

Improving the planning of buildings with data visualization

Lilia Muñoz, Edwin Caballero, Eliecer Cáceres, Vladimir Villarreal
Grupo de Investigación GITCE
Universidad Tecnológica de Panamá
Panamá, Panamá
{lilia.munoz, edwin.caballero, eliecer.caceres, vladimir.villarreal}@utp.ac.pa

Abstract— The use of geographic information has been widely developed around the world especially in the last decade, due in part to the development of communication technologies such as the Internet, mobile devices and the expansion of location-based services, influencing virtually any field of human activity. In recent years there has been a huge proliferation of raw data that must be processed and prepared in a form understandable to the end user. These raw data are often difficult to understand, there have been developed several visualization tools that facilitate their interpretation. In this article we present a LSMMóvil application for displaying the characteristics of the soil, which will help the decision making in planning buildings.

Keywords— Visualization, Geographic Information Systems, Data, Maps.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha producido una enorme proliferación de datos en bruto, que deben ser procesados y preparados en una forma comprensible para el usuario final. Todos estos datos en bruto suelen ser difíciles de entender, de ahí que se hayan desarrollado distintas herramientas de visualización que faciliten su interpretación.

Por su parte, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) representan una fuente importante e innovadora de información dado que en ellos se incluye la variable geográfica, permitiendo observar y hacer esquemas visuales de la ubicación de los datos y tomar mejores decisiones teniendo en cuenta estos parámetros. En los últimos años han tenido gran auge y muchas de las empresas han empezado a desarrollar aplicaciones que cuenten con este tipo de características o han buscado la manera de actualizar sus existentes sistemas para que las incluyan, esto debido principalmente a que han percibido la importancia y beneficio de contar con datos con representación espacial. Por otro lado, el uso de la información geográfica se ha desarrollado ampliamente en todo el mundo especialmente en la última década, debido en parte al desarrollo de las tecnologías de comunicación como Internet, dispositivos móviles y la expansión de los servicios basados en la localización, influyendo en prácticamente cualquier ámbito de la actividad humana.

La planificación de edificaciones depende de la disponibilidad de información asociada al área de estudio y de la naturaleza y características del suelo. Es en este sentido que la visualización geográfica juega un papel fundamental, ya que es necesario que los gestores del territorio puedan disponer de suficiente información, expresada de manera clara, a fin de poder realizar el análisis correcto del territorio o de un área en particular, de lo cual depende que sea posible la toma de decisiones apropiada, para una exitosa planificación y minimizar los riesgos [2]. Las cifras macroeconómicas de Panamá nos hablan de un país que, en las últimas décadas, ha registrado una de las tasas de crecimiento más altas e impresionantes del continente. El espectacular auge de la industria de la construcción, acompañado del *boom* inmobiliario, ha convertido a la ciudad en una metrópolis de rascacielos y, en apariencia, una de las más modernas ciudades del área centroamericana [9]. En este sentido, los procesos de planificación de las edificaciones se hacen necesarios para el correcto desarrollo urbanístico del país. Por ello, se plantea el desarrollo de una herramienta que permita la visualización de los datos que se capturan en el Laboratorio de Suelos y Materiales del Centro Regional de Chiriquí, para solventar la necesidad de contar con herramientas para dispositivos móviles que permitan en cualquiera lugar tener acceso a la información sobre las características del suelo y de esta manera tomar mejores decisiones.

El artículo está estructurado de la siguiente manera: en la segunda sección se presenta el trabajo relacionado, en la tercera sección se describe el escenario de estudio. En la cuarta sección se presenta la aplicación LSMMóvil desarrollada y finalmente las conclusiones y trabajo futuro.

II. TRABAJO RELACIONADO

El campo de los SIG ha evolucionado de manera ágil en los últimos años. Cada vez más se considera la importancia de contar con la ubicación espacial de la información que se produce, además de manejar y en algunos casos difundir ésta información. Según [1] los SIG son una clase especial de sistemas de información que permiten realizar no solamente seguimiento de eventos, actividades y cosas sino también donde estos eventos, actividades y cosas ocurren o

existen.

Los SIG surgen en Canadá a principio de los años 60, cuando el Departamento Federal de Desarrollo Rural y Forestal de Ottawa desarrolló el Canadian Geographical Information System [5]. El desarrollo de este sistema fue encabezado por Roger Tomlinson, con el objetivo de manejar los datos del inventario geográfico canadiense y analizarlos para la gestión del territorio rural. Es en este momento cuando se acuña el término Sistema de Información Geográfico. El trabajo de Tomlinson es pionero en este campo, considerándosele desde entonces como el “padre de los SIG” [4].

