

# Implementación de Iconos Hápticos

para Mejorar la Experiencia de las Personas con Discapacidad Visual en el Uso de Smartphones

Pedro Galdon, Ignacio Madrid, José López, Ernesto de La Rubia y Antonio Díaz Estrella

## Resumen

*El presente artículo muestra las líneas de trabajo que los autores están llevando a cabo, referentes a la mejora de la experiencia de usuario en smartphones para personas con discapacidad visual. Con este objetivo, se diseñan e implementan dos aplicaciones que hacen uso de iconos hápticos, una orientada a que el usuario pueda distinguir a través del tacto las diferentes alertas que emiten las aplicaciones en su smartphone, y la otra orientada a la mejora de la exploración táctil de la pantalla.*

## Palabras clave

Smartphone, icono háptico, tacto, interfaces para personas con discapacidad visual.

## 1 Introducción

La mayoría de las interfaces existentes en dispositivos móviles se basan en la visión para comunicar la información al usuario. No obstante, la interacción visual con dichos dispositivos a menudo es insuficiente, debido al tamaño de su pantalla, y a veces inútil por encontrarse el dispositivo en el bolsillo cuando requiere la atención del usuario. El uso de señales acústicas para comunicar información de manera no visual es una alternativa, pero limitada cuando el entorno del usuario es ruidoso, se precisa silencio o se necesita el sentido del oído para realizar otras tareas. Otra posibilidad, menos explorada hasta el momento, para ofrecer un canal alternativo de comunicación es el sentido del tacto.



El uso del canal háptico se hace especialmente relevante cuando el usuario tiene algún tipo de discapacidad visual, dado que este grupo específico de usuarios tiene mejores habilidades hápticas y mayor facilidad para el aprendizaje de iconos hápticos [8] [9]. Por tanto, proveer de iconos hápticos a los smartphones podría ser especialmente beneficioso para los usuarios con discapacidad visual.

Este artículo muestra cómo podrían utilizarse patrones hápticos complejos (iconos hápticos) para, por una parte poder identificar las alertas provenientes de las aplicaciones de un smartphone, y por otra parte mejorar la exploración de la pantalla del smartphone a través del tacto.

## 2 Trabajos Relacionados

En la pasada década se llevaron a cabo investigaciones sobre dispositivos móviles, las cuales sugerían que los estímulos vibrotáctiles podrían ser utilizados para transmitir información diversa. Por ejemplo, a la par que se alerta al usuario de la recepción de un SMS, se podría también identificar el tipo, la prioridad/urgencia y el emisor del mensaje [2] [10]. Recientemente, con la aparición en el mercado de los smartphones de última generación, los sistemas de vibración incorporados a estos dispositivos permiten la transmisión de información compleja a través del canal háptico [3].

Para que los estímulos vibrotáctiles puedan comunicar información compleja, deben asociarse a significados, y construir lo que se denominan iconos hápticos (o tactons) [1] [14].

Existen líneas de investigación abiertas para estudiar los iconos hápticos más efectivos, perceptibles y agradables al tacto del usuario, haciendo que la experiencia de uso del smartphone mejore con la implementación de este tipo de retroalimentación táctil [11] [12]

