

SISTEMA PARA EL ACCESO A SERVICIOS EN ÁREAS UBICUAS ORIENTADO A PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTRIZ

*SYSTEM FOR ACCESS TO SERVICES IN AREAS UBIQUITOUS
ORIENTED PEOPLE WITH DISABILITIES MOTRIZ*

José Luis Santiago López

Universidad de la Sierra Sur
jlsantiagolopez@hotmail.com

Alejandro Jarillo Silva

Universidad de la Sierra Sur
ajarillo@unsis.edu.mx

Víctor Alberto Gómez Pérez

Universidad de la Sierra Sur
vgomez@unsis.edu.mx

Irving Ulises Hernández Miguel

Universidad de la Sierra Sur
irving.u.h.m@gmail.com

Resumen

En este artículo se presenta el diseño y desarrollo de un sistema basado en la integración de diferentes tecnologías relacionadas con el paradigma del cómputo ubicuo. La aplicación de este paradigma permite a personas con discapacidad motriz mejorar su calidad de vida, a partir de la manipulación de servicios disponibles en diferentes áreas ubicuas. El objetivo del desarrollo del sistema es que sea usable y factible, para el caso de la usabilidad se hace uso de la metodología Diseño Centrado en el Usuario y para la factibilidad se emplea tecnología a bajo costo. La arquitectura del sistema se basa en SEDINU (SErvice DIscovery for Nomadic Users). Para las pruebas de usabilidad heurísticas y test de usuario se montó un área ubicua con tres servicios disponibles (dos lámparas y un ventilador), donde los evaluadores probaron el funcionamiento del sistema. En conclusión, en base a los resultados el sistema es usable.

Palabras Claves: Cómputo ubicuo, dispositivo móvil, ingeniería de software, usabilidad.

Abstract

This article presents the design and development of a system based on the integration of different technologies related to the paradigm of ubiquitous computing. The application of this paradigm allows people with motor disabilities to improve their quality of life, from the manipulation of services available in different ubiquitous areas. The objective of the development of the system is that it is usable and feasible, for the case of usability the use of the User Centered Design methodology is used and for the feasibility technology is used at low cost. The architecture of the system is based on SEDINU (Service Discovery for Nomadic Users). For the heuristic usability tests and the user test, a ubiquitous area with three available services (two lamps and a fan) was set up, where the evaluators tested the system's operation. In conclusion based on the results the system is usable.

Keywords: *Mobile device, software engineering, usability, ubiquitous computing.*

1. Introducción

Las actividades que se realizan en la vida cotidiana, por insignificantes que parezcan, pueden dejar a una persona marcada de por vida, dado el hecho de que existen episodios en los cuales una persona, al ejecutar una acción, puede llegar a perder la estabilidad del cuerpo y, en consecuencia, sufrir un accidente. Por ejemplo, una mala maniobra al conducir un auto, pisar mal un escalón o tropezar con algún obstáculo. Otro factor que origina problemas de discapacidad motriz es la edad. De acuerdo con Smith [2014], el 40% de los mayores de 65 años son limitados en la actividad física, mientras que 2 de cada 5 personas mayores indican que tienen un trastorno físico que les impide practicar plenamente en muchas actividades cotidianas comunes.

Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI, 2013], los problemas de movilidad tanto en los miembros superiores como inferiores, se encuentran en la cima con un 58.3% en comparación con otras discapacidades. Por ejemplo, discapacidad visual (27.2 %), auditiva (12.1 %) y la mental (8.5%). Cabe mencionar que la pérdida de movilidad en los miembros antes mencionados

está inmersa en la categoría de la discapacidad motriz, condición de vida que afecta el control y movimiento del cuerpo, generando alteraciones en el desplazamiento, equilibrio, manipulación, habla y respiración de quienes la padecen [DGEE, 2013].

Hoy en día un ambiente inteligente es considerado un nuevo paradigma en tecnología de la información destinado a potenciar las capacidades de las personas a través de entornos digitales que son sensibles, adaptables y receptivos a las necesidades, los hábitos, los gestos y las emociones del ser humano [Acampora, 2013]. Por otra parte, la Tecnología Asistiva (TA) se refiere a un concepto innovador que integra la tecnología dentro de residencias para mantener la seguridad y la calidad de vida de los residentes. Las TAs indican una amplia gama de dispositivos, servicios, estrategias y prácticas que se conciben y se aplican para mejorar los problemas al que se enfrentan las personas que tienen discapacidades principalmente motrices [Yusif, 2016].