Por consiguiente, la aparición de estos sistemas implicó no solo la creación de una nueva herramienta, sino también el desarrollo de nuevas técnicas que hasta entonces no habían sido necesarias, especialmente la codificación y almacenamiento de la información geográfica, un punto clave para la usabilidad adecuada del software [4]. Simultáneamente a los trabajos canadienses, se desarrollaron proyectos en Estados Unidos y el Reino Unido. En la Universidad Harvard, Estados Unidos, se crearon programas como SYMAP, GRID, SYMVU y CALFORM, que ayudaron al desarrollo de nuevos conceptos teóricos del manejo de datos espaciales y que sirvieron como inspiración para el desarrollo posterior de programas comerciales [5].

Por su parte, en la década de los años 70 tanto India como Reino Unido crean organizaciones gubernamentales dedicadas al desarrollo e investigación de Sistemas de Información Geográfica. Al terminar esa década los SIG eran sistemas completamente operativos, que pasaron de ser programas orientados a cubrir las necesidades de las instituciones que las desarrollaban a ser un producto de gran interés en el mercado internacional. En la década de los 80's la empresa ESRI dedicó sus recursos a desarrollar un conjunto de herramientas que pueden aplicarse en un entorno computacional para crear Sistemas de Información Geográfica [5]. Es entonces cuando lanzó su primer programa SIG comercial llamado ARC/INFO. En nuestros días ESRI sigue siendo empresa líder en el mercado estableciendo estándares en la industria de los SIG.

Por su parte, una de las personas que usó el mapa junto con métodos geográficos fue el físico británico, John Snow. El cual representó un brote de cólera en Londres, utilizando puntos para localizar los casos, llevándolo al origen de la enfermedad [3]. Este indicio y las técnicas que fueron evolucionando dan lugar a lo que conocemos como SIG. Estos sistemas nos permiten mantener y usar datos con localizaciones exactas en la superficie terrestre representados en un mapa.

En Panamá la aparición de los SIG se remonta hasta finales de la década de los 80's durante la iniciativa del “Programa de Sensores Remotos de la República de Panamá” con sede en el Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia [8]. El auge de los SIG en Panamá es realizado en la década de los 90's, cuando organizaciones gubernamentales como la Asociación Nacional para la Conservación (ANCON), Asociación Nacional del

Ambiente (ANAM), la Autoridad de la Región Interoceánica (ARI), inician proyectos en busca de la creación de bases de datos espaciales, que posteriormente fueron de gran ayuda para el programa de administración, planificación y venta de bienes de las áreas revertidas. En el 2012 el estado a través de la Autoridad Nacional para la Innovación Gubernamental, suscribió una alianza estratégica con la empresa ESRI para crear la Plataforma GEORED, lo cual ha permitido modernizar la administración de la información geográfica y geoespacial del país.

III. ESCENARIO DE ESTUDIO

Desde el inicio de la humanidad siempre se ha visto reflejada la necesidad de representar la información de manera que pueda ser comprensible y accesible para las personas. Una de estas representaciones son los mapas, en los cuales eran trazadas rutas, ríos, pueblos, etc. El verdadero valor de los mapas surge cuando se le da sentido a la información que está reflejada en él para resolver alguna situación problemática.

Una de las disciplinas que han sido beneficiadas por estos sistemas es la Ingeniería Civil, en la cual se han desarrollado aplicaciones empleando estas técnicas para crear, analizar y visualizar los datos asociados con el desarrollo y gestión de infraestructuras. Podemos citar como ejemplo el estudio realizado por la Asian Network for Scientific Information titulado “Study on the Application of a Management System for Pavement Based on iPad Terminal with GIS”, donde buscaban desarrollar una plataforma SIG para gestionar el mantenimiento del pavimento en las carreteras [6].

En los últimos años se ha experimentado un aumento en los proyectos de construcción en el territorio nacional, paralelo a esto se ha introducido la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica [1], lo que influye significativamente sobre estos proyectos de construcción. Como consecuencia se ha creado el escenario perfecto para el desarrollo de nuevas aplicaciones tecnológicas que hagan uso de los SIG en la Ingeniería Civil para gestionar los procesos de planificación de edificaciones.

El Laboratorio de Suelos y Materiales del Centro Regional de Chiriquí de la Universidad Tecnológica de Panamá fundado en 1981, se rige bajo las normas ASTM (American Society for Testing and Materials) y AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), dedicado al estudio de suelos y concreto. Dicho laboratorio se encarga de realizar pruebas a materiales, tanto a suelos como al concreto siguiendo normas y procedimientos e instructivos para la obtención de datos. Actualmente el laboratorio no cuenta con una herramienta que le permita visualizar de manera automática los datos que se generan en las evaluaciones del suelo. Es en este sentido, que se desarrolla este proyecto.

