

USING A MOBILE APPLICATION FOR MUNICIPAL INSPECTIONS

Macarulla, Marcel; Forcada, Nuria; Casals, Miquel; Gangolells, Marta
Universitat Politècnica de Catalunya

Inspections generate large amounts of information that have to be recorded and managed efficiently.

Although different strategies to implement new technologies to improve the inspection process are being developed, the industry and the municipalities still relies on paper based techniques. Therefore, problems such as potential loss of information, misunderstandings, and unclear instruction among different parties often occur.

This paper presents a mobile application for improving the inspection process (Pick&Go). The application is based on a methodology that uses images and tags as a unique entry point. Pick&Go was then validated in Terrassa's City Council to record accessibility information in the commercial buildings of Terrassa.

Results demonstrate that mobile and well-implemented technology can help governments save money and be more efficient. The use of this application simplified and reduced the time needed to record accessibility information while the standardized information helped them obtaining consistent data to aid the development of learning techniques. The tracked information can also be used to inform citizens about the assessment of the commercial building accessibility in the city.

Keywords: Accessibility; TIC; Inspection process

USO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA REALIZAR INSPECCIONES MUNICIPALES

Actualmente las inspecciones realizadas en el sector de la construcción, generan gran cantidad de datos que han que ser procesados y gestionados.

Para mejorar los procesos de inspección se han desarrollados diferentes estrategias basadas en tecnologías de la información y comunicación que han evolucionado en los últimos años. De cualquier manera, todavía hoy, las inspecciones se siguen realizando teniendo como base el papel. En consecuencia, se producen a menudo problemas como perdidas de información, o malos entendidos entre las partes participantes en la inspección.

Este artículo presenta una aplicación móvil para mejorar los procesos de inspección (Pick&Go). La aplicación está basada en una metodología que usa la fotografía y los tags como elementos esenciales para la captura de información. Esta aplicación ha sido validada en el Ayuntamiento de Terrassa para controlar el estado de la accesibilidad de los edificios comerciales de la ciudad.

Los resultados de la validación demostraron que el uso de la aplicación simplificó y redujo el tiempo necesario para llevar a cabo las inspecciones referentes al estado de la accesibilidad de los edificios comerciales de la ciudad de la ciudad. Además, la captura de manera sistemática y estructurada permitió desarrollar estrategias de análisis de la información obtenida.

Palabras clave: Accesibilidad; TIC; Processos de inspección

Correspondencia: Marcel Macarulla - marcel.macarulla@upc.edu

1. Introducción

Actualmente las inspecciones realizadas en el sector de la construcción, generan gran cantidad de datos que han que ser procesados y gestionados. Aunque se han dedicado muchos esfuerzos al desarrollo de herramientas basadas en tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para dar soporte a las tareas de inspección, estas tareas se siguen realizando de manera manual y en papel.

Distintos estudios han demostrado la baja implantación de herramientas TIC en el sector de la construcción. Dichos estudios concluyen que el sector de la construcción es el sector menos avanzado en la adopción de herramientas TIC (Klinc, Turk & Dolenc 2010, Shen et. al 2010).

Distintos autores han discutido cuales son los factores que limitan la implementación de herramientas TIC en el sector de la construcción. Forcada et. al (2007) argumenta que la complejidad de las aplicaciones específicas desarrolladas es un factor determinante para que una empresa adopte una herramienta TIC. Por otro lado un estudio de la Fundación para el Desarrollo Infotecnológico de Empresas y Sociedad (Fundatec 2014) concluyó que existe un desconocimiento general en las empresas sobre las herramientas TIC que pueden mejorar su productividad. Finalmente el último gran obstáculo identificado en la literatura es tanto el coste inicial debido a la implantación de las herramientas TIC como su coste de mantenimiento (Aguilar & Hewage 2013).