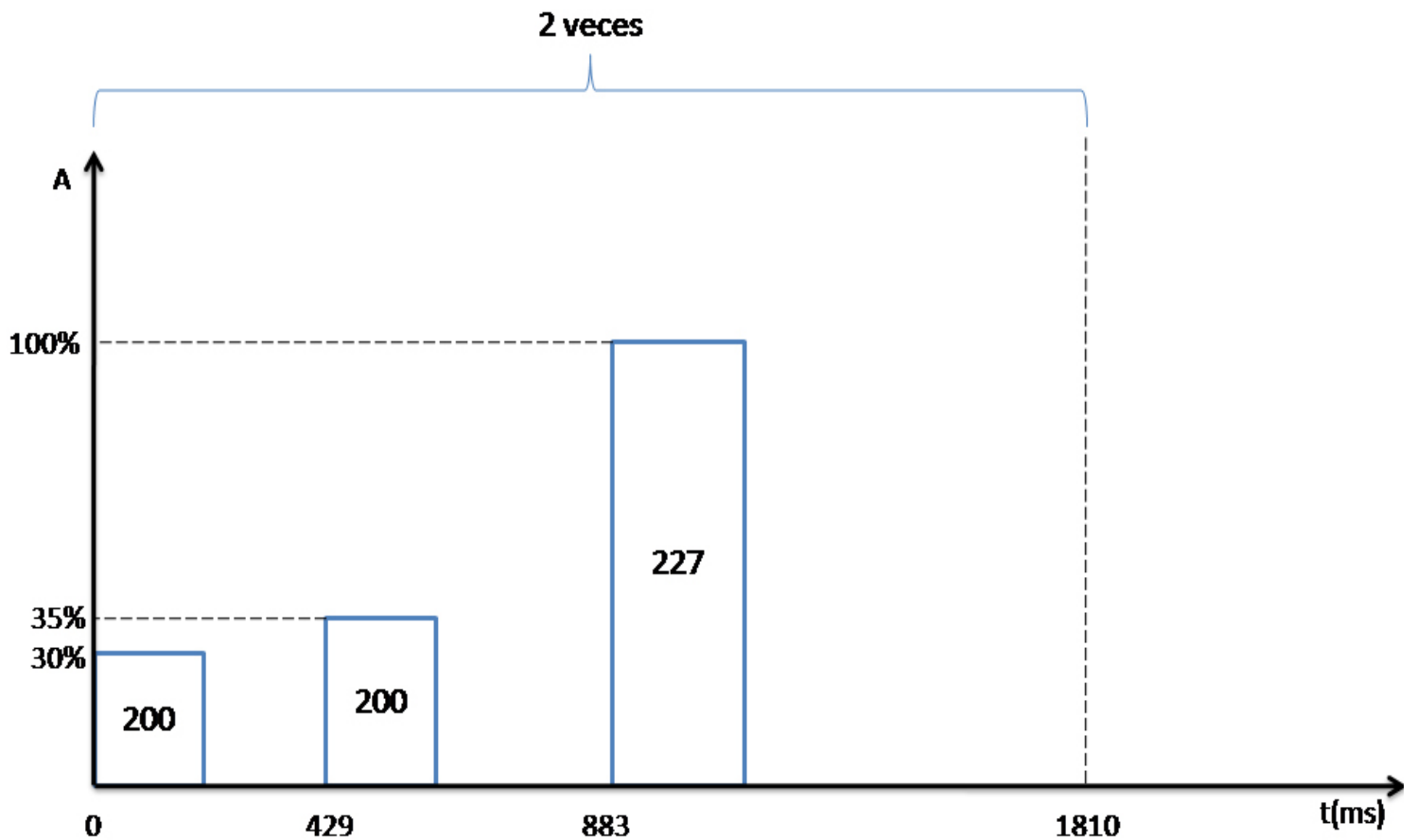


[16] [17]. Asimismo se están llevando a cabo trabajos relacionados con la mejora de la experiencia de usuario en la utilización de smartphones. Froehlich et al. recopilan información cualitativa y cuantitativa sobre el uso de los dispositivos móviles por parte del usuario, para poder comprender mejor cómo las personas utilizan y experimentan la tecnología móvil [7].

El área de investigación más cercana al presente estudio es la que explota dos de las principales ventajas de las interfaces hápticas, la facilidad de captar la atención del usuario y su inmunidad al ruido ambiental, lo que las hace idóneas para transmitir alarmas y alertas. Los avances más significativos en el campo de la retroalimentación háptica para teléfonos y dispositivos móviles están siendo desarrollados por la compañía IMMERSION, la cual ha creado aplicaciones como Haptic Effect Preview®, una galería de iconos hápticos disponibles para desarrolladores de aplicaciones sobre plataforma Android, o Haptic Studio®, una herramienta que permite crear efectos hápticos basados en la vibración del motor del smartphone, a través de una interfaz de usuario gráfica amigable [13].

### 3 Metodología

La tecnología de los dispositivos móviles ha evolucionado mucho en los últimos años, y en especial la vertiginosa evolución de los smartphones ha supuesto una verdadera revolución en los teléfonos móviles, generalizándose su uso, especialmente entre los usuarios con discapacidad visual. Los resultados de la investigación descrita en [8] demostraban que los usuarios con discapacidad visual recordaban y reconocían mejor los iconos hápticos que los usuarios sin discapacidad. Dichos resultados han propiciado continuar con esta línea de investigación, desarrollando dos aplicaciones para mejorar la experiencia de los usuarios de smartphones con la ayuda de iconos hápticos.



**Figura 1.** Patrón vibratorio de la aplicación Facebook.

### 3.1 Aplicación HAPP

El objeto de la aplicación HAPP (Haptic App) es mejorar la identificación de las alarmas provenientes de las distintas aplicaciones de un smartphone, utilizando para ello iconos hápticos. La aplicación HAPP implementa un conjunto de 16 iconos hápticos asociados cada uno de ellos a una alerta proveniente de una aplicación del smartphone. Los iconos hápticos se han diseñado mediante la herramienta Haptic Studio® de IMMERSION, y las vibraciones implementadas son de corta duración (2-4 segundos), siguiendo un patrón rítmico que permite distinguir unas de otras fácilmente y ayuda a su memorización. La utilización del ritmo como base para conseguir que los iconos fueran distinguibles ya fue evaluada con éxito en [18]. La Figura 1 muestra uno de los patrones vibratorios diseñados para HAPP, en concreto el icono háptico asociado a la aplicación Facebook.