En el primer Encuentro Nacional de Innovación Tecnológica para la Discapacidad realizado en la ciudad de Morelia, Michoacán en diciembre del 2017 se presentaron distintos prototipos dirigidos a la problemática de asistir a personas con discapacidad. Entre ellos, Ratón para Computadora Controlado por Joystick: Accesibilidad para Personas con Discapacidad Motora, Aplicación Móvil Para Apoyar a Personas con Problemas Auditivos y Dificultades para Comunicarse Verbalmente y Bastón inteligente. En dichos proyectos se presentan diferentes soluciones a partir de la integración de diferentes tecnologías, no obstante, una parte importante es la privacidad y seguridad de las personas que emplean el sistema. Una posible solución para la seguridad es el reconocimiento de voz, que permite controlar una serie de elementos disponibles en un entorno cerrado: por ejemplo, la luz, el ventilador, las puertas, las ventanas, entre otros [Montalvo, 2009].

Dentro de la problemática de asistir a personas con discapacidad se presenta el escaso acceso a la tecnología y la facilidad de uso diario de la misma, además, del temor a la dependencia y la falta de entrenamiento. Para el caso de la dependencia y falta de entrenamiento se pueden emplear señales biométricas para el control de

servicios. Un ejemplo de ello es el desarrollo de un sistema BCI (Brain Computer Interface) el cual emplea la señal de un EEG (Electroencefalograma) para el control domótico, dicho sistema presenta una precisión de interpretación por encima del 65% [Hornero, 2013]. Para el problema del acceso a la tecnología, la computación ubicua es una alternativa para la automatización de viviendas, además de la inclusión de teléfonos celulares inteligentes con pantalla táctil para el control de servicios [Shruthi, 2014].

Se presenta el diseño, desarrollo y evaluación de un sistema computacional ubicuo capaz de asistir a personas con discapacidad visual a ubicar entradas. Dicho sistema emplea la instalación de Beacon Groups instalados en las entradas, y a través de un móvil se les informa de las cercanías con las entradas [Grimblatt, 2015]. Por otro lado, el proyecto de investigación titulado “Diseño de un dispositivo domótico para control de iluminación” emplea el control remoto a través de una red usando el protocolo Zigbee, de tal manera que es posible tener el control de iluminación, ya sea en un hogar o en una oficina [Alvarino, 2015].

El presente trabajo describe la integración de un sistema ubicuo que sea usable y factible para aquellas personas que sufren de una discapacidad motriz principalmente, y que ofrece una alternativa en el control, acceso y administración de múltiples servicios en el hogar (encendido y apagado de un foco, un ventilador, un televisor, una ventana, una puerta, etc.). Además, incluye distintos paradigmas de interacción que van desde el lenguaje natural hasta el uso de interfaces en un dispositivo móvil.

2. Métodos

Las etapas de desarrollo (figura 1) tomadas en cuenta para el desarrollo de esta investigación se basan en el estándar ISO 13407 (ISO 13407 Standard, Human-Centred Design Processes for Interactive Systems) [ISO, 1999], el cual provee una guía sobre las actividades de Diseño Centrado en el Usuario (DCU), a través del ciclo de vida de sistemas interactivos para conseguir sistemas fáciles de utilizar y de aprender [Bevan, 2009]. En las siguientes subsecciones se presenta una descripción de cada etapa.

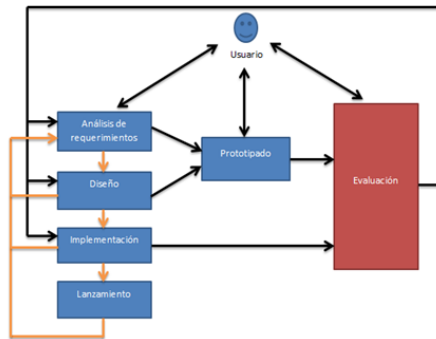


Figura 1 Diseño centrado en el usuario DCU: etapas.

Análisis de requerimientos

Se elabora un análisis de usuarios con la finalidad de recabar la mayor cantidad de información posible, para desarrollar un sistema capaz de contribuir a mejorar la calidad de vida de los usuarios. Las variables de estudio consideradas para modelar a los usuarios se generan a partir de un análisis etnográfico, mismo que se discute a continuación.

A partir de una muestra estratificada de 30 sujetos posibles para usar el sistema, se obtienen los siguientes resultados: los usuarios se encuentran en el rango de edad entre 30 y 75 años, 75% de los usuarios entrevistados presentan problemas de movilidad en los miembros inferiores (cintura, piernas), 100% de usuarios entrevistados hablan español y no presentan problemas del habla. Sin embargo, el 75% de los usuarios cuentan con educación secundaria y el 25% restante sólo tienen educación primaria. El 95% de los usuarios gozan de un dispositivo móvil, lo utilizan frecuentemente y no temen al uso de la tecnología. Cabe mencionar que el 90% de los usuarios entrevistados pasan mayor tiempo en el trabajo.