Este artículo presenta una aplicación móvil para mejorar los procesos de inspección (Pick&Go). La aplicación está basada en una metodología que usa la fotografía y los tags como elementos esenciales para la captura de información propuesta por Macarulla et. al (2012). Además, este artículo presenta un caso de estudio sobre la implementación de la aplicación móvil en un caso concreto: el control del estado de accesibilidad de los edificios comerciales de la ciudad de Terrassa. Finalmente se presentan los resultados obtenidos durante la fase de experimentación.

2. Estado del arte

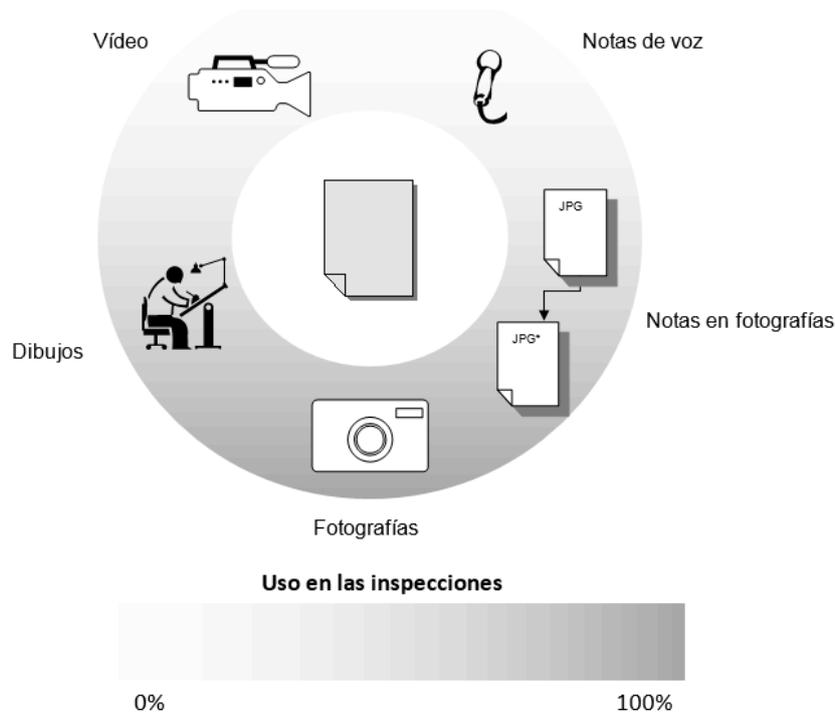
Tradicionalmente el sector de la construcción ha usado el papel para los procesos de captura y comunicación. Los inspectores hacen uso de anotaciones textuales en bloques de notas o formularios para capturar y comunicar las incidencias detectadas durante las inspecciones. Casi siempre dichas anotaciones van acompañadas de imágenes capturadas con cámaras fotográficas (Macarulla et. al 2012). En algunos casos también se complementan las anotaciones textuales con dibujos o esquemas (Figura 1). Posteriormente los inspectores redactan los informes y los envían al resto de los participantes en proyecto. Durante este proceso es habitual que se produzcan pérdidas de información, malos entendidos, o la generación de instrucciones poco claras debidas a la transcripción manual de la información capturada (Dong et. al 2009, Lin et. al 2013).

Otro aspecto negativo identificado en la literatura derivado del uso de la metodología tradicional de captura de información es la ineficiencia del proceso. Generalmente los procesos utilizados no permiten trabajar con la inmediatez, y los procesos de comunicación de la información se demoran en exceso en el tiempo (Park et. al 2013).

La última carencia detectada en la literatura es la no posibilidad de realizar análisis de la información capturada. La información que se captura actualmente no está estandarizada hecho que dificulta su análisis posterior. La información se captura, se procesa, se realizan los informes y se archiva. El acceso al archivo generalmente es difícil, y cuando este se obtiene se requiere de un proceso de estandarización para poder ser analizado (Georgiou

2010). Como consecuencia no se acostumbran a realizar análisis de la información capturada.

