de trabajo de sus manos, etc. Comportamiento y preferencias	Utiliza ontologías para definir el modelo de usuario.	Utilizando un proceso de razonamiento en base al análisis de las capacidades del usuario y las características del entorno infiere los inconvenientes que se presentan para brindar servicios personalizados.
[30]	Educación - entornos virtuales de aprendizaje	Usuarios con discapacidades motrices o que presentan problemas cognitivos	Nombre, característica en el ámbito social, cognitivo, la dificultad de acceso con el sistema de información y el sentido que afecta la	No menciona	Presentación personalizada del contenido de un curso, teniendo en cuenta sus características particulares y sus posibles discapacidades o dificultades en su proceso de

Ref.	Tipo de aplicación	Características de los usuarios	Aspectos modelados	Técnicas de modelado empleada	Personalización para lograr la accesibilidad
			discapacidad. Desempeño del estudiante en cuanto a memoria, atención y lenguaje		aprendizaje
[31]	Educación - entornos virtuales de aprendizaje	Usuarios con dificultades motoras y cognitivas.	Experiencia con el software o con software de similares características. Sexo. Nervio Oculomotor de la visión. Nivel de Lenguaje. Idioma. Nivel académico. Motivación personal.	- Clustering difuso para actualizar el tipo de usuario al que pertenece. Tecnología de Agentes para capturar las acciones del usuario y actualizar el modelo.	Adapta la interfaz determinando cuál es la más apropiada de acuerdo a las características del estudiante.
[32]	Televisión por IP	Personas con discapacidades auditivas o visuales.	Datos personales, posibles deficiencias visuales, auditivas, etc. Preferencias de contenido audiovisual: deportes, películas, noticias, etc. Patrones de navegación. Contexto de uso. Dispositivo: Software, Redes. Ubicación.	Infiere algunas características del modelo de acuerdo a la navegación del usuario. A partir del historial de esta navegación, utiliza Clasificación a través de Redes Neuronales Probabilísticas para determinar el perfil del usuario.	Personalización de contenido multimedia en ambientes de TV por IP, adaptando el contenido a las posibles discapacidades que presente el usuario.
[33]	Educación- entornos virtuales de aprendizaje	Usuarios con Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH)	Manejo de la Conducta. Rendimiento Cognitivo. Capacidad de reconocer las emociones que expresan las personas que los rodean. Capacidad de manejar sus propias emoción-	A partir de la reacción de los estudiantes frente a las distintas actividades, un mecanismo se encargará de determinar el perfil del usuario de acuerdo al mayor porcentaje de una emoción. No especifica que técnicas utiliza para esto.	Adaptar el contenido educativo de acuerdo a la presencia o no del Trastorno.

Ref.	Tipo de aplicación	Características de los usuarios	Aspectos modelados	Técnicas de modelado empleada	Personalización para lograr la accesibilidad
			nes.		
[19]	Ambientes inteligentes	Personas mayores o con alguna discapacidad	Nivel de Fuerza de sus manos. Espacio de trabajo de sus manos. Tipo de discapacidad. Tipo de tecnología de apoyo. Preferencias	Cada perfil de usuario está almacenado en archivos XML. No menciona ninguna técnica de creación o mantenimiento.	Brinda recomendaciones y servicios personalizados a los usuarios de acuerdo a sus características, preferencias y ubicación tanto en ambientes interiores como su hogar o en ambientes externos.
[24]	Educación-Aprendizaje móvil	Usuario con necesidades especiales	Tipo de discapacidad, necesidades que posee una persona con ese tipo de discapacidad, preferencias del estudiante, información contextual presente durante el proceso de aprendizaje: tiempo, lugar, dispositivo móvil, entorno físico.	Las necesidades del estudiante se determinan de manera automática, mientras que lo referido a sus preferencias necesita de la intervención del estudiante. No específica con que técnica lo realiza.	Personaliza las actividades de los estudiantes, realizadas a través de dispositivos móviles, de acuerdo al tipo de discapacidad que presenta, a sus preferencias y a los cambios de contexto que ocurren durante el proceso de aprendizaje.
[27]	Educación-entornos virtuales de aprendizaje	Usuarios con dislexia.	Datos personales. Preferencias en relación con el formato de presentación, visualización de contenidos, parámetros de sonido y vídeo, etc. Estilo de aprendizaje, déficit de aprendizaje, capacidades cognitivas, nivel educativo, objetivos de aprendizaje y dominio en el	Representa el modelo mediante ontologías.	Realiza una recomendación personalizada de contenido educativo, de acuerdo al tipo de dislexia que presenta el estudiante.