Análisis de tareas

El análisis de tareas tiene como propósito comprender y definir las funciones de un sistema, basadas en los distintos procesos que un usuario ejecuta para completar una tarea que comúnmente realiza en su vida diaria y, a su vez, mapearla a un proceso automatizado. Para ello se implementaron técnicas de escenarios, diagramas UML, HTA, prototipos de baja y alta fidelidad (en la figura 2 se observa un ejemplo de un caso de uso).

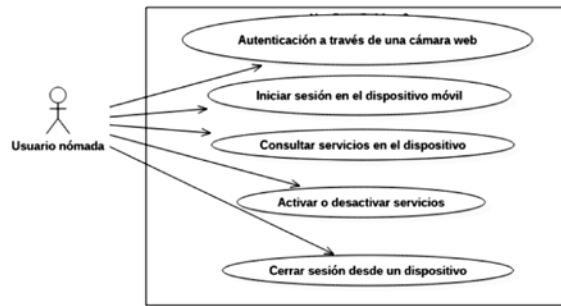


Figura 2 Diagrama de casos de uso: usuario nómada (aplicación móvil).

Diseño de interfaces de usuario

La participación del usuario durante la etapa de diseño es un elemento clave para el éxito de cualquier sistema.

A partir de un diseño participativo (cuatro usuarios nómadas y dos usuarios administradores) se obtienen las interfaces finales del sistema tanto para el usuario como para el administrador.

En la figura 3 se presenta la interfaz para dar de alta, baja, modificación y consulta de un usuario. En la figura 4 se presentan las interfaces de usuario para el acceso y control de servicios.



Figura 3 Interfaz de usuario para el registro de un nuevo usuario.

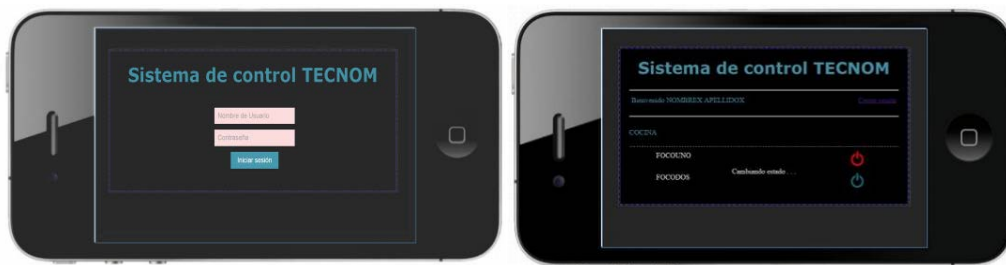


Figura 4 Interfaz de usuario para aplicación móvil.

En la figura 5 se muestra la interfaz de usuario para el administrador donde puede dar de alta, baja, modificaciones y consulta de usuarios, servicios y áreas ubicuas.

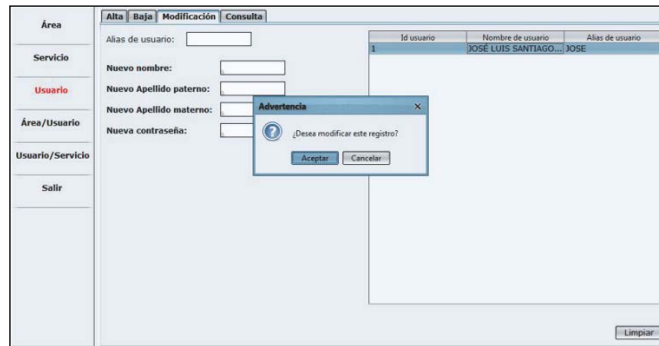


Figura 5 Interfaz de usuario para el administrador de servicios.

Diseño del sistema

La arquitectura de sistemas es la representación gráfica de módulos o componentes de un sistema y las relaciones entre los mismos [Sommerville, 2005]. Acorde a esta definición se presenta la arquitectura modular (figura 6) basada en el sistema SEDINU [Gómez, 2015], que muestra los distintos módulos lógicos con los que cuenta el sistema ubicuo, así mismo como las relaciones que existen entre éstos. La parte importante entre dichos módulos es el flujo de información que se transmite a través de sus enlaces, mejor conocidos como mecanismos de comunicación.