El icono háptico se compone de tres pulsos vibratorios de diferente amplitud y duración, repitiéndose este patrón rítmico dos



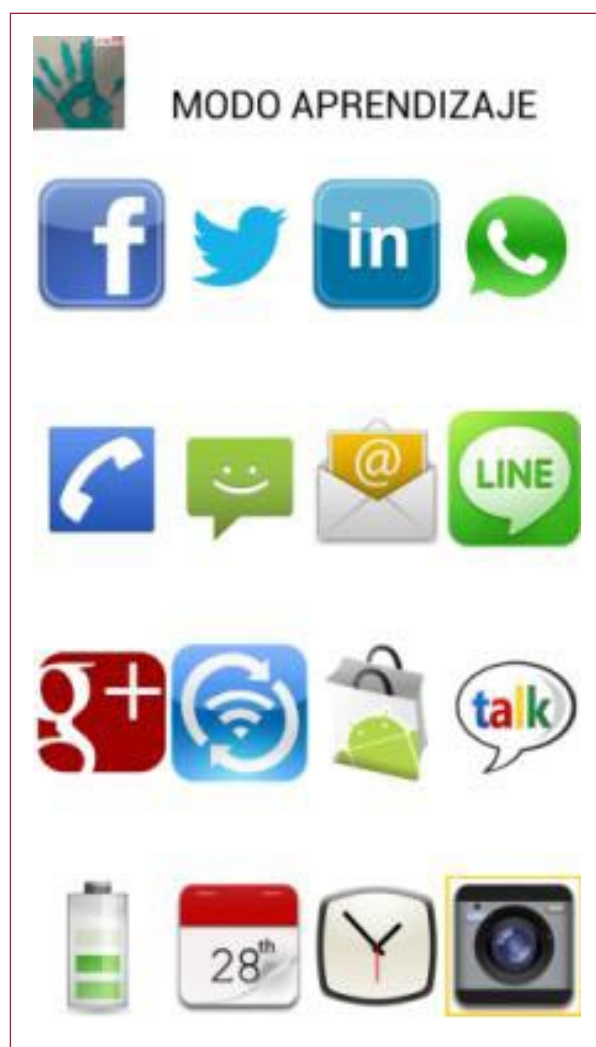
veces. La aplicación funciona sobre cualquier smartphone con sistema operativo Android, y dispone de ayuda audiodescrita, iconos visuales e iconos hápticos para que las personas con discapacidad visual puedan utilizar la aplicación sin dificultad. Siguiendo el proceso de aprendizaje propuesto en [6], la ejecución de la aplicación se lleva a cabo en tres fases, dos de aprendizaje y una en la que los sujetos realizan el test que servirá de base al experimento para determinar la facilidad con la que recuerdan la asociación entre los iconos hápticos y las aplicaciones que envían las alertas.

Las tres etapas de la aplicación son:

