

**DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA INNOVADORA CON REALIDAD
AUMENTADA PARA EL APRENDIZAJE DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS**

Luisa Fernanda Olaya Rodríguez

Ingeniero civil – Civil engineering.

Pontificia Universidad Javeriana. Calle 40 No. 5-50 Ed. José Gabriel Maldonado, S.J., Bogotá.

Tel.: +57 13208320 (ext. 5255 - 5258)

luisa.olaya@javeriana.edu.co

Carolina Ardila Quintero

Ingeniero civil – Civil engineering.

Pontificia Universidad Javeriana. Calle 40 No. 5-50 Ed. José Gabriel Maldonado, S.J., Bogotá.

Tel.: +57 13208320 (ext. 5255 - 5258)

ardila.carolina@javeriana.edu.co

Yezid Alexander Alvarado

Jefe Laboratorio de Pruebas y Ensayos – Laboratory of tests and assays head.

Pontificia Universidad Javeriana. Calle 40 No. 5-50 Ed. José Gabriel Maldonado, S.J., Bogotá.

Tel.: +57 13208320 (ext. 2718)

alvarado.y@javeriana.edu.co

Rodrigo Misle Rodríguez

Jefe de Proyectos de Innovación y Desarrollo - Innovation and development projects head.

Constructora Apiros. Carrera 7 # 78-47, Bogotá.

Tel.: +57 13208320 (ext. 5255 - 5258)

rmisle@javeriana.edu.co

RESUMEN

Este artículo explica el proceso de desarrollo de una herramienta innovadora que utiliza Realidad Aumentada (AR) denominada Formación Despierta, la cual permite explicar los procesos constructivos de un sistema en mampostería estructural, exponer las herramientas y materiales necesarios para ejecutar los trabajos, divulgar las lecciones aprendidas en construcción y diagramas de calidad (causa y efecto) de las operaciones del proceso constructivo de manera accesible. La herramienta se desarrolla a partir de información y material recopilado en obra. Con la información obtenida y el alcance definido de la herramienta, se desarrolla una aplicación para un dispositivo móvil de media gama, que además de ser portátil, es fácil de utilizar por cualquier individuo que haga parte del equipo de construcción.

Palabras claves: Realidad aumentada, herramienta tecnológica, lecciones aprendidas, mampostería estructural, aplicación móvil, diagrama de calidad.

ABSTRACT

This article explains the developing process of an innovative tool that uses Augmented Reality (AR) called Formación Despierta, which allows to clearly explain the constructive processes of a structural masonry system and to promulgate the lessons learned in construction in an accessible way for any worker. The tool is developed based on a research of the needs founded on construction, in terms of workers' knowledge, from which 4 principal categories of information are proposed to be included in the tool: constructive processes, material and tools, lessons learned and quality of construction. With the defined scope of the tool was developed a mobile application for the mobile device of medium range, which in addition to being portable, is easy and dynamic to be used by any individual who is part of the construction equipment.

Keywords: Augmented reality, technologic tool, learned lessons, structural masonry, mobile app, quality diagram.

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

En los últimos años, el sector de la construcción en Colombia ha impulsado el crecimiento económico y ha demostrado una aceleración significativa (CAMACOL, 2016). En el segundo trimestre del 2017, se presentó un aumento del 0.3 % del valor agregado de la construcción en el PIB del país (DANE, 2017). Adicionalmente, para agosto del 2017, 1.4 millones de colombianos se encontraban empleados en actividades de la construcción, esto equivale al 6.1% del total de la ocupación del país (Ver figura 1.) y constituye un porcentaje significativo de empleados en Colombia (CAMACOL, 2017).

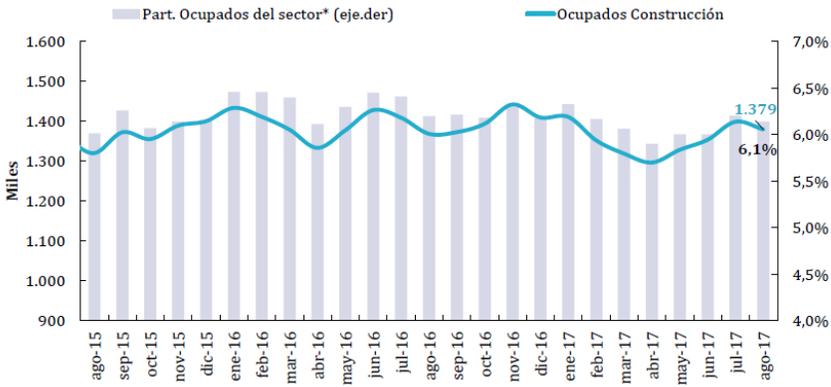


Figura 1. Generación empleo sector de la construcción – Total Nacional

Fuente: Adaptado de CAMACOL, 2017.