Figura 1: Método tradicional de captura de información (Fuente: Macarulla et. al 2012)



A lo largo del tiempo se han propuesto distintas innovaciones tecnológicas. En algunos casos el sistema de captura de la información sigue siendo manual, mientras que la gestión de la información capturada se realiza mediante un ordenador (Battika 2002). Posteriormente se desarrollaron sistemas híbridos. Un ejemplo de este tipo de trabajo es el desarrollado por Craig y Sommerville (2007). Craig y Sommerville (2007) desarrollaron un sistema para la gestión de los repastos de obra basado en formularios rellenos manualmente, que posteriormente se escaneaban con el objetivo de digitalizar la información. Con la llegada de las soluciones TIC móviles se desarrollaron aplicaciones para dispositivos móviles (Kim et. al 2008, Dong et. al 2009). Las últimas tendencias en el sector de la construcción son el desarrollo de sistemas de inspección basados en el Building Information Managment (BIM) y la realidad virtual (Kwon, Park & Lim 2014).

El uso de lenguaje estandarizado ofrece otra alternativa para mejorar los procesos de inspección. En el sector de la construcción las inspecciones se reportan mediante imágenes y texto (Macarulla et. al 2012). Generalmente se utilizan las mismas palabras en los informes. Por este motivo se pueden usar los sistemas de clasificación de la información para llevar a cabo una caracterización de la información capturada. Además el uso de información estandarizada permite la creación de informes objetivos por parte de cualquier inspector y simplifica su interpretación (Ferraz et. al 2016, Pires, de Brito & Amaro 2014). De todas formas los sistemas de clasificación se deben adaptar a las prácticas de cada caso en particular (Georgiou 2010).

3. Sistema propuesto

El sistema propuesto tiene como único punto de entrada una fotografía. Posteriormente el inspector debe caracterizar la situación que observa mediante un sistema de clasificación. Es decir, debe incorporar una o varias etiquetas procedentes de un sistema de clasificación. El inspector puede incorporar también notas gráficas, y de voz. En última instancia el inspector puede incorporar anotaciones textuales.

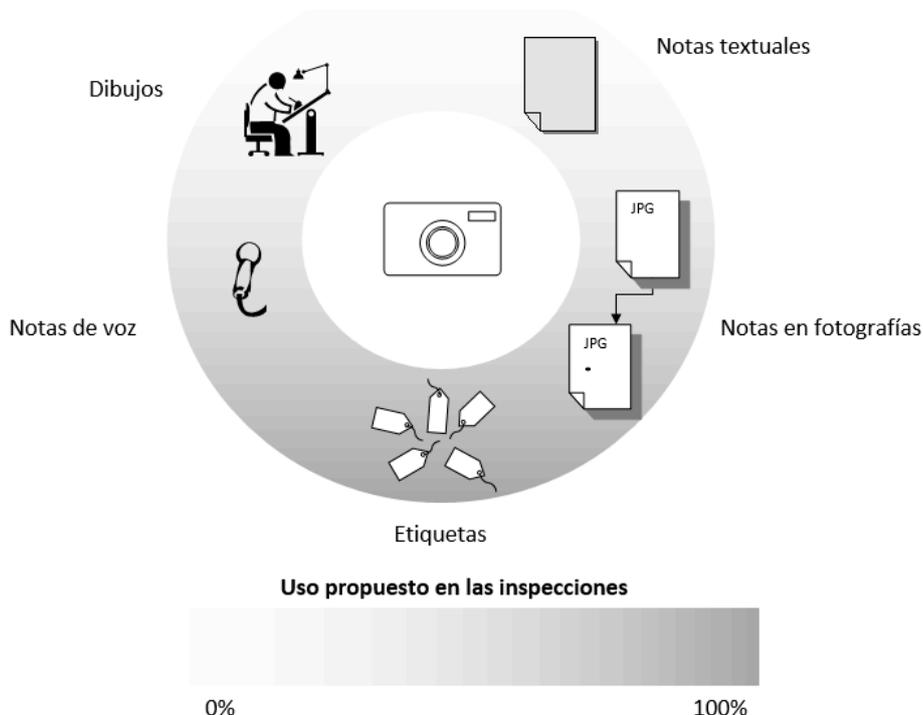
El sistema propuesto se ha implementado en una aplicación Android llamada Pick&Go. Se eligió el sistema operativo Android debido a que es el sistema operativo con más cuota de mercado (Garcia & Arditi 2014).