Ref.	Tipo de aplicación	Características de los usuarios	Aspectos modelados	Técnicas de modelado empleada	Personalización para lograr la accesibilidad
			tema. Tipo de dislexia y problema detectado en la capacidad de lectura.		

A partir de la investigación realizada se puede observar que, en relación al ámbito de aplicación la mayoría de los trabajos encontrados y en particular los analizados detalladamente en la Tabla 1, se circunscriben a las aplicaciones en el campo de la educación, como los entornos de aprendizaje virtual y de la construcción o adaptación de ambientes inteligentes.

La totalidad de los trabajos están orientados a aquellos usuarios con diferentes tipos de discapacidades, predominando aquellos con problemas motrices, visuales y auditivos. Además, se puede ver que tienen muy en cuenta a los usuarios de edad avanzada, sobre todo en aquellos sistemas diseñados para ambientes y hogares inteligentes con el fin de brindarles mayor independencia a la hora de realizar determinadas tareas. Muy pocos trabajos se enfocan en usuarios con diferentes niveles de experiencia en el uso de dispositivos y sólo uno tiene en cuenta el idioma. En el campo de la educación, se puede observar además, que se presta especial atención a los estudiantes con limitaciones cognitivas [33] y con dislexia [27].

En relación a los aspectos modelados todos incluyen las características relacionadas al tipo y al nivel de discapacidad del usuario. Además, se observa que la mitad de los casos analizados, ponen especial énfasis en las preferencias en cuanto a sus gustos e intereses e incluso al modo de presentar la información. En particular, en las aplicaciones del ámbito de la educación, incluyen también datos académicos como el nivel en el que se encuentra, las actividades que realiza y evaluaciones del desempeño del estudiante en relación a su memoria, nivel de atención y lenguaje. Algunos trabajos también manejan datos del contexto del usuario donde se puede encontrar la ubicación del mismo y particularmente en el caso de (Hebiri Madani y otros) [24] quienes además, tienen en cuenta las características propias del ambiente en el que se desenvuelve, como nivel de luz, sonido y condiciones climáticas. Solo algunos trabajos incluyen en su modelo las tecnologías de apoyo que utilizan los usuarios para comunicarse con el sistema, como lectores y magnificadores de pantalla, navegadores por voz, etc.

Muchos intentan descubrir las características de los usuarios para definir estereotipos y personalizar de acuerdo a estos. Otros, prestan especial atención en las necesidades propias de cada usuario, sin embargo (Casas y otros) [17] reconoce que, si bien se podría lograr una parametrización total de la persona a través de un modelo muy meticuloso, esto podría ser difícil de utilizar en la práctica.

En cuanto a las técnicas de creación, mantenimiento y representación del modelo de usuario, si bien son variadas, en su mayoría provienen del área de la Inteli-

gencia Artificial como el Clustering [31], Clasificación [28], [32], Agentes [28], [31] y Ontologías [18], [27].

Finalmente, con respecto a la personalización realizada para lograr la accesibilidad, la mayoría de los trabajos analizados y en especial los que se aplican a ambientes inteligentes, se centran en generar recomendaciones sobre acciones a realizar frente a un problema específico o situación que se le presenta al usuario. Y en aquellos trabajos centrados en la educación, presentan información de manera personalizada y adaptan el contenido educativo y las actividades de acuerdo a las características y preferencias de los estudiantes.

6 Conclusiones

Sobre la base del análisis realizado en el punto anterior se puede concluir que en general existe un cierto consenso respecto a la información a incluir en el modelo de usuario para aplicaciones que buscan mejorar o garantizar la accesibilidad. Sería recomendable que este modelo de usuario incluya datos relacionados al tipo y nivel de discapacidad, sin dejar de lado sus preferencias e intereses. Además, a pesar de que la mayoría de los trabajos analizados no tienen en cuenta la tecnología de apoyo que utiliza el usuario, considero que sería de gran importancia incluirlo, ya que al diseñar un sistema se debe prever la forma en la que el usuario interactúa con el mismo. En las aplicaciones ubicuas, es fundamental tener en cuenta los datos de su ubicación y características del contexto en el que se desenvuelve.