Teniendo en cuenta la relevancia del sector de la construcción en la economía del país y en busca de medidas que ayuden al crecimiento de la tasas de empleo, diferentes entidades como la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL) y el Servicio Nacional de Aprendizaje

(SENA), han desarrollado estudios donde se evidencia la necesidad de formación y cualificación de la mano de obra (CAMACOL, 2015). Estos estudios se enfocan en la necesidad de competencia laboral de la mano obrera, en cuanto a habilidades y conocimientos, y concluye que la mayoría de las capacitaciones deben dirigirse hacia temáticas de estructuras e instalaciones. El personal obrero presenta poco conocimiento técnico de normativa, interpretación deficiente de planos constructivos y poca experiencia en el desarrollo de actividades constructivas (CAMACOL, 2015).

Por otro lado, en cuanto a problemáticas comúnmente presentadas durante una construcción, se encuentra que los atrasos, que consumen más recursos en cuanto a tiempos y costos, se presentan debido a errores cometidos durante los procesos constructivos (Love, Teo, Davidson, Cumming y Morrison, 2016). Estos errores ocurren, en la mayoría de los casos, por falta de capacitación del personal o por falta de supervisión, y además, ocurren repetitivamente en una misma obra o en obras ejecutadas por una misma constructora (Love et al, 2016).

Por lo anterior, es evidente la necesidad de buscar una solución a estos problemas de déficit de formación, de entendimiento y divulgación de información en los trabajadores durante el desarrollo de una obra, con el fin de aumentar la productividad en el trabajo. Es por esto que se genera la idea de implementar una herramienta tecnológica innovadora en obras, la cual permita el entendimiento de los pasos de un proceso constructivo que se pretenda realizar mediante la utilización de elementos virtuales y tecnologías accesibles.

En los últimos años se ha venido utilizando diferentes herramientas que permitan relacionar el entorno real y el virtual permitiendo que se exprese de forma más clara el objetivo de los

proyectos de construcción antes de iniciar su ejecución y durante la misma. La Realidad Aumentada (AR por sus siglas en inglés) facilita el entendimiento de diferentes procesos y facilita el desarrollo de actividades (Wang, Ong y Nee, 2016). Adicionalmente requiere de software y hardware de características básicas, y es amigable para cualquier individuo que haya sido introducido con anterioridad a la tecnología de los celulares inteligentes.

Lo virtual se relaciona profundamente con lo real en la actualidad, lo que dificulta la definición de una línea que los divida, por lo cual la concepción del espacio que se encuentra entre el entorno real y el virtual se ha definido de diferentes formas. Sin embargo, la definición de Paul Milgram y Fumio Kishio en 1994 (Ver figura 2), es una de las más antiguas y aceptadas en el campo que abarca esta tecnología, definiendo este espacio intersticial como una realidad mezclada, en la cual a medida que se acerca al entorno virtual se llama Virtualidad Aumentada (AV por sus siglas en inglés), y al ir en sentido opuesto, hacia entorno real se denomina Realidad Aumentada.

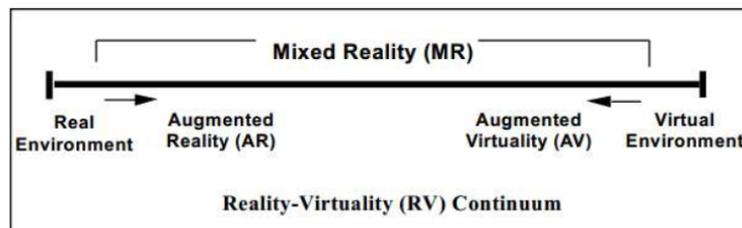


Figura 2. Continuo de virtualidad de Miligram.

Fuente: Raul Reinoso, s.f.

En el sector de la construcción, los primeros acercamientos que se ha tenido con la AR es en el desarrollo de aplicaciones que permitan compartir situaciones presentadas en obra y comunicación entre los involucrados en desarrollo de un proyecto (Pejoska, Bauters, Purma y Leinonen, 2016). Un software móvil fue creado fruto de la investigación desarrollada por

Pejoska, Bauters, Purma y Leinonen (2016) en Finlandia, el cual consiste en una app “socio-laboral” que se basa en el principio de aprender trabajando y la necesidad de soluciones inmediatas a las que se enfrentan las personas cuando laboran en la construcción.