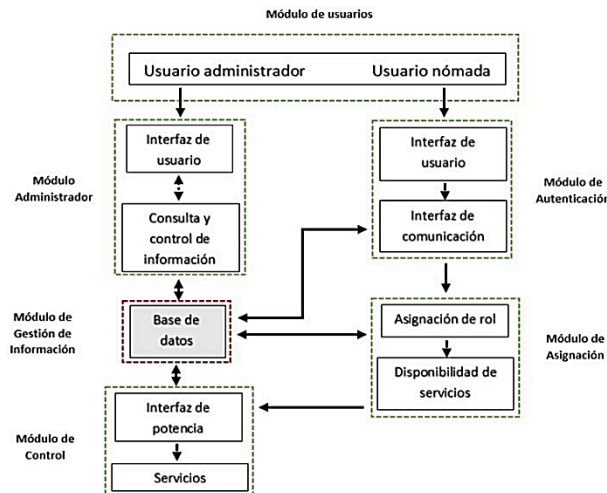


Figura 6 Arquitectura modular del sistema propuesto.

Módulo de usuarios y administrador

Se definen dos tipos de usuarios: **usuario administrador** (cada vivienda contará con un sólo usuario administrador) y **el usuario nómada** (puede ser uno o varios usuarios nómadas), los cuales realizan diferentes tareas al momento de interactuar con el sistema, ejemplos:

- El usuario administrador utiliza las interfaces de usuario encontradas en el módulo administrador, para añadir, borrar, modificar o consultar información (usuarios, servicios y áreas) en la base de datos.
- El usuario nómada se autentifica mediante interfaces de usuario, para después asignarle un rol, el cual le permite la disponibilidad de servicios dentro de un área determinada. Por otra parte, el módulo administrador se encarga de la asignación de permisos al usuario administrador para añadir, borrar, modificar y consultar registros de áreas, servicios y usuarios, a través de una interfaz de usuario.

Módulo de autenticación

Existen dos formas para que un usuario nómada pueda ser identificado por el sistema: mediante el reconocimiento facial o por medio de una aplicación para móvil (figura 7).



Figura 7 Reconocimiento facial y aplicación móvil.

Reconocimiento facial: Este módulo se encarga de capturar, analizar y comparar la imagen del sujeto obtenida a través de una cámara, con información de usuarios registrados en la base de datos. De esta manera, es posible asignarle acceso a la

manipulación de servicios dentro de un área, siempre y cuando tenga asignado un rol dentro del sistema. A continuación, se presenta una serie de pasos ordenados que el usuario nómada debe realizar para una interacción correcta con el sistema:

- Colocar su rostro enfrente de la cámara hasta que el sistema logre identificarlo y le dé la bienvenida mediante comandos de voz (aproximadamente 20 segundos en el peor de los casos y en el mejor de los casos menores de 4 segundos).
- El sistema ubicuo da a conocer al usuario nómada los servicios disponibles dentro del área de manera auditiva de acuerdo con el rol asignado a éste. Por lo tanto, cada área debe contar con un sistema de audio (bocinas y micrófono).
- El usuario nómada puede manipular los servicios por medio de comandos de voz, o mediante el uso de una diadema inalámbrica (en este caso para efectos de demostración se presenta el servicio de iluminación de dos focos y el servicio de ventilación).
- El usuario, al salir de la habitación o área, puede acceder a otra área de la vivienda y le será asignado un nuevo rol a través del reconocimiento facial. Automáticamente se finalizará la sesión del área donde se encontraba anteriormente.
- El usuario puede finalizar sesión dentro del área mediante comandos de voz.

Para la aplicación del reconocimiento facial se emplea la biblioteca OpenCV y el lenguaje de programación java.

Aplicación móvil: Una forma sencilla de mostrar y controlar los servicios en una determinada área ubicua es por medio de interfaces para dispositivos móviles, proporcionadas por el módulo de autenticación. Dichas interfaces atienden las siguientes funciones:

- Autenticación de un usuario (ingresa datos de usuario y contraseña en la interfaz móvil).
- Control de servicios por medio de una interfaz móvil donde el control de cada servicio es representando por botones.

- Cierre de sesión. En todo caso que el usuario abandone el área sin cerrar sesión desde la aplicación móvil o mediante comandos de voz, pueden suceder las siguientes situaciones:
 - ✓ El usuario nómada puede ser reconocido por una cámara de otra área y su sesión en el área anterior se finalizaría, de tal forma que se le otorgarían los nuevos servicios del área actual donde se encuentra.
 - ✓ El usuario nómada puede circular por la vivienda sin necesidad de entrar a un área y su sesión sigue activa en el área que abandonó, puesto que la localización del usuario y apertura de sesión se lleva a cabo mediante las cámaras instaladas en cada una de las áreas de la vivienda, por lo tanto, debe ser identificado en otra área, para que se finalice automáticamente su sesión en la anterior.