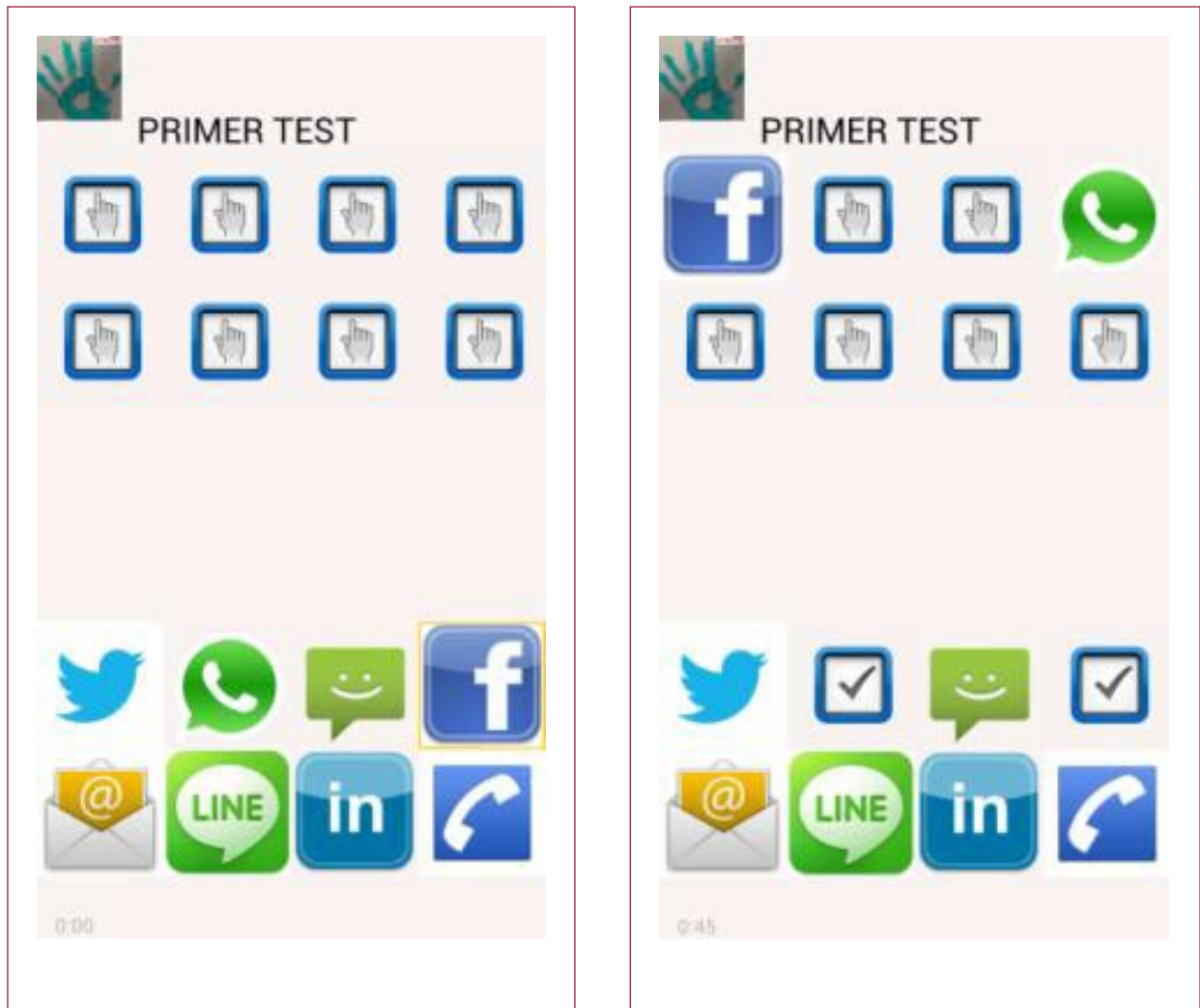
- La etapa de Aprendizaje, donde al sujeto se le presentan los 16 iconos hápticos para su memorización. En esta etapa, el sujeto irá explorando la pantalla, y al pasar por cada icono se activará una locución que identificará la aplicación asociada al icono visual sobre el que está deslizando su dedo. Al pulsar sobre el icono, el smartphone reproducirá la vibración asociada al icono háptico de esa aplicación.

- La etapa de Refuerzo, donde el sujeto participa en un juego para reforzar el conocimiento de los iconos hápticos. Dicho juego consiste en hacer parejas Aplicación-Icono háptico, emulando el tradicional juego de memoria con parejas de naipes. El uso de elementos propios del diseño de juegos en contextos no lúdicos es lo que se conoce como Gamificación [5].

- La etapa de Test, donde el sujeto realiza una prueba para determinar si recuerda con efectividad la asociación entre los diferentes iconos hápticos y sus correspondientes aplicaciones. La etapa de Test presentará al sujeto dos pantallas con 16 cuadrículas, y éste deberá identificar el mayor número de parejas Icono háptico-Applicación en el menor tiempo posible (Figura 3).



**Figura 2.** Pantalla de la etapa de Aprendizaje de HAPP.



**Figura 3.** Pantallas de la Etapa de Test de HAPP.

La pantalla se divide en dos grupos de iconos, 8 en la parte superior y 8 en la parte inferior. Los iconos de la parte superior, al ser pulsados, emiten la vibración asociada al icono háptico de una aplicación. Los iconos de la parte inferior, reproducen la información auditiva sobre la aplicación en cuestión al ser explorados por los usuarios con discapacidad visual. Se ha dotado a la aplicación de un Log de eventos, donde se registrarán los tiempos de todas las pulsaciones que lleve a cabo el usuario cuando está manejando la aplicación.

Se ofrecen diferentes versiones de la aplicación, que permitirán evaluar la capacidad de los usuarios para memorizar la asociación entre iconos hápticos y aplicaciones por parte de los usuarios, en función del proceso de aprendizaje (unimodal o multimodal [6], con



o sin etapa de Refuerzo, con asociaciones preestablecidas o elegidas por el usuario), y del tipo de usuario (con discapacidad visual o sin problemas visuales).