De acuerdo con Pejoska et al (2016), encontrar la manera de aprender durante las actividades laborales es un punto importante para mejorar la productividad en obra. Es por esto, que desarrollan la aplicación móvil con base en los problemas que se puedan presentar en obra que necesiten ser comunicados inmediatamente, situaciones inesperadas, cambio de material según el estado de la obra y solución de dudas de actividades constructivas que se estén desarrollando (Pejoska et al, 2016). La aplicación permite comunicación inmediata mediante mensajería instantánea y visualizar en tiempo real la situación que se está presentando, la cual mediante AR permite al trabajador trazar encima del video o de la fotografía que se está pasando y a su par mostrar cómo podría solucionarlo acertadamente (Pejoska et al, 2016).

Adicionalmente con la aplicación se pueden divulgar lecciones aprendidas, las cuales son una herramienta muy utilizada en construcción que busca documentar el conocimiento adquirido al solucionar problemas durante la ejecución, y a partir de su aplicación se ha encontrado que es uno de los valores más importantes en el proceso de aprendizaje, por lo cual es importante que sean documentadas y comunicadas (Love et al, 2016).

En el campo estudiantil o académico se encuentran diferentes estudios como el de la la Universidad de Salamanca (España) donde Fonseca, Redondo y Valls (2016) basaron su investigación en mejorar académicamente utilizando AR para el estudio de modelos tridimensionales arquitectónicos. La investigación más que cómo implementar AR, se basa principalmente en evaluar cuantitativamente y cualitativamente el mejoramiento académico de

los estudiantes al utilizar la AR como método de aprendizaje. Desarrollan dos escenarios, el primero donde los estudiantes no utilizan modelos 3D ni AR, y el segundo donde si lo utilizan.

En un inicio, realizan lineamientos base identificando cuales son los dispositivos móviles y por qué que más utilizan los jóvenes, ya que estos son los que permiten la visualización en AR de los modelos (Fonseca, Redondo y Valls, 2016). De este primer objetivo, se obtuvo como resultado que los dispositivos más usados son los celulares inteligentes y computadores portátiles. Se realizaron varias pruebas donde se explicó una clase mediante métodos tradicionales y posteriormente con la ayuda de modelos en AR (Fonseca, Redondo y Valls, 2016). Se obtuvo como resultado que las calificaciones presentadas en los estudiantes al utilizar la AR como método de aprendizaje, aumentaron considerablemente en comparación al tiempo que no se implementó este aprendizaje como se observa en la figura 3 (Fonseca, Redondo y Valls, 2016).

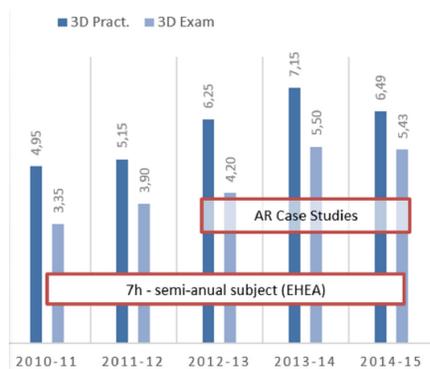


Figura 3. Comparación calificaciones obtenidas.

Fuente: Adaptado Fonseca, Redondo y Valls (2016).

Finalmente, a pesar que el estudio cualitativo mediante encuestas y observaciones realiza una evaluación acertada que concluye un mejoramiento académico en los alumnos, los autores optan por realizar cuantitativamente la evaluación. Analizaron las calificaciones obtenidas por los

alumnos durante dos años, tiempo durante el cual implementaron la AR como método de aprendizaje, mediante análisis de varianza (ANOVA) el cual es un conjunto de técnicas estadísticas que permite comparar dos o más medidas de muestras al mismo tiempo (Weiers, 2006). A la luz de este análisis, se encontró que las calificaciones en los dos escenarios si presentan diferencias significativas presentando mayores calificaciones, lo cual está altamente influenciado por la utilización de la AR (Fonseca, Redondo y Valls, 2016).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para desarrollar una herramienta innovadora con AR que permita el aprendizaje de procesos constructivos se inició realizando una contextualización de la investigación dentro de la situación actual colombiana. Se determinó la obra que sirvió como base para la observación de los procesos constructivos, al igual que la empresa colaboradora, la cual nos permitió acceso a la construcción y toda la información pertinente para el desarrollo la aplicación. Se realizó una visita preliminar a la obra, donde se identificaron las operaciones necesarias dentro del proceso constructivo de la parte estructural de una edificación en mampostería.

En la visita preliminar se recolecto información mediante registro fotográfico, registro de video, encuestas y entrevistas, tanto a personal de obra como a directivas, con el fin de conocer la metodología de construcción de la empresa colaboradora a profundidad. Las encuestas realizadas, con el apoyo de una psicóloga especializada en recurso humano, permitieron hacer un primer acercamiento al personal, con el fin de determinar la utilidad que puede tener para el personal en obra Formación Despierta.