La aplicación dispone de un menú principal donde el usuario puede crear carpetas. Cuando accede a una carpeta puede ver la información capturada previamente o realizar una fotografía. Cuando el inspector realiza una fotografía el usuario puede incorporar las etiquetas, las anotaciones gráficas, de voz y textuales.

Aprovechando todas las funcionalidades de los teléfonos inteligentes, el sistema captura automáticamente la posición GPS, la hora en la que se toma la fotografía y el ID del teléfono que toma la fotografía. Esta última información permite llevar a cabo un control de usuarios.

Finalmente la aplicación envía la información a un servidor web donde el usuario puede consultar la información, realizar modificaciones, obtener informes y descargar la información en formato “.xls” para realizar análisis estadísticos de la información capturada.

Figura 2: Método propuesto de captura de información (Fuente: Macarulla et. al 2012)



El objetivo de este trabajo es determinar si el uso del sistema propuesto mejora la eficiencia y la productividad de las inspecciones de accesibilidad en edificios comerciales en entornos urbanos.

4. Metodología

Con el objetivo de testear si el sistema propuesto es válido para capturar información de campo referente a la accesibilidad de los edificios comerciales en entornos urbanos se han usados los métodos descritos a continuación.

4.1 Definición del caso de estudio

Para poder implantar correctamente el sistema en primera instancia se realizó una reunión con el equipo de inspectores para entender cómo se realizan las inspecciones actualmente. Dicha información se usó para llevar a cabo el siguiente paso, la definición del sistema de clasificación.

Una vez desarrollado el sistema de clasificación, se realizó una segunda reunión para presentar el sistema propuesto, donde el equipo de inspectores realizó algunas matizaciones. Posteriormente se implantó el sistema de clasificación a la aplicación PIC&GO. Finalmente se realizó una formación de 1 hora a los inspectores para explicar el funcionamiento del sistema propuesto.

4.2 Experimentación

La herramienta se testeó por un único inspector que realizó dos jornadas de inspecciones, la primera con el método de inspección que usaba inicialmente, y otra jornada con el método propuesto en este trabajo. Se seleccionaron dos calles con una carga de trabajo similar y se asignó una calle a cada sistema de captura de manera aleatoria.

Durante el proceso de inspección se calculó el tiempo usado para realizar la captura de cada una de las inspecciones realizadas. Posteriormente se anotó el tiempo usado para realizar los informes. Finalmente se usó el indicador siguiente para poder comparar la productividad de ambos sistemas:

$$P = (\Sigma T_c + \Sigma T_i) / N \quad (1)$$

Donde P es el tiempo medio requerido para realizar una inspección y reportarla, T_c es el tiempo de captura de una incidencia, T_i es el tiempo para realizar los informes, y N es el número de inspecciones realizadas.

También se realizó una entrevista con el inspector que usó los sistemas para obtener información sobre el uso del sistema propuesto y poder realizar mejoras en el futuro.

5. Resultados

5.1 Implantación del sistema

En la primera reunión se constató que el equipo de inspectores únicamente disponía de un formulario que debía rellenar. Dicho formulario contemplaba los siguientes campos:

- Dirección: campo donde se debe incorporar la dirección del local inspeccionado.
- Nombre del local: campo donde se debe indicar el nombre del negocio que ocupa.
- Superficie: este campo sirve para indicar la superficie del local. Para el propósito de la inspección únicamente es necesario saber si el local es menor de 50 m², es entre 50 m² i 100 m², es entre 100 m² i 150 m², es mayor de 150 m².
- Actividad: tipo de actividad económica desarrollada en el local. Dicho campo está estandarizado y existe un listado oficial del ayuntamiento que contempla 26 actividades económicas distintas.