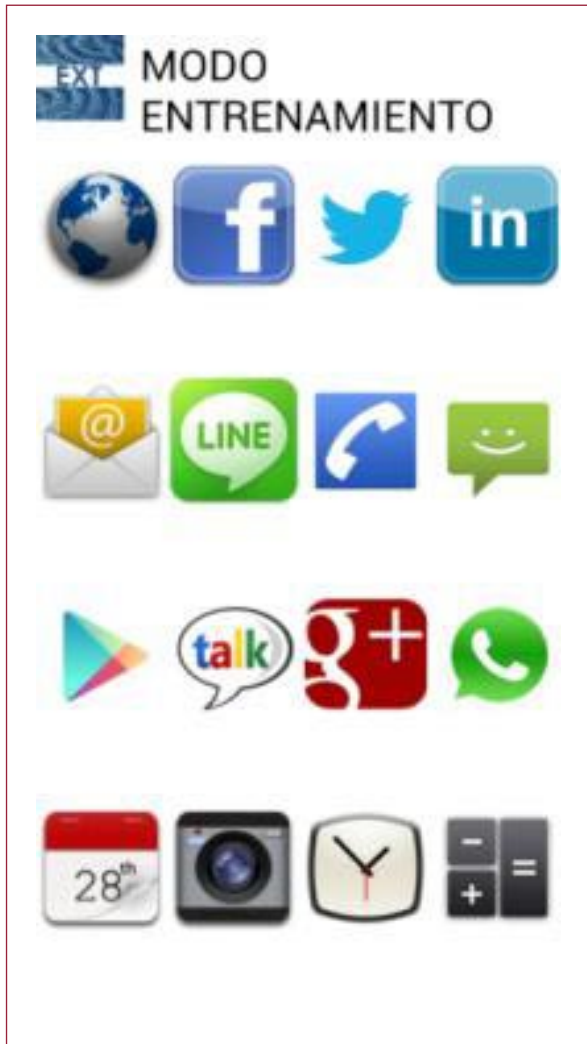
### 3.1.1 Procedimiento

El experimento debe determinar el ratio de éxito en la capacidad de aprender la asociación entre los iconos hápticos y las alertas de las aplicaciones, así como verificar la hipótesis de que los usuarios con discapacidad visual tienen mayor facilidad para llevar a cabo este aprendizaje. Asimismo, el experimento debe permitir contrastar si la etapa de Refuerzo es efectiva como refuerzo para el aprendizaje. Se propone realizar experimentos para evaluar las siguientes condiciones:

- La capacidad de retener asociaciones entre iconos hápticos y aplicaciones mientras el usuario realiza tareas cotidianas.
- La capacidad de retentiva de las asociaciones a corto, medio y largo plazo.
- Si la libre elección de las asociaciones Icono háptico- Aplicación mejora la capacidad de retener dichas asociaciones.

## 3.2 Aplicación EXT

Así como el objeto de HAPP es la identificación de las alarmas provenientes de las distintas aplicaciones de un smartphone, utilizando para ello iconos hápticos, la aplicación EXT (Enhanced eXplore by Touch) tiene como objeto mejorar la exploración por tacto que realizan los usuarios con discapacidad visual, y que éstos puedan localizar de una forma más ágil los iconos que hay distribuidos en la pantalla del smartphone. Para ello, se han escogido 16 iconos hápticos de entre los predefinidos que incorpora la herramienta Haptic Effect Preview® de IMMERSION. La aplicación consta de dos etapas:



**Figura 4.** Pantalla de Entrenamiento de EXT.

- La etapa de Entrenamiento, donde se presentan 16 iconos correspondientes a otras tantas aplicaciones, distribuidos de forma uniforme en la pantalla del smartphone (Figura 4).

Al deslizar el dedo por encima de cada icono, se activará una locución que indicará de qué aplicación se trata, seguida de la vibración correspondiente.

- La etapa de Test, en la cual se le presentan al usuario los mismos 16 iconos visuales “ocultos” tras otros tantos iconos con el símbolo ? y dispuestos de la misma forma que en el Modo de Aprendizaje (Figura 5).

Una locución le va indicando .al usuario el nombre de cada aplicación, y éste debe encontrar la posición de la aplicación en la pantalla en el menor tiempo posible.