La primera encuesta realizada al grupo de estudio consistió en preguntas que ayudaron a identificar el nivel de conocimientos sobre elementos técnicos de la obra y el nivel de entendimiento de modelos 3D. En esta encuesta preliminar se les pidió que hicieran una comparación entre la representación de un apartamento en plano 2D y un modelo del mismo en 3D, con el fin de entender cuál creían que se entendía mejor. También se les pidió que identificaran en imágenes algunos modelos 3D de elementos que típicamente se ven en construcción. Por otro lado se les pregunto a los individuos si en alguna ocasión les habían contado sobre posibles problemas que ya hayan ocurrido en otras obras, y si tenían algún lugar específico donde consultarlos.

Otra actividad importante para el desarrollo de la aplicación es identificar la viabilidad del uso de dispositivos móviles en obras de construcción, con el fin de tener claridad con respecto a las políticas de uso de dispositivos móviles durante la construcción de elementos. Esta viabilidad se determinó de acuerdo con el marco legal que rige en Colombia en temas de Seguridad en el trabajo y Salud ocupacional y el reglamento interno de la empresa colaboradora.

Con las operaciones definidas bajo el contexto del sector de la construcción en Colombia, se procedió a realizar la identificación de los objetivos que se desean cumplir con la aplicación para posteriormente realizar un esquema inicial de la aplicación. Con el alcance definitivo se realizó una fase de preparación de la información recolectada anteriormente para ser incluida en la aplicación. Dicha información se organizó para los 2 elementos representativos del sistema constructivo en mampostería estructural, los cuales son placa de entrepiso y muro en mampostería estructural, dentro de 4 paquetes de información representativos:

1. Modelos 3D y Base de datos del proceso constructivo: Los modelos 3D corresponden a representaciones del apartamento general y de los 2 elementos representativos del sistema constructivo. Estos modelos se realizaron en el programa Google Sketchup, para posteriormente exportarlos como modelos 3D que puedan ser utilizados con los programas que le agregan interactividad y permiten su homologación a AR. La base de datos del proceso constructivo corresponde a la identificación de las operaciones necesarias para construir los 2 elementos representativos y su debida descripción con el fin de tener una explicación del proceso constructivo de un sistema en mampostería estructural.
2. Materiales, herramientas y elementos de protección personal: Es un listado realizado a partir de la experiencia adquirida por la empresa en obra, con el fin de que los usuarios puedan asegurarse que tienen todos los elementos necesarios para construir cada elementos previo al inicio de las actividades y así reducir los reprocesos.
3. Base de datos de lecciones aprendidas: Es una base de datos que recolecta experiencias positivas o negativas que se han presentado en obra, con el fin de que sean divulgadas para tratar de repetirlas o evitar que ocurran nuevamente.
4. Diagramas de calidad causa-efecto: Son diagramas en donde se pueden observar y rastrear las causas que pueden hacer que se presente un efecto negativo en la calidad durante la construcción de los elementos. Los diagramas buscan que se tengan presenten las causas de un efecto negativo para evitar que se materialicen, y se realizan varios diagramas para el elemento.

La información recolectada en los paquetes se analiza, con el fin de encontrar una forma amigable y dinámica para entregarla mediante una aplicación móvil al personal de obra.

Teniendo en cuenta que se está desarrollando una herramienta innovadora para la aprendizaje, adicionalmente se analizaron teorías de aprendizaje para ayudar a aprender a adultos, ya que para enseñar a una población mayor de edad se requiere de un conjunto de técnicas de aprendizaje diferentes a las comúnmente encontradas en instituciones educativas.

Para incluir la información en la aplicación móvil se realizó un proceso de homologación de la misma a AR, para lo cual fue necesario utilizar programas especializados para el desarrollo de aplicaciones móviles, como lo es UNITY, el cual permite que los modelos 3D sean interactivos para el usuario. Al ser utilizado el complemento de UNITY llamado VUFORIA se homologa el proyecto interactivo en una aplicación dotada AR compatible con dispositivos móviles inteligentes como celulares o tabletas.

Finalmente, es importante resaltar que se realizaron socializaciones y validaciones con ingenieros externos a la obra y directivos de la empresa colaboradora, que conocieran el proyecto, con el fin de mejorar la aplicación y conseguir una aprobación para la implementación de la misma en obra. Esta socialización de la aplicación se realizó como un ciclo de prueba-modificación del cual se obtuvieron diferentes comentarios que ayudaron a mejorar aspectos en cuanto a entendimiento y funcionalidad; finalmente se obtuvo la aprobación para la implementación en obra de Formación Despierta.

3. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

A partir de la metodología descrita anteriormente se materializó Formación Despierta como una aplicación móvil que utiliza realidad aumentada para explicar procesos constructivos. Para la

explicación de los procesos constructivos se identificaron las operaciones para la construcción de los 2 elementos representativos, los muros en mampostería y la placa de entepiso, según la visita realizada a la obra en Pitalito, Huila. Las operaciones identificadas durante la visita se encuentran en los diagramas de la figura 4.a para el muro en mampostería y figura 4.b para la placa de entepiso.

a)



b)

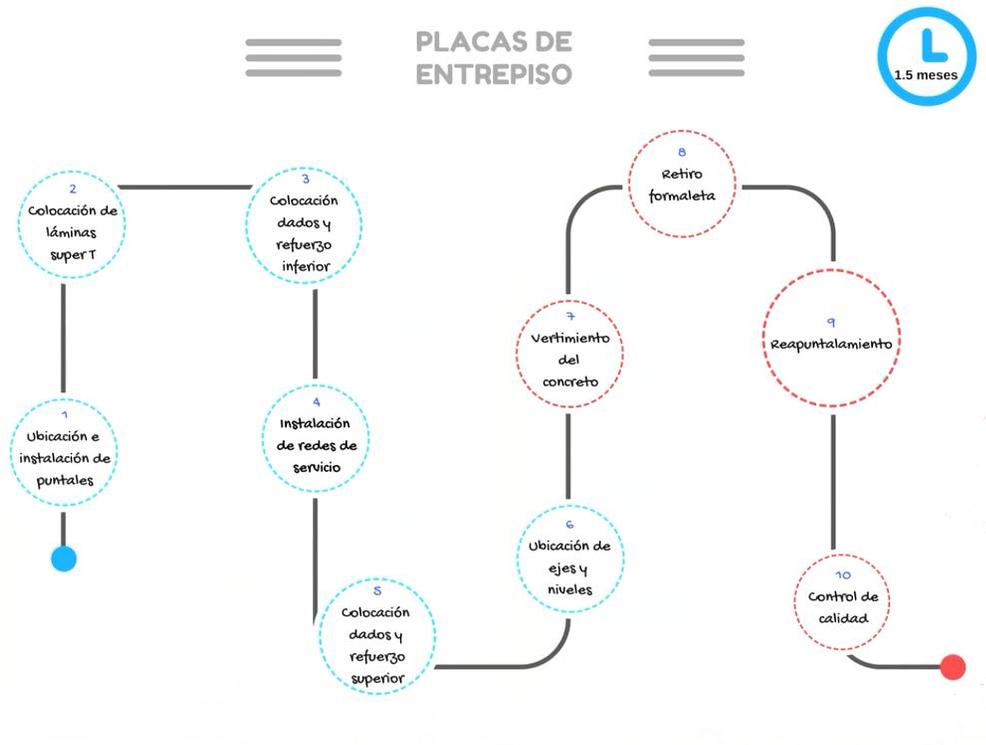


Figura 4. Operaciones que conforman el proceso constructivo de a) muros en mampostería y b) placas de entrepiso.

En cuanto a la viabilidad del uso de dispositivos móviles en obra, se encontró que la normativa colombiana permite a las empresas colombianas tener autonomía en cuanto a si se puede o no utilizar dispositivos móviles en el trabajo. En el reglamento interno de la empresa colaboradora únicamente se restringe el uso de dispositivos móviles durante la ejecución de labores de construcción de elementos. Por lo anterior, una aplicación como Formación Despierta puede ser utilizada en espacios de capacitación o instrucción de las labores diarias a realizar o como un punto de ayuda ubicado cerca al campamento, donde se pueden acercar los trabajadores en caso de tener dudas con respecto al proceso constructivo.

De las encuestas realizadas en esta primera visita se encontró que todos los individuos que hacían parte del grupo de estudio, el cual es un equipo de trabajo de una obra real, están familiarizados con la tecnología de los dispositivos inteligentes que se requieren para una aplicación como Formación Despierta. Con respecto a la representación mediante planos en 2D y modelos en 3D, los individuos consideraban que ambas representaciones válidas y aplicables en la obra. El 65% de los obreros encontraron atractivos y más entendibles los modelos en 3D, sin embargo enfatizaron que para construir y poder realizar su trabajo era necesario contar con el plano en 2D dada la información que éste contiene.

También se encontró que las representaciones mediante modelos 3D de los elementos fueron entendidas correctamente por alrededor del 95% de la población bajo estudio, y además podían enlistar algunas de los materiales que componían cada elemento. Finalmente, la totalidad de los encuestados manifestaron que si fueron comunicados de situaciones y accidentes presentadas en otras obras para evitar que se repitieran nuevamente, sin embargo no conocían ningún lugar donde pudieran consultarlos nuevamente.