- Pendiente: existencia de pendientes de acceso al local o en el interior del local de más del 10%.
- Peldaño: existencia de peldaños de acceso al local o en el interior del local de más de 20 mm.
- Ancho libre: entrada con un ancho menor de 0,80m.

Además de rellenar el formulario anterior, los inspectores hacían una fotografía de la fachada. Una vez realizada la inspección los inspectores se desplazaban a la oficina y redactaban una ficha para cada local inspeccionado.

Actualmente no se dispone de una base de datos que permita saber el grado de accesibilidad de los comercios de la ciudad.

Con la información de la primera reunión el equipo de investigadores realizó una propuesta para mejorar el sistema de inspecciones basada en el sistema descrito en el apartado 3 del presente artículo.

Con el nuevo sistema propuesto, al llegar al local objeto de inspección los inspectores tenían que realizar una fotografía de la fachada. Posteriormente tenían que añadir las distintas etiquetas. Inicialmente se propuso al equipo de inspectores capturar la misma información que capturaban inicialmente, pero en este caso que se tomase de manera categorizada. Durante la reunión los inspectores decidieron añadir la información sobre mostradores y baños. Además se consideró oportuno saber si los peldaños y rampas eran en el acceso al comercio desde la calle o en el interior del local. De esta manera sería fácil llevar a cabo estudios futuros sobre la implantación de medidas de mejora de la accesibilidad. A continuación se presenta el resultado final de las etiquetas a añadir a cada inspección.

- Calle: campo de texto para que el inspector indique el nombre de la calle donde se ubica el local inspeccionado.
- Número: campo numérico para indicar el número del local inspeccionado.
- Nombre del local: campo de texto para que el inspector indique el nombre del local o comercio.
- Superficie: campo categórico donde el inspector puede escoger entre si el local es menor de 50 m², es entre 50 m² i 100 m², es entre 100 m² i 150 m², es mayor de 150 m².
- Actividad: campo categórico donde el inspector puede escoger entre los distintos tipos de actividad económica. El listado usado para esta etiqueta es el listado oficial del ayuntamiento.
- Hay en la entrada un peldaño de más de 20 mm: el inspector únicamente debe indicar un “sí” o un “no”.
- Hay en la entrada una rampa de más del 10%: el inspector únicamente debe indicar un “sí” o un “no”.
- La puerta de entrada es inferior a 0,8 m: el inspector únicamente debe indicar un “sí” o un “no”.
- Hay en el interior del local algún peldaño de más de 20 mm: el inspector únicamente debe indicar un “sí” o un “no”.
- Hay en el interior del local alguna rampa de más del 10%: el inspector únicamente debe indicar un “sí” o un “no”.
- Hay en el interior algún espacio inferior a 0,8 m de ancho: el inspector únicamente debe indicar un “sí” o un “no”.

- Los baños están adaptados para discapacitados: el inspector únicamente debe indicar un “sí” o un “no”.
- El mostrador está adaptado para discapacitados: el inspector únicamente debe indicar un “sí” o un “no”.

De manera automática se captura también:

- Localización: ubicación GPS.
- Fecha: Fecha y hora en la que se realizó la inspección.
- ID del teléfono: el ID del teléfono se capturó ya que inicialmente debían participar en el experimento más inspectores. De todas formas en un futuro dicho campo serviría para llevar a cabo la gestión de usuarios.

La información se captura mediante la aplicación Pic&Go y se envía a un servidor. Dicho servidor realiza automáticamente los informes y permite exportar la información en formato .xls para poder realizar análisis estadísticos.