Módulo de Asignación

Al momento en que un usuario nómada ingrese a un área de la vivienda e inicie sesión, le es asignado un rol con información obtenida desde la base de datos acerca de los servicios encontrados en cierta área. Del mismo modo, pueden existir dos o más usuarios nómadas dentro de la misma. La diferencia radica en los privilegios que cada usuario tiene sobre un servicio. Ejemplo: la figura 8 muestra el Área 1 que cuenta con el Servicio 1 y Servicio 2, asignados tanto al Usuario 1 como al Usuario 2, donde:

- El Usuario 1 tiene el mismo privilegio que el Usuario 2 sobre el Servicio 1, por lo tanto, los dos pueden hacer uso sin restricciones de dicho servicio.

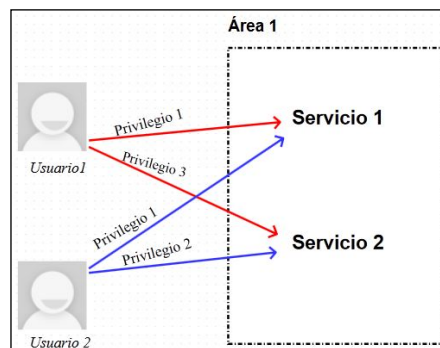


Figura 8 Privilegios de usuarios sobre servicios.

- Por otro lado, el Usuario 1 tiene mayor privilegio que el Usuario 2 sobre el Servicio 2, por lo tanto, el Usuario 2, no podrá tener acceso a cierto servicio.
- El Usuario 2 dentro del Área 1, no puede controlar el Servicio 2, puesto que el Usuario 1 está presente en la misma, y por ende tiene mayor privilegio que el Usuario 2 sobre el Servicio 2. En dado caso que el Usuario 1 finalice su sesión, el Usuario 2, podrá utilizar el Servicio 2, puesto que no hay otro usuario con mayores privilegios que el mismo dentro del Área 1.

Módulo de Control

El módulo de control está compuesto por una interfaz de potencia, la cual es un dispositivo electrónico capaz de cambiar el estado (encendido/apagado) de un servicio. La interfaz de potencia interpreta la entrada de información de las interfaces de comunicación utilizadas por los usuarios nómadas, así mismo, estas interfaces están comunicadas directamente con la base de datos.

Módulo de Gestión de Información

Una parte importante para un sistema dinámico, respecto a la entrada y salida de información, es la base de datos o el medio donde se concentra toda la información, por lo que este módulo es el encargado de gestionar toda la información acerca de áreas, usuarios y servicios, así como las relaciones entre los mismos.

3. Resultados

Para la evaluación del sistema se realizó pruebas heurísticas y Test de usuario. Para la heurística se contemplaron cuatro usuarios expertos, denotados como E1, E2, E3 y E4. Las tareas asignadas se muestran en las tablas 1 y 2.

Las pruebas heurísticas del sistema se aplicaron en la Universidad de la Sierra Sur. Al finalizar las tareas, los usuarios respondieron un cuestionario Post-Test. Las respuestas se definieron en una escala numérica del 1 al 5 (1 - nada, 2 - poco, 3 - regular, 4 - mucho, 5 - totalmente), dichos resultados se muestran en las tablas 3, 4 y 5.

Tabla 1 Tareas definidas para el administrador del sistema.

Tareas asignadas en la interfaz de administrados	
1. Iniciar sesión en la aplicación de escritorio (administrador).	2. Añadir dos nuevas áreas (cocina y dormitorio).
3. Añadir 4 servicios a las áreas nuevas (foco 1 y foco 2 a la cocina, foco 3 y 4 al dormitorio).	4. Añadir dos nuevos usuarios (usuario 1 y usuario 2).
5. Asignar a los dos usuarios nuevos las dos áreas ubicuas agregadas.	6. Asignar servicios a usuarios de la siguiente manera: Usuario 1 en la cocina accesos a foco 1 y 2 con privilegio 3 y en el dormitorio acceso a foco 3 y 4 con privilegio 2, al usuario 2 en la cocina accesos a foco 1 y 2 con privilegio 2 y en el dormitorio acceso a foco 3 y 4 con privilegio 3.
7. Eliminar el área de la cocina.	8. Modificar los datos del usuario 1.
9. Cerrar sesión.	

Tabla 2 Tareas definidas empleando interfaz de reconocimiento facial y aplicación móvil.