Por otra parte, con respecto a las técnicas de creación, mantenimiento y representación deberá evaluarse, conforme a la aplicación, el tipo de técnica a utilizar. Queda demostrado que todas aquellas que provienen del área de la Inteligencia Artificial son efectivas para tales efectos.

En relación a los aspectos que se personalizan para lograr la accesibilidad, dependen del tipo de aplicación que se diseña, y es lo que, en gran parte, condiciona el contenido del modelo y las técnicas usadas para su creación y mantenimiento. Además, se debe tener en cuenta que si se quiere lograr una adaptación teniendo en cuenta las características de cada individuo en particular, dado que las dificultades y discapacidades que existen son tan variadas, puede resultar una tarea difícil de lograr en su totalidad.

Es importante destacar que si bien no resulta una tarea sencilla, en base a los trabajos analizados se demuestra que es factible mejorar la accesibilidad aplicando técnicas de personalización mediante la construcción de modelos o perfiles de usuario.

A pesar de que la totalidad de dichos trabajos sólo se basaron en la idea de la "supresión de barreras" para lograr la accesibilidad, los modelos de usuarios y los aspectos que se personalizan podrían tomarse de base para realizar un "diseño universal".

Por último, en base a este análisis, las personas que diseñan ambientes o desarrollan productos o servicios, pueden conocer los datos más relevantes que deberían incluir en el modelo de usuario, qué técnicas son utilizadas para crear, mantener y representar dicho modelo y qué aspectos se pueden personalizar en sus desarrollos con el objetivo de permitir y facilitar un "Acceso para todos".

7 Referencias

1. International Organization for Standardization, "ISO/IEC 24786:2009 - Information technology - User interfaces - Accessible user interface for accessibility settings," 2009. [Online]. Available: http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=41556.
2. The World Wide Web Consortium (W3C), "Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0," 2008. [Online]. Available: <http://www.w3.org/TR/WCAG20/>.
3. IMS Global Learning Consortium, "IMS Access For All v3.0," 2012. [Online]. Available: <http://www.imsglobal.org/accessibility/>.
4. F. Alonso, "Algo más que suprimir barreras: conceptos y argumentos para una accesibilidad universal," *TRANS Rev. traductología*, vol. II, pp. 15–30, 2007.
5. R. L. Mace, G. J. Hardie, and J. P. Place, "Accessible Environments : Toward Universal Design," *Cent. Access. Hous. North Carolina State Univ.*, p. 44, 1991.
6. The Center for Universal Design, "The Principles of Universal Design," *NC: North Carolina State University*, 1997. [Online]. Available: https://www.ncsu.edu/ncsu/design/cud/about_ud/udprinciplestext.htm.
7. A. Kavcic, "Software Accessibility: Recommendations and Guidelines," in *The International Conference on "Computer as a Tool" - EUROCON 2005*, 2005, vol. 2, pp. 1024–1027.
8. E. Bergman and E. Johnson, "Towards Accessible Human-Computer Interaction," *Adv. Human-Computer Interact.*, vol. 5, no. 1993, pp. 87–113, 1997.
9. D. Benyon and D. Murray, "Adaptive systems: from intelligent tutoring to autonomous agents," *Knowledge-Based Syst.*, vol. 6, no. 4, pp. 197–219, 1993.
10. R. Oppermann, R. Rashev, and Kinshuk, "Adaptability and adaptivity in learning systems," *Knowl. Transf.*, vol. 2, pp. 173–179, 1997.
11. D. Adomavicius and A. Tuzhilin, "Personalization technologies: A process-oriented perspective," *Mag. Commun. ACM - Digit. Soc.*, vol. 48, no. 10, pp. 83–90, Dec. 2005.
12. A. Kobsa, "Adaptive Interfaces," *Encycl. Human-Computer Interact.*, pp. 9–16, 2004.
13. S. Weibelzahl, "Evaluation of Adaptive Systems," University of Education Freiburg, 2002.
14. A. Jameson, "Systems That Adapt to Their Users : An Integrative Overview," *Saarbrücken Saarl. Univ.*, 2001.
15. P. Brusilovsky and E. Millán, "User Models for Adaptive Hypermedia and Adaptive Educational Systems," in *The Adaptive Web - User Models for Adaptive Hypermedia and Adaptive Educational Systems*, P. Brusilovsky, A. Kobsa, and W. Nejdl, Eds. Springer Berlin / Heidelberg, 2007, pp. 3–53.
16. P. Brusilovsky, "Methods and techniques of adaptive hypermedia," *User Model. User-adapt. Interact.*, vol. 6, no. 2–3, pp. 87–129, Jul. 1996.
17. R. Casas, R. B. Marín, A. Robinet, and A. Roy, "User Modelling in Ambient Intelligence for Elderly and Disabled People," in *11th International Conference on Computers Helping People with Special Needs*, 2008, pp. 114–122.
18. R. Kadouche, B. Abdulrazak, M. Mokhtari, S. Giroux, and H. Pigot, "Personalization and Multi-user Management in Smart Homes for Disabled People," *Int. J. Smart Home*, vol. 3, no. 1, pp. 39–48, 2009.
19. M. Ghorbel, R. Kadouche, and M. Mokhtari, "User & service modelling in assistive environment to enhance accessibility of dependent people," in *The first International Conference on Information and Communication Technology & Accessibility*, 2007.