Es importante resaltar que los usuarios encuestados siempre mostraron interés en aprender y de enfrentarse a nuevos métodos de aprendizaje, para aprender o mejorar la forma en que realizan su trabajo independientemente del tiempo que lleven ejerciendo. Lo anterior es uno de los puntos fundamentales dentro de teorías de enseñanza para adultos como la teoría de la Andrología, la cual se define como el arte y la ciencia de ayudar a adultos a aprender (Smith, 2002). De acuerdo con este conjunto de técnicas de enseñanza orientadas a educar a personas adultas, el adulto aprende de manera diferente a un niño y tiene la necesidad de usar un proceso o herramienta diferente para facilitar su aprendizaje. Durante esta investigación, Formación Despierta tiene el

papel de una herramienta no convencional en un proceso de aprendizaje en un grupo de personal de obra que cuenta con experiencia.

Igualmente, el adulto busca el conocimiento para su inmediata aplicación práctica y mejorar en sus oficios o profesiones. Formación Despierta ofreció al personal conocimiento para poder ser aplicado inmediatamente en sus labores. Uno de los principios de la Andragogía se basa en que el adulto está en la constante búsqueda de nuevos conocimientos con el fin de mejorar en su trabajo o vida profesional o personal, en esta afirmación nos basamos para decir que la reacción que tuvo la población bajo estudio de Formación Despierta fue positiva en el sentido que encontró una nueva manera innovadora de aprender y poder mejorar en su trabajo (Knwoles, 1978).

A nivel mundial encontramos otras investigaciones que buscan determinar los factores que impulsan a los trabajadores a usar tecnologías portátiles en su lugar de trabajo como método de aprendizaje (Choi, Hwang y Lee, 2017), donde se encontró que la utilidad de la tecnología y la facilidad de uso son esenciales para que las herramientas tecnológicas impacten positivamente en los trabajadores. Los resultados de la investigación alrededor de Formación Despierta ratificaron esta misma conclusión, ya que la población compuesta por obreros resaltó que la facilidad en el uso de la aplicación favoreció la utilidad de la misma. También encontramos que la capacitación permite la mejora de la competitividad de los trabajadores en construcción (Dardiri, Kuncoro y Ichwanto, 2017), ya que la educación colaborativa las permite adquirir nuevo conocimiento y además los motiva a divulgarlo.

Por otro lado, debido a que esta aplicación se desarrolló fundamentándose en la idea de enseñar procesos constructivos de forma accesible para cualquier individuo en obra, se realizó una fase de socialización, la cual fue muy importante para afinar detalles en cuanto a la funcionalidad de la misma. La primera versión que se obtuvo, fue presentada al equipo de formación despierta, a ingenieros directivos y trabajadores de obra de la empresa colaboradora con el fin de recolectar comentarios que ayudaron a mejorar la aplicación.

En esta primera versión de la aplicación, con solo apuntar un dispositivo móvil a un marcador, el cual para el caso de Formación Despierta es el plano de un proyecto de vivienda en mampostería estructural, se podía ver una representación 3D de una de las unidades de vivienda a construir en la obra de Pitalito, Huila (Ver figura 5). El modelo 3D que se incluyó en la aplicación es un apartamento tipo construido en mampostería estructural el cual consta de cocina, sala comedor, dos habitaciones, habitación principal con baño y baño auxiliar. Es importante resaltar que esta tipología de apartamento es la configuración típica de apartamentos de vivienda de interés social en Colombia.



Figura 5. Dispositivo móvil leyendo el marcador.

Cuando se selecciona un muro o la placa del modelo 3D del apartamento, se separa el elemento de la estructura permitiendo la visualización del modelo 3D del elemento únicamente. Dentro del modelo 3D de cada elemento se podrán identificar todas las partes que conforman el elemento que fue seleccionado. Las partes típicas de cada elemento son componentes como acero, refuerzo, tubería de instalaciones, mampostería y concreto (Ver figura 6).



Figura 6. Modelos elementos 3D a) muro en mampostería y b) placa en concreto.

Dentro del modelo 3D del elemento se mostraban 4 íconos que entregaban los 4 paquetes de información descritos con anterioridad. El primer ícono entregaba la base de datos del proceso constructivo mediante un video explicativo donde se mostraban todas las operaciones dentro del mismo. El segundo ícono mostraba el listado de materiales, herramientas y elementos de protección personal como un listado. El tercer ícono mostraba un cuadro donde se enlistaban las lecciones aprendidas y algunas características como nivel de impacto y si es positiva o negativa, El ultimo icono mostraba un diagrama de espina de pescado para efectos negativos que se pueden presentar en cada elemento, cada vez que se ingresaba a este icono aparecía el diagrama de un efecto diferente aleatoriamente.