Tareas asignadas en la interfaz de reconocimiento facial y aplicación móvil	
1. Iniciar sesión en el área de la cocina a través del reconocimiento facial.	2. Preguntar los servicios disponibles mediante comandos.
3. Encender foco 1 mediante comandos de voz.	4. Encender foco 2 mediante comandos de voz.
5. Apagar foco 1 mediante comandos de voz.	6. Apagar foco 2 mediante comandos de voz.
7. Iniciar sesión en dormitorio a través de reconocimiento facial.	8. Iniciar sesión desde aplicación móvil y validar los servicios de foco 3 y 4 disponibles.
9. Encender el foco 3 desde la aplicación móvil.	10. Encender el foco 4 desde la aplicación móvil.
11. Apagar los focos 3 y 4 desde la aplicación móvil.	12. Finalizar sesión en dormitorio mediante comandos de voz.

Tabla 3 Cuestionario para usuarios expertos: Resultados finales Parte 1.

Aplicación para administrador				
Pregunta	E1	E2	E3	E4
1. ¿El sistema es fácil de usar?	5	5	4	5
2. ¿El sistema no comprende tareas complejas de realizar?	5	3	5	5
3. ¿El sistema cumple con las funciones necesarias para el manejo de información acerca de usuarios, áreas y servicios?	5	5	5	5
4. ¿El menú de opciones es legible y fácil de navegar?	5	5	5	5
5. ¿El sistema presenta la retroalimentación necesaria?	5	4	5	3
6. ¿El sistema mantiene la fuente y el tamaño de letra en todas las ventanas de navegación?	5	5	5	5
7. ¿El sistema no presenta ventanas u opciones innecesarias?	5	5	5	5
8. ¿El título del sistema es coherente respecto a su funcionamiento?	5	3	5	5
9. ¿Los colores del sistema no ofenden la visión?	5	5	5	4
10. ¿La aplicación informa de los errores que se han producido durante la ejecución de una tarea?	5	5	5	5
11. ¿La presentación de información es clara?	4	5	5	5
Puntuación total	54	50	54	52

Tabla 4 Cuestionario para usuarios expertos: Resultados finales parte 2.

Aplicación para reconocimiento facial				
Pregunta	E1	E2	E3	E4
1. ¿La aplicación es fácil de usar?	5	3	5	5
2. ¿La aplicación provee las funciones necesarias para la manipulación de servicios?	5	5	5	5
3. ¿El reconocimiento de rostros es rápido?	5	3	4	3
4. ¿La retroalimentación por voz es clara y precisa?	4	4	5	4
5. ¿La aplicación comprende rápidamente las órdenes por comandos de voz?	5	4	4	3
6. ¿La aplicación informa de los errores que se han producido durante la ejecución de una tarea?	5	5	5	5
Puntuación total	29	24	28	25

Tabla 5 Cuestionario para usuarios expertos: Resultados finales Parte 3.

Aplicación móvil				
Pregunta	E1	E2	E3	E4
1. ¿La aplicación móvil es fácil de utilizar?	5	5	5	5
2. ¿La aplicación móvil no comprende tareas complejas de realizar?	5	5	5	5
3. ¿La aplicación móvil provee las funciones necesarias para la manipulación de servicios?	5	5	5	5
4. ¿Las opciones presentadas en la aplicación son predecibles?	4	5	5	5
5. ¿La aplicación móvil presenta la retroalimentación necesaria?	5	5	5	5
6. ¿La aplicación móvil mantiene la fuente y el tamaño de letra en todas las ventanas de navegación?	5	5	5	5
7. ¿La aplicación móvil no presenta ventanas u opciones innecesarias?	5	5	5	5
8. ¿El título de la aplicación móvil es coherente respecto a su funcionamiento?	5	3	5	5
9. ¿Los colores de la aplicación móvil no ofenden la visión?	5	3	5	4
10.- ¿La aplicación móvil informa de los errores que han producido durante la ejecución una tarea?	5	4	5	5
11.- ¿La presentación de información es clara?	5	5	5	5
Puntuación total	54	50	55	54

Para la prueba de Test de usuario se llevó a cabo con los cuatro usuarios nómadas (U1, U2, U3 y U4) que han participado desde el inicio del desarrollo del proyecto y que hicieron posible la evaluación final del sistema en su hogar correspondiente. Los usuarios presentan al menos una discapacidad motriz en miembros superiores o inferiores. Después de cada prueba los usuarios respondían un cuestionario. En las tablas 6 y 7 se muestran los resultados de un cuestionario Post-Test, donde,

las posibles respuestas se definieron en una escala numérica del 1 al 5 (1 - nada, 2 - poco, 3 - regular, 4 - mucho, 5 - totalmente).