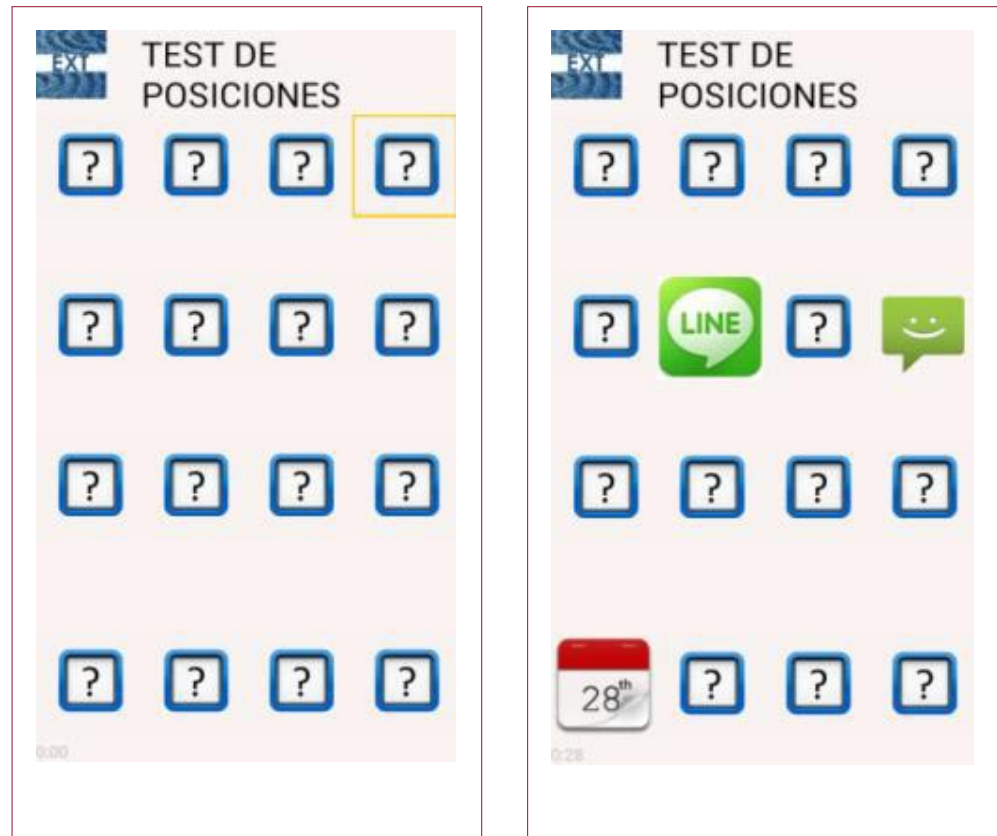
Se presentan dos versiones de la aplicación, las cuales permitirán contrastar la hipótesis de que el uso de iconos hápticos complejos mejora la capacidad de retener la ubicación de las aplicaciones en la pantalla del smartphone por parte de los usuarios con discapacidad visual, en contraste con la vibración simple que actualmente ofrecen los smartphones al ser explorados con herramientas como TalkBack® de Android.

### 3.2.1 Procedimiento

El experimento debe determinar el ratio de éxito en la capacidad de identificar las posiciones de las diferentes aplicaciones en la pantalla del smartphone. Asimismo, el experimento debe permitir contrastar si el uso de retroalimentación háptica compleja mejora este ratio comparado con la vibración simple que ofrece actualmente Android al explorar la pantalla mediante el tacto. También se llevará a cabo un experimento para evaluar la capacidad de retentiva a medio plazo, habiendo transcurrido un tiempo entre la primera ejecución del experimento y un segundo test.







**Figura 5.** Pantallas de la etapa de Test de EXT.

## 4 Resultados Iniciales

Aunque las aplicaciones están en fase de verificación, ya han sido probadas por usuarios, tanto con discapacidad visual como sin ella, con el objeto de mejorar algunos aspectos en el diseño de las mismas. El objeto de los experimentos será determinar si el uso de iconos hápticos mejora, en el caso de HAPP, la capacidad de identificar alertas provenientes de las diferentes aplicaciones del smartphone, y en el caso de EXT, la velocidad y precisión para localizar los iconos en la pantalla del smartphone, una vez realizada la exploración táctil por parte del usuario.

Los resultados obtenidos en las pruebas preliminares realizadas son bastante prometedores. Las aplicaciones han sido evaluadas por 4 sujetos, uno de ellos con discapacidad visual total, y ambas aplicaciones han sido acogidas de forma satisfactoria por todos los sujetos, indicando todos ellos que sería de mucha utilidad en sus smartphones el uso de iconos hápticos tanto para el reconocimiento de alertas como para la mejora de la exploración por tacto

de la pantalla. Aunque no se ha llevado a cabo aún ningún experimento formal, en la evaluación de los prototipos se ha puesto de manifiesto una alta tasa de reconocimiento de los patrones hápticos en HAPP, y una leve mejora en la localización de iconos tras la exploración por tacto en EXT.