Esta socialización dejó un buen número de comentarios, principalmente en cuanto a la forma en que se muestra la información, como se ve en la figura 7. A raíz de estos comentarios se hicieron mejoras para la versión final de la aplicación. Se agregó el personaje de Camila, quien acompaña al usuario dentro de la experiencia innovadora y la hace mucho más amigable para cualquier individuo en obra. También se agregó un botón de restaurar y de ayuda de Camila para ver un tutorial de cómo usar la aplicación. Se cambió la forma en que se mostraba el listado de herramientas, materiales y elementos de protección personal, agregándole fotografías y mostrando la descomposición de los materiales de forma más profunda, es decir que, por ejemplo se muestra que el concreto está compuesto por agua arena y cemento.

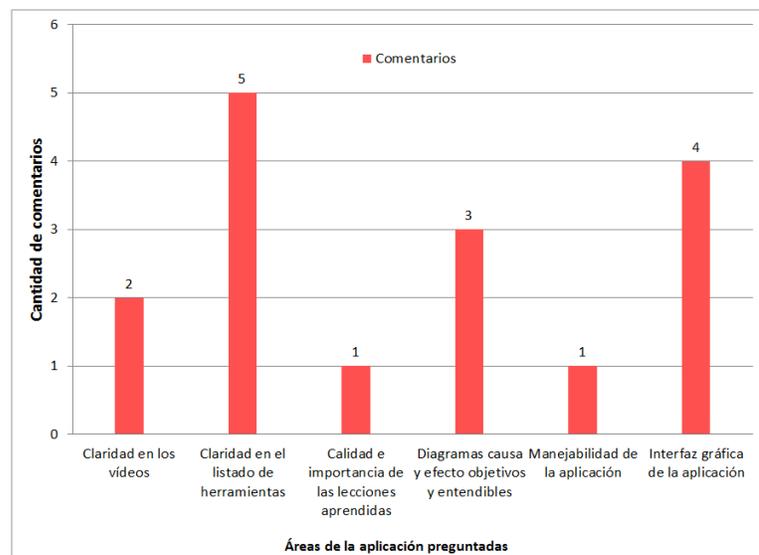


Figura 7. Estadísticas comentarios socialización.

En la versión final de la aplicación, dentro del modelo 3D de cada elemento se encuentra el menú de iconos en la parte superior izquierda de la pantalla del dispositivo. Este menú contiene cuatro íconos, el primero permite acceder a un video con el paso a paso del proceso constructivo (Ver figura 8.a.), con el segundo ícono se accede a un listado de los materiales, herramientas y

elementos de protección personal que deben ser utilizados para construir (Ver figura 8.b.), el tercer ícono permite el acceso a fichas con lecciones aprendidas (Ver figura 8.c.), las cuales son experiencias positivas o negativas que se han presentado en obra y se divulgan para tratar de repetirlas o evitar que ocurran nuevamente, y por último el ícono que permite el acceso a aspectos de calidad (Ver figura 8.d.), es decir los efectos negativos que se pueden producir y generar problemas en los resultados de la obra.

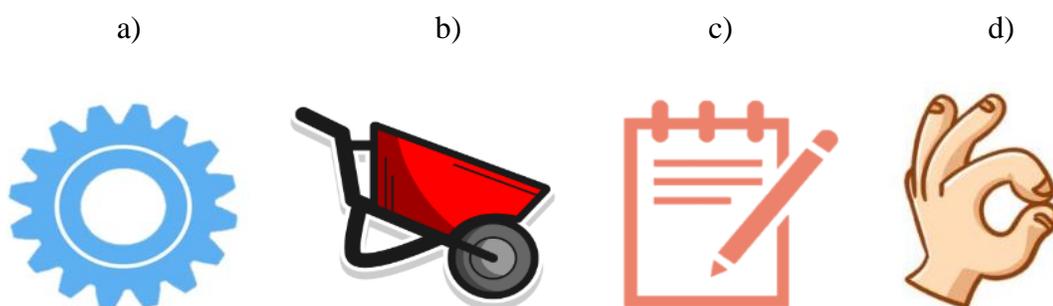


Figura 8. Íconos de a) paso a paso, b) materiales y herramientas, c) lecciones aprendidas y d) calidad.

Por último, es importante resaltar que Camila un personaje que fortalece el ambiente didáctico de la aplicación, basado en una mujer de la construcción que ayuda a los usuarios a aprender las instrucciones básicas para manejar la app. Camila es un personaje creado exclusivamente para Formación Despierta quien aparece al iniciar la aplicación en un video explicativo donde muestra la función de todos los iconos y botones de la app. Este video explicativo de introducción se puede saltar en cualquier momento al tocar la pantalla. Camila siempre aparece en la parte inferior izquierda de la pantalla del dispositivo por si necesitas recordar cómo utilizar la aplicación, además siempre acompañará al usuario en esta experiencia innovadora.