De esta manera mediante la creación de una aplicación móvil se permitirá visualizar dentro de un mapa los datos más relevantes de los informes de capacidad de soporte de suelo (SPT), se podrá tener información instantánea acerca

de las características del suelo en puntos específicos donde se hayan realizado estudios. Una herramienta de este tipo no solo organizaría de mejor manera los datos ya recopilados por el laboratorio de suelos y materiales, sino que ahorraría tiempo en la planificación de cualquier edificación al poder acceder rápidamente, desde cualquier ubicación, a la información de suelos de la ciudad de David.

El Laboratorio de Suelos y Materiales cuenta con un proceso de admisión de pruebas usado para llevar un registro de los estudios que serán realizados, además de la información básica del cliente, ya sea una empresa o persona natural. En este proceso se utilizan algunas herramientas como por ejemplo Excel, ya sean para registrar información de los clientes, llevar control de los aspectos financieros y para guardar también todos los resultados obtenidos en las pruebas hechas en el laboratorio.

IV. HERRAMIENTA PROPUESTA

El sistema de visualización de datos que se propone consta de diferentes módulos arquitectónicos desde el punto de vista de desarrollo, uno de ellos es el Google App Engine (GAE), dentro del cual se puede usar el servicio de *DataStore* para almacenar la información que se maneja a diario en el laboratorio. Este módulo usa la Arquitectura *Cloud Computing*, que es uno de los servicios recientemente adoptados en aplicaciones como *DropBox*, *GDrive*, entre otros. En la figura 1 se muestra la arquitectura GAE que se implementará.

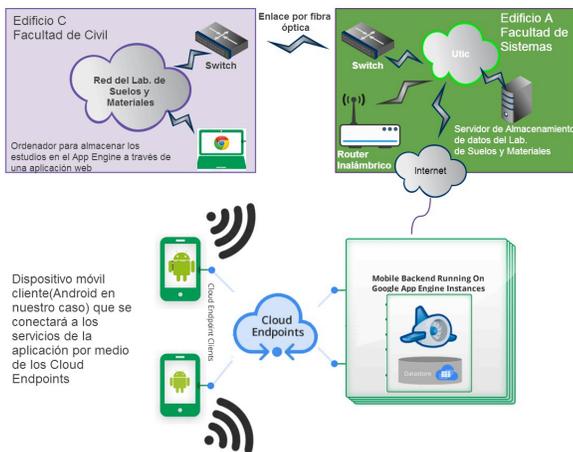


Fig. 1 Arquitectura GAE propuesta

Como se puede observar en la parte derecha de la figura 1, se tiene el GAE que es la arquitectura que nos ofrece Google como servicio, en ella se dispone del *Mobile Backend* que es una aplicación que corre sobre el *App Engine* y nos brinda diferentes librerías que permiten la comunicación con el lado del servidor, lo que se traduce a que ya no se tiene que escribir este código para que la

aplicación se comunique con el servidor, sino simplemente utilizar las herramientas y ventajas que ofrece el *Mobile Backend*, entre ellas poder comunicarse con el *Datastore*. Como punto final se tiene el *DataStore* que es simplemente el almacén de datos del GAE, es ahí donde reposan todos los datos.

Por su parte, las ventajas que nos ofrece GAE son las siguientes:

- No se tiene que disponer de toda la infraestructura (hardware) para almacenar los datos, GAE provee la misma.
- Los sistemas se ejecutan en los potentes servidores de GAE.
- Los usuarios tienen un punto en común donde almacenar sus datos, ya sea desde una aplicación web, un dispositivo Android o iOS, GAE es independiente de esto.
- GAE usa *SandBox* lo que impide que otros usuarios y aplicaciones tengan acceso a sus datos, además GAE está certificado bajo los estándares SAS 70, SSAE 16 y ISAE 3402.

Por otro lado, se puede mencionar que el sistema de consulta actual del Laboratorio de Suelos y Materiales es muy eficiente al momento de hacer consultas por parte de clientes que ya tienen vigente estudios de suelo. Esto debido a que se cuenta con un fácil acceso a los archiveros que poseen las copias de estudios y también se tiene acceso al sistema de información en el cual se pueden buscar los archivos relacionados con el cliente y su estudio, en la mayoría de los casos se tienen impresos y en archivos en Excel, sin embargo estas consultas se hacen de manera manual.

Ahora imaginemos el escenario en que un cliente quiera investigar cómo se lleva a cabo el proceso de admisión con el Laboratorio de Suelos y Materiales o quiera consultar con