5.2 Experimentación

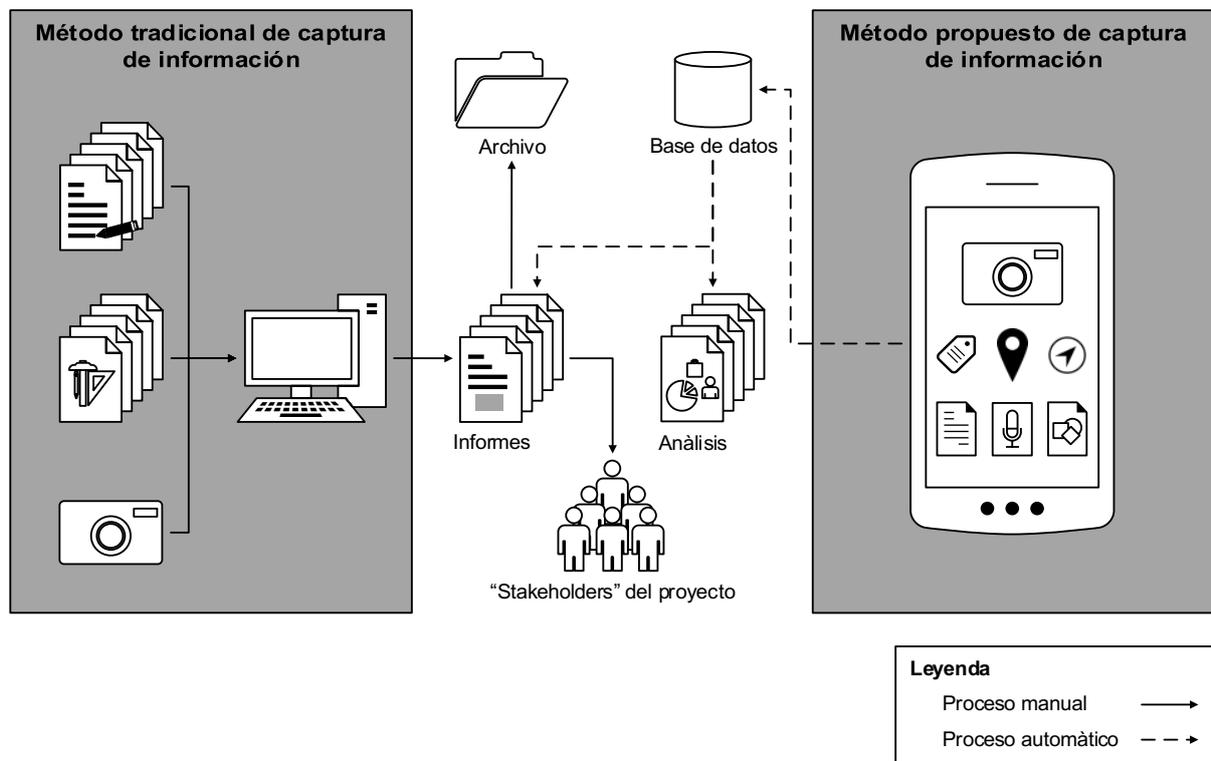
Durante las jornadas de inspección hubo problemas para realizar las inspecciones al interior de los locales por la reticencia de los propietarios. Así pues la experimentación se limitó a los accesos de los locales.

Tabla 1. Resumen de resultados

Sistema	Tiempo total de captura (ΣT_c) [min]	Tiempo total de redacción de informes (ΣT_i) [min]	Tiempo total del proceso [min]	Inspecciones (N) [inspecciones]	Tiempo medio por inspección (P) [min/inspección]
Sistema original	76	50	126	15	8.4
Sistema propuesto	50	-	50	16	3.1

El tiempo dedicado por el inspector a cada inspección usando el método tradicional ha sido de 8.4 minutos/inspección. Por otro lado el tiempo dedicado a cada inspección mediante el sistema propuesto ha sido de 3.1 minutos/inspección (Tabla 1). La reducción de tiempo del método propuesto respecto el método original es del 63%. La mayor reducción de tiempo se halla en la reducción del tiempo dedicado a la redacción de los informes. En el primer caso se dedicaron 50 minutos a realizar los informes. En el segundo caso, al generarse automáticamente los informes el inspector no debe dedicar tiempo alguno a la redacción de informes (figura 3).