Tabla 6 Cuestionario usuario intermedio y usuario principal: Resultados finales Parte 1.

Aplicación para reconocimiento facial				
Pregunta	U1	U2	U3	U4
1. ¿La identificación de personas a través de una cámara, es importante para la seguridad del hogar?	5	5	5	5
2. ¿Le resulta fácil encender o apagar un foco por medio de comandos de voz?	5	3	5	5
3. ¿Se siente cómodo al utilizar este tipo de sistemas?	5	5	5	5
4. ¿El sistema es apto para personas que carecen de movimiento?	5	5	5	5
Puntuación total	20	18	20	20

Tabla 7 Cuestionario usuario intermedio y usuario principal: Resultados finales Parte 2.

Aplicación móvil				
Pregunta	U1	U2	U3	U4
1. ¿El diseño de la aplicación móvil le parece agradable?	5	5	5	5
2. ¿Se siente cómodo al controlar los servicios (foco, ventilador, entre otros) mediante un teléfono celular?	5	5	5	5
3. ¿Le resulta fácil encender o apagar un foco a través de un teléfono celular?	5	5	5	5
4. ¿La aplicación móvil es apta para personas que carecen de movimiento?	5	5	5	5
Puntuación total	20	20	20	20

4. Discusión

Acorde con los resultados obtenidos de los cuestionarios Post-Test, tanto para usuarios expertos como usuarios principales e intermedio, se tienen las siguientes premisas.

Usuarios expertos

Resultados de evaluación respecto a la aplicación para administrador (tabla 3):

- Los usuarios expertos, al utilizar la aplicación, les resultó fácil, puesto que cuenta con un menú de opciones sencillo de navegar, y no comprende tareas complejas de realizar debido a que cumple con las funciones necesarias para ejecutar una tarea.

- Sin embargo, se hizo presente la carencia de mensajes para retroalimentar al usuario (e.g., “La opción Área - Alta, sirve para añadir nuevos registros de áreas”), lo cual produjo dudas en la interacción entre el usuario y la aplicación.
- Con base en el diseño, las interfaces mostraron una fuente y tamaño de letra constante en las diferentes ventanas de navegación.
- Del mismo modo, los colores de estas interfaces son idóneos para obtener una mejor visión de los resultados mostrados por la aplicación.

Resultados de evaluación respecto aplicación para reconocimiento facial (tabla 6):

- La aplicación para reconocimiento facial presentó dificultad y retardo al momento de identificar a un usuario.
- Esto se debe a la falta de un entorno controlado, lo cual quiere decir que la aplicación de reconocimiento facial es eficiente en áreas donde la iluminación es elevada y el color de paredes es claro.
- Cabe recalcar que la aplicación contempla e informa acerca de los errores que se producen durante la ejecución de una tarea.
- Igualmente cuenta con las funciones necesarias (sintetizador de voz) para la manipulación de servicios.

Resultados de evaluación respecto aplicación móvil (tabla 5):

- La aplicación móvil obtuvo excelentes resultados respecto a la facilidad de uso, la efectividad al ejecutar una tarea, la retroalimentación al usuario, navegación entre ventanas y el cumplimiento de las funciones necesarias para llevar a cabo una tarea.

Usuario intermedio y usuarios principales

Resultados evaluación respecto aplicación para reconocimiento facial (tabla 4):

- Aun no teniendo un ambiente controlado, la aplicación para reconocimiento facial logró identificar a cada uno de los usuarios. Aunado a esto, los usuarios presentaron comodidad al interactuar con esta aplicación, calificando a la misma como un medio de seguridad en el hogar.

- Por otra parte, el control mediante comandos de voz presentó dificultad en uno de los usuarios debido a problemas de hardware (diadema de bajas prestaciones). A pesar de las dificultades con la diadema los usuarios prefieren controlar un servicio mediante comandos de voz, dado que no requiere de la interacción con algún dispositivo móvil, y es apta para usuarios que presente discapacidad en miembros superiores e inferiores.

Resultados evaluación respecto aplicación móvil (tabla 7):

- Los usuarios principales e intermedios calificaron como excelente a la aplicación móvil debido a que es una aplicación, fácil de utilizar, cómoda y apta para personas que padecen de una discapacidad temporal o permanente en miembros inferiores.

5. Conclusiones

Para proporcionar una herramienta útil a los usuarios que padecen discapacidad motriz o personas de la tercera edad se profundizó en una investigación acerca de los avances respecto a la tecnología en hogares inteligentes. A partir de esta investigación se generó el diseño de una arquitectura modular para el sistema propuesto basada en una arquitectura llamada SEDINU, la cual ha sido el punto de partida para el desarrollo de nuestro sistema.