20. H. Vieritz and S. Jeschke, "BeLearning : Designing Accessible Web Applications," in *16th International Conference on Software Engineering and Data Engineering (SEDE-2007)*, 2007.
21. M. Vigo, A. Aizpurua, M. Arrue, and J. Abascal, "Automatic Creation of User Profiles for Achieving Personal Web Accessibility," in *11th International Conference of Computers Helping People with Special Needs - ICCHP 2008*, 2008, pp. 354–361.
22. J. Fink, A. Kobsa, A. Nill, and D.-S. Augustin, "User-Oriented Adaptivity and Adaptability in the AVANTI Project," in *Conf. Designing for the Web: Empirical Studies, Microsoft Campus*, 1996.
23. IMS Global Learning Consortium, "IMS Guidelines for Developing Accessible Learning Applications," 2002. [Online]. Available: <http://www.imsglobal.org/accessibility/accessiblevers/>.
24. H. Hebiri Madani, L. Jemni Ben Ayed, M. Jemni, and D. G. Sampson, "Towards Accessible and Personalized Mobile Learning for Learners with Disabilities," in *Fourth International Conference on Information and Communication Technology and Accessibility (ICTA), 2013*, 2013, pp. 1–6.
25. D. Butucea, "Personalized e-learning software systems. Extending the solution to assist visually impaired users," *Database Syst. J.*, vol. IV, no. 3, pp. 41–49, 2013.
26. H. Ben Brahim, A. Ben Jemaa, M. Jemni, and M. Laabidi, "Towards the Design of Personalised Accessible E-Learning Environments," in *2013 IEEE 13th International Conference on Advanced Learning Technologies*, 2013, pp. 419–420.
27. T. Ivanova, V. Terzieva, and R. Andreev, "Ontology-based Recommendation System for Personalized Education of Dyslexics to Read," in *Proceedings of International Conference on SOFTWARE, SERVICES & SEMANTIC TECHNOLOGIES*, 2010, pp. 68–72.
28. R. Mazalu, A. Cechich, and A. Mart, "Automatic Profile Generation for Visual-Impaired Users," in *42 JAIIO - 14th Argentine Symposium on Software Engineering*, 2013, pp. 142–153.
29. R. Kadouche, M. Mokhtari, S. Giroux, and B. Abdulrazak, "Personalization in Smart Homes for Disabled People," *2008 Second Int. Conf. Futur. Gener. Commun. Netw.*, pp. 411–415, Dec. 2008.
30. D. Lancharos-Cuesta and A. Carrillo-Ramos, "Modelo Adaptativo para la caracterización de dificultades/ discapacidades en un Ambiente Virtual Educativo," *Dyna*, vol. 79, no. 175, pp. 52–61, 2012.
31. P. Biswas, S. Bhattacharya, and D. Samanta, "User Model to Design Adaptable Interfaces for Motor-Impaired Users," in *TENCON 2005 IEEE Region 10*, 2005, pp. 1–6.
32. I. Anagnostopoulos, C. N. Anagnostopoulos, E. Vlachogiannis, D. Gavalas, and G. Tsekouras, "Adaptive and personalized multimedia content delivery for disabled users in Internet TV," *Signal, Image Video Process.*, vol. 4, no. 3, pp. 273–287, Jan. 2009.
33. L. Mancera, S. Baldiris, and R. Fabregat, "SARE: Sistema Automático de Reconocimiento de Emociones para soportar el modelado de usuarios con TDAH en Plataformas de e- learning," in *IV Congreso Internacional de Ambientes Virtuales de Aprendizaje Adaptativos y Accesibles - CAVA 2012*, 2012, p. 5.