## 5 Conclusiones Y Futuros Trabajos

Las aplicaciones presentadas en este trabajo pretenden mejorar la usabilidad y accesibilidad de los smartphones, mediante el uso de iconos hápticos en un smartphone, La aplicación HAPP pretende verificar la hipótesis de que el uso de los iconos hápticos asociados a las alertas de las aplicaciones del smartphone mejora la experiencia del usuario, y que esta mejora se hace especialmente patente en los usuarios con discapacidad visual. Por su parte, la aplicación EXT pretende verificar la hipótesis de que el uso de iconos hápticos complejos en la exploración por tacto mejora la experiencia de uso de las personas con discapacidad visual, posibilitando la localización de las aplicaciones en la pantalla del smartphone de forma más ágil. En la actualidad se está desarrollando una nueva aplicación para mejorar la experiencia de los usuarios con discapacidad visual en el uso de smartphones. Se trata de una aplicación que, mediante iconos hápticos que simulan distintas texturas y rugosidades, permitirá al usuario conocer en cuál de los escritorios de los que dispone Android se encuentra en cada momento, mejorando la navegación. Existen diferentes estudios que validan la simulación de texturas a través de estímulos hápticos virtuales [4] [15], lo cual tiene potencialidad para el desarrollo de nuevas aplicaciones accesibles. Asimismo, una nueva línea de trabajo que se abre es la de implementar estas aplicaciones sobre otras plataformas de dispositivos móviles (IOS, Windows Phone), y repetir los experimentos para determinar la influencia de la plataforma sobre la percepción del usuario. Los resultados que de estos trabajos se desprendan abrirán nuevas líneas de investigación para los diseñadores de aplicaciones para smartphones, así como para los fabricantes de dispositivos móviles, con el objetivo de mejorar la experiencia del usuario, especialmente para aquellos con algún tipo de discapacidad visual.



## 6 Agradecimientos

Las líneas de investigación descritas en este artículo provienen de otras anteriores que fueron llevadas a cabo junto con Technosite, dentro del proyecto CENIT-INREDIS 2007-2011, financiado por CDTI.

## 7 Referencias

**[1] Brewster , S.A., and Brown, L.M.** 2004. Non-Visual Information Display Using Tactons. In Proceedings of the Conf. on Human Factors in Computing Systems.

**[2] Brown, L.M., and Kaaresoja, T.** 2006. Feel who's talking: Using tactons for mobile phone alerts. In Proceedings of the conference on Human Factors in Computing Systems.

**[3] Cohen, L.G., Celnik, P., Pascual-Leone, A., Corwell, B., Falz, L., Dambrosia, J., Honda, M., Sadato, N., Gerlof, C., Calala, M.D., and Hallett, M.** 1997. Functional relevance of cross-modal plasticity in blind humans. *Nature*, vol. 389.

**[4] Culbertson, H., Romano, J. M., Castillo, P., Mintz, M., and Kuchenbecker, K. J.** 2012. Refined methods for creating realistic haptic virtual textures from tool-mediated contact acceleration data. In IEEE Haptics Symposium (HAPTICS).

**[5] Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., and Nacke, L.** 2011. From game design elements to gamefulness: defining gamification. In Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments.

**[6] Enriquez, M. and MacLean, K.E.** 2008. The Role of Choice in Longitudinal Recall of Meaningful Tactile Signals. In Proceedings of the IEEE Symp. on Haptic Interfaces for Virtual Environments and Teleoperator Systems.

**[7] Froehlich, J., Chen, M. Y., Consolvo, S., Harrison, B., and Landay, J. A.** 2007. MyExperience: a system for in situ tracing and capturing of user feedback on mobile phones. In Proceedings of the 5th international conference on Mobile systems, applications and services.

- [8] Galdón, P.M., Madrid, R.I., De la Rubia-Cuestas, E.J., Diaz- Estrella, A., and González, L.** 2013. Enhancing Mobile Phones for People with Visual Impairments through Haptic Icons: The Effect of Learning Processes. *Assistive Technology*, 25 , 80–87.
- [9] Gallace, A., and Spence, C.** 2009. The cognitive and neural correlates of tactile memory. *Psychological Bulletin*, 135, 3, 380-406.
- [10] Hoggan, E., and Brewster, S.A.** 2007. Designing Audio and Tactile Crossmodal Icons for Mobile Devices. In *Proceedings of ACM Int'l Conf. on Multimodal Interfaces*.
- [11] Hoggan, E., Brewster, S. A., and Johnston, J.** 2008.. Investigating the effectiveness of tactile feedback for mobile touchscreens. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*.
- [12] Hoggan, E., Stewart, C., Haverinen, L., Jacucci, G., and Lantz, V.** 2012. Pressages: augmenting phone calls with non- verbal messages. In *Proceedings of the 25th annual ACM symposium on User interface software and technology*.
- [13] IMMERSION.** 2010. Haptics White Paper: Improving the Mobile User Experience through Touch.
- [14] MacLean, K.E., and Enriquez, M.** 2003. Perceptual Design of Haptic Icons. In *Proceedings. of EuroHaptics*.
- [15] Minsky, M., and Lederman, S. J.** 1996. Simulated haptic textures: Roughness. In *Proceedings of the ASME Dynamic Systems and Control Division*.
- [16] Qian, H., Kuber, R., and Sears, A.** 2011. Towards developing perceivable tactile feedback for mobile devices. *International Journal of Human-Computer Studies*, 69,11 , 705-719.
- [17] Rantala, J., Raisamo, R., Lylykangas, J., Surakka,, V., Raisamo, J., Salminen, K., Pakkanen, T., and Hippula, A.** 2009. Methods for presenting Braille characters on a mobile device with a touchscreen and tactile feedback. *IEEE Trans. on Haptics*, 2, 1, 28-39.
- [18] Stephan, K.L., Smith, S.E., Martin, R.L., Parker, S.P.A., and McAnally, K.I.** 2006. Learning and Retention of Associations between Auditory Icons and Denotative Referents: Implications for the design of auditory warnings. *Human Factors*, 48, 2, 288-299