4. CONCLUSIONES

Formación despierta es una aplicación desarrollada para el personal de obra en general, incluso aquellos individuos que no tengan un nivel de escolaridad avanzado, por lo cual fue de vital importancia durante el desarrollo realizar socializaciones con el equipo de obra de la empresa colaboradora. Gracias a estas socializaciones se alcanzó el objetivo principal de la aplicación y es hacerla dinámica y atractiva para fomentar la curiosidad de la población obrera.

También se encontró que la mayoría de los individuos que hacían parte de la población bajo estudio conocen la tecnología táctil de los teléfonos inteligentes y además disfrutaban de utilizarla a diario, por lo anterior la acogida de la aplicación fue muy fácil. Adicionalmente los videos tutoriales que explican cómo utilizar la aplicación en efecto es un punto de inicio crucial para empezar a conocer Formación Despierta y todas las posibilidades que en ella se pueden encontrar.

El personaje de Camila también genera un impacto muy positivo en los usuarios, debido a que siempre se encuentra presente en la pantalla del dispositivo, además es difícil de olvidar. Camila finalmente permite al usuario tener confianza para explorar la aplicación acompañado y con la opción de siempre poder volver a ver para que sirven los iconos y botones que se encuentran en la pantalla de inicio.

5. TRABAJOS FUTUROS

Una aplicación como Formación despierta es una plataforma que abre el campo para la explicación de todo tipo de temas relacionados con la construcción, como lo pueden ser maquinaria y equipos de construcción. Las normativas vigentes de construcción también pueden ser explicadas mediante la aplicación para que sean fáciles de entender para cualquier individuo en obra.

También es una idea que se puede implementar con cualquier tipo de sistema constructivo, ya que requiere de insumos como bases de datos y representaciones con modelos 3D, los cuales pueden ser fácilmente repetibles para otros sistemas.

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Departamento de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Javeriana por el apoyo brindado durante el proceso experimental reportado en este documento, a la empresa colaboradora León Aguilera S.A.S por toda la información brindada, y al equipo de Formación Despierta por la constante colaboración durante todo el desarrollo de la aplicación.

7. REFERENCIAS

Bryde, David, Martí Broquetas y Jurgen M. Volm 2013. The project benefits of Building Information Modelling (BIM). *International Journal of Project Management*, 31, 971–980.

CAMACOL 2017. Informe de actividad edificadora: Octubre de 2017. Disponible en <http://camacol.co/>

- CAMACOL 2015. Perspectivas del sector edificador en Colombia 2016: Contexto de mercado y efectos de política pública. Disponible en <http://camacol.co/informacion-economica/estudios-economicos?page=1>
- DANE 2017. Boletín técnico: Indicadores económicos alrededor de la construcción – IEAC (II trimestre de 2017). Disponible en <http://dane.gov.vo/>
- Choi B., Hwang S., Lee S. 2017. What drives construction workers' acceptance of wearable technologies in the workplace?: Indoor localization and wearable health devices for occupational safety and health . *Automation in Construction Journal*. 84: 31 – 41.
- Dardiri A., Sutrisno, Kuncoro T., Ichwanto M., Suparji. 2017. Enhancing the competitiveness of skilled construction workers through collaborative education and training. *AIP Conference Proceedings* 1887, 02005. Malagang, Indonesia.
- Fonseca, David, Ernest Redondo y Francesc Valls. 2016. Motivación y mejora académica utilizando realidad aumentada para el estudio de modelos tridimensionales arquitectónicos. *Education in the Knowledge Society*, 17 (1): 45-64.
- Love, Peter, Pauline Teo, Murray Davidson, Shaun Cumming y John Morrison. 2016. Building absorptive capacity in an alliance: Process improvement through lessons learned. *International Journal of Project Management*, 34: 1123-37.
- Pejoska, Jana, Merja Bauters, Jukka Purma y Teemu Leinonen. 2016. Social augmented reality: Enhancing context-dependent communication and informal learning at work. *British Journal of Educational Technology*, 47 (3): 474-83.
- Smith M.K. 2002. Malcolm Knowles, informal adult education, self – direction and andragogy. *The Encyclopedia of Informal Education*.
- Wang, X., S.K. Ong y A.Y.C. Nee. 2016. Real-Virtual components interaction for assembly simulation and planning. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 41: 102-14.

Weiers, R. M. 2006. Introducción a la Estadística Para Negocios. México: Thomson.