Aunado a los resultados de la evaluación discutidos en la sección anterior, se llega a la conclusión de que el sistema mejora la calidad de vida de las personas dado que se puede manipular un servicio, ya sea por comandos de voz o por medio de un dispositivo móvil, sin la necesidad de trasladarse de un lugar a otro. Sin embargo, la actividad del sistema puede ser afectada por diferentes factores. Por ejemplo: falta de luz eléctrica para alimentar al sistema, fallos con las cámaras para la identificación de rostros o pérdida de conexión con la red.

A partir de esto último se proponen los siguientes trabajos futuros:

- Para fortalecer los resultados de este trabajo es necesario realizar medidas de rendimiento que permitan evaluar la accesibilidad del sistema. También se requiere de un análisis más exhaustivo del nivel de interacción.

- Migrar del código de cada módulo del sistema al código para web con el propósito de manipular herramientas para entornos ubicuos desde la Internet y controlar los servicios a larga distancia, independientemente de la plataforma que se esté utilizando (multiplataforma).
- Desarrollar o recabar algoritmos para reconocimiento de voz y aplicar métodos de filtrado para obtener menor ruido posible.

6. Bibliografía y Referencias

- [1] Acampora G, Cook J., Rashidi P & Vasilakos V (2013). A Survey on Ambient Intelligence in Health Care, Proc IEEE Inst Electr Electron Eng. Dec 1; 101(12): 2470–2494.
- [2] Alavarino, E., Marchena P., Castellar J., Jimenéz H. & Quintero A (2015). Diseño de un dispositivo domótico para el control de iluminación. Investigación y Desarrollo en TIC, vol. 6, no. 1, pp. 26-33.
- [3] Bevan, N. (2009). Usability net methods for user centered design. Human-Computer Interaction: theory and practice, 1(1), 1-6.
- [4] DGEE. (2013). Discapacidad motriz: <http://eespecial.sev.gob.mx/difusion/motriz.php>.
- [5] Gómez, V., Mendoza, S., García, K., Decouchant, D. (2015) Facilitating nomadic interaction through a self-managed area-based support. ECORFAN Journal-Spain 2015,2-3:161-179.
- [6] Graschew, G., Rakowsky, S., Roelofs, T., & Schlag, P. (2010). Design and Implementation of Satellite-Based Networks and Services for Ubiquitous Access to Healthcare, Satellite Communications. En N. Diodato (Ed.), (cap. 6). Alemania: Sciyo.
- [7] Grimblatt, V. (2015). Sistema de computación ubicua para relacionar a personas con discapacidad visual con su entorno (Memoria): Universidad de Chile, Facultad de ciencias físicas y matemáticas.
- [8] Hornero R, Corralejo R., Álvarez D., Martín M. Diseño, desarrollo y evaluación de un sistema Brain Computer Interface (BCI) aplicado al control de dispositivos domóticos para mejorar la calidad de vida de las personas con

- grave discapacidad, Trauma Fund MAPFRE (2013), Vol 24, nº 2:117-125, España.
- [9] INEGI. (2013). Las personas con discapacidad en México una visión al 2010: http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/poblacion/2010/discapacidad/702825051785.pdf.
- [10] Lledó, S. E. (2012). Diseño de un sistema de control domótico basado en la plataforma Arduino (Tesis de licenciatura). Universidad Politécnica de Valencia, España.
- [11] Montalvo, L. C. H. (2009). Edificios inteligentes para personas con discapacidad (Tesis de licenciatura). Universidad Técnica del Norte, Ecuador.
- [12] Navarrete, C. M. (2010). Administración de flujos de trabajo organizados en áreas autónomas para entornos ubicuos (Tesis de maestría). CINVESTAV-IPN, México, DF.
- [13] Pérez, P. J. C. (2011). Mecanismo ubicuo de localización de dispositivos móviles (Tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional, México, D.F.
- [14] Shruthi J. & Bharathy (2014). Home Appliance control for users with motor disabilities using smart phone. International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering (IJIRAE), Volumen 1, Issue 6.
- [15] Sommerville, I., & Alfonso, G. M. I. (2005). Ingeniería de software. Madrid: Addison-Wesley.
- [16] Smith, A. (2014) Older Adults and Technology Use. PewResearchCenter: <http://www.pewresearch.org/>.
- [17] Yusif S., Soar J & Hafeez-Baig A. (2016), Older people, assistive technologies, and the barriers to adoption: A systematic review, International Journal of Medical Informatics.