# Sobre los autores

**1. Pedro M. Galdón** es Ingeniero en Informática, Master en Telecomunicación y MBA por la Universidad de Málaga. Trabaja desde hace 8 años como Responsable IT en EMASA, trabajo que compagina con la labor investigadora en el Departamento de Tecnología Electrónica de la Universidad de Málaga. Actualmente está llevando a cabo la Tesis Doctoral, la cual versa sobre la mejora de la experiencia de las personas con discapacidad visual en el uso de smartphones a través de iconos hápticos.

**2. R. Ignacio Madrid** es Ldo. y Doctor en Psicología por la Universidad de Granada. Especializado en Interacción Persona – Ordenador, sus intereses se centran en la evaluación de la experiencia de usuario y las tecnologías accesibles. Desde 2008 trabaja como investigador en Technosite (<http://www.technosite.es>), empresa tecnológica de Fundación ONCE que lleva a cabo una importante actividad científica, tecnológica y de investigación social en el campo de la discapacidad. En este contexto coordina los trabajos de UX research en los proyectos europeos APSIS4all (<http://www.apsis4all.eu>) y CLOUD4all (<http://www.cloud4all.info>). Es también profesor asociado de la Universidad Internacional de La Rioja (UNIR) y consultor docente en la Universitat Oberta de Catalunya.

**3. Ernesto de la Rubia** es ingeniero de Telecomunicación por la Universidad de Málaga (2004). Trabajó para el sector privado más de tres años como programador senior. En la actualidad pertenece al grupo de Investigación Diana del Departamento de Tecnología Electrónica de la Universidad de Málaga donde disfruta de una beca para realizar el doctorado e impartir docencia.

**4. José Luís López Rodríguez** es Ingeniero en informática por la Universidad de Málaga (2002) y Diplomado por esta misma Universidad en la especialidad de Planificación y Explotación de Sistemas Informáticos. Actualmente realiza la tesis doctoral en la Facultad Telecomunicaciones de Málaga en el departamento de Tecnología Electrónica sobre los Agentes Conversacionales sobre Internet: Diseño e implementación de video-texturas. Ha realizado dos aplicaciones para invidentes en móviles con uso de recursos hápticos, y también desarrollos con uso de Bluetooth, NFC y WIFI. Ha colaborado también con el Departamento de Arquitectura de Computadores de la UMA en área de bioinformática.

**5. Antonio Díaz Estrella** es Catedrático de Universidad en el área de Tecnología Electrónica. Su formación es de Ingeniero de Telecomunicación por la Universidad Politécnica de Madrid (1985) y Doctor Ingeniero de Telecomunicación por la Universidad de Málaga (1995). Ha participado en más de 20 proyectos de investigación competitivos con financiación pública relativos al modelado, simulación y control de redes de comunicaciones inalámbricas y al diseño de interfaces persona máquina avanzados, en particular realidad virtual inmersiva. Es coautor de más de 25 publicaciones internacionales en revistas y de más de 50 en congresos y ha dirigido 7 tesis doctorales. Recibió el premio Telefónica a la mejor tesis doctoral en Redes y Servicios de Telecomunicaciones del año 1995. Fue fundador y director del grupo de investigación DIANA (TIC171) del Plan Andaluz de Investigación en el periodo 2000-2012. Su docencia actual se centra en los sistemas basados en microprocesadores, sistemas electrónicos interactivos y realidad virtual.



Barrio Bellavista, Santiago de Chile. Marzo 2013. Francisca Rubio Jeria

## Implementación de Iconos Hápticos para Mejorar la Experiencia de las Personas con Discapacidad Visual en el Uso de Smartphones

*El presente artículo muestra las líneas de trabajo que los autores están llevando a cabo, referentes a la mejora de la experiencia de usuario en smartphones para personas con discapacidad visual. Con este objetivo, se diseñan e implementan dos aplicaciones que hacen uso de iconos hápticos, una orientada a que el usuario pueda distinguir a través del tacto las diferentes alertas que emiten las aplicaciones en su smartphone, y la otra orientada a la mejora de la exploración táctil de la pantalla.*