Figura 3: Flujo de información comparativo entre el método tradicional de captura de información y el propuesto



En lo referente a la captura se aprecia una ligera reducción del tiempo de captura. Dicha reducción se debe principalmente a que con el primer sistema el inspector usa distintos soportes para realizar las inspecciones. Con el primer sistema el inspector debe realizar la fotografía de la fachada con la cámara fotográfica. Posteriormente el inspector debe guardar la cámara y sacar el papel y el bolígrafo para poder realizar las anotaciones. Por lo contrario con el método propuesto el inspector usa únicamente la aplicación PIC&GO instalada en un teléfono inteligente. El usuario realiza la fotografía, y posteriormente ya puede añadir todas las etiquetas necesarias.

Otro aspecto positivo del sistema propuesto es la posibilidad de llevar a cabo análisis de la información capturada. La sistematización y estructuración de la información capturada hace posible que la información se pueda guardar en una base de datos y analizar posteriormente. De esta manera la información está accesible y cuando se quiere realizar el análisis de los datos no se debe realizar una tarea de estructuración de la información, que generalmente provoca que los análisis no se acaben realizando (Macarulla et. al 2013).

En relación a la usabilidad, el inspector reportó problemas con la luminosidad de la pantalla. Este es un problema ya reportado por otros estudios como por ejemplo Macarulla et. al (2012). De todas formas es de destacar que el inspector estaba habituado al uso de las nuevas tecnologías y estaba motivada en participar en el experimento. En esta línea la reticencia al cambio tecnológico reportada en la literatura (Forcada et. al 2007, Lin et. al 2014) no se detectó.

Los resultados de este trabajo deben considerarse como preliminares. Inicialmente se plantearon distintas jornadas de inspección y con distintos inspectores. Pero finalmente solamente se pudieron realizar dos jornadas de inspección (una con cada sistema) y con un

solo inspector. Por lo tanto se precisa realizar en un futuro una campaña de inspecciones más larga y con más participantes para confirmar los resultados presentados en este trabajo.

6. Conclusiones

El presente artículo muestra la aplicación de un sistema para realizar inspecciones basado en imágenes y etiquetas. Dicho sistema se implementó en una aplicación Android y se testeó en un caso concreto: el control del estado de accesibilidad de los edificios comerciales de la ciudad de Terrassa.

Los resultados de la experimentación demostraron que el uso de la aplicación simplificó y redujo el tiempo necesario para llevar a cabo las inspecciones referentes al estado de la accesibilidad de los edificios comerciales de la ciudad. Concretamente se obtuvo una reducción del 63% del tiempo necesario para realizar una inspección y realizar el informe correspondiente.

Otro aspecto a destacar del sistema propuesto es la captura de manera sistemática y estructurada que permite desarrollar estrategias de análisis de la información obtenida.

Debido al bajo número de jornadas de inspección y al reducido número de inspectores involucrados en el experimento, los resultados no pueden considerarse como definitivos. En el futuro se debe ampliar la experimentación con más inspectores y con un periodo más largo de inspección.

Referencias

- Aguilar, G.E. & Hewage, K.N. (2013). IT based system for construction safety management and monitoring: C-RTICS2. *Automation in construction*, 35, 217-228. doi:10.1016/j.autcon.2013.05.007
- Battikha, M.G. (2002). QUALICON: Computer-Based System for Construction Quality Management. *Journal of construction engineering management*, 128, 164-173. doi:10.1061/(ASCE)0733-9364(2002)128:2(164)
- Craig, N. & Sommerville, J., (2007). Records management and information processing on construction sites using digital pen and paper. *Records management journal*, 17, 201-215. doi:10.1108/09565690710833107
- Dong, A., Maher, M. Lou, Kim, M.J., Gu, N. & Wang, X. (2009). Construction defect management using a telematic digital workbench. *Automation in construction*, 18, 814-824. doi:10.1016/j.autcon.2009.03.005
- Ferraz, G.T., de Brito, J., de Freitas, V.P. & Silvestre, J.D. (2016). State-of-the-Art Review of Building Inspection Systems. *Journal of performance of constructed facilities*, 04016018. doi:10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0000839
- Forcada, N., Casals, M., Roca, X. & Gangoles, M. (2007) Adoption of web databases for document management in SMEs of the construction sector in Spain. *Automation in construction*, 16, 411-424. doi:10.1016/j.autcon.2006.07.011
- Fundatec, (2014). Análisis sectorial de implantación de las TIC en la pyme española. Obtenido el 11 de abril de 2016, Fundatec: <http://www.ipyme.org/Publicaciones/informe-epyme-2014.pdf>
- García J.C. & Arditi D, L.K. (2014). Construction progress control (CPC) application for smartphone. *Journal of Information Technology in Construction*, 19, 92-103. Obtenido de http://www.itcon.org/cgi-bin/works/Show?2014_5
- Georgiou, J. (2010). Verification of a building defect classification system for housing. *Structural survey*, 28: 370-383. doi:10.1108/02630801011089164

- Kim, Y., Oh, S., Cho, Y. & Seo, J. (2008). A PDA and wireless web-integrated system for quality inspection and defect management of apartment housing projects. *Automation in construction*, 17, 163-179. doi:10.1016/j.autcon.2007.03.006
- Klinc, R., Turk, Ž. & Dolenc, M. (2010). ICT enabled communication in construction 2.0. *Pollack Period*, 5, 109-120.
- Kwon, O.-S., Park, C.-S. & Lim, C.-R. (2014). A defect management system for reinforced concrete work utilizing BIM, image-matching and augmented reality. *Automation in construction*, 46, 74-81. doi:10.1016/j.autcon.2014.05.005
- Lin, K.-Y., Tsai, M.-H., Gatti, U.C., Je-Chian Lin, J., Lee, C.-H. & Kang, S.-C., (2014). A user-centered information and communication technology (ICT) tool to improve safety inspections. *Automation in construction*, 48, 53-63. doi:10.1016/j.autcon.2014.08.012
- Macarulla, M., Forcada, N., Casals, M. & Kubicki, S. (2012). Tracking construction defects based on images. En G. Gudnason y R. Scherer (Ed.) *eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction* (pp. 723-729). Netherlands: CRC Press/Balkema.
- Macarulla, M., Forcada, N., Casals, M., Gangoells, M., Fuertes, A. & Roca, X. (2013). Standardizing Housing Defects: Classification, Validation, and Benefits. *Journal of construction engineering and management*, 139(8), 968-976. doi:10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000669
- Park, C.-S., Lee, D.-Y., Kwon, O.-S. & Wang, X., (2013). A framework for proactive construction defect management using BIM, augmented reality and ontology-based data collection template. *Automation in construction*, 33, 61-71. doi:10.1016/j.autcon.2012.09.010
- Pires, R., de Brito, J., & Amaro, B. (2014). Inspection, Diagnosis, and Rehabilitation System of Painted Rendered Façades. *Journal of performance of constructed facilities*, 29(2), 04014062. 10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0000534, 04014062
- Shen, W., Hao, Q., Mak, H., Neelamkavil, J., Xie, H., Dickinson, J., Thomas, R., Pardasani, A. & Xue, H. (2010) Systems integration and collaboration in architecture, engineering, construction, and facilities management: A review. *Advanced Engineering Informatics*, 24(2):196-207. doi:10.1016/j.aei.2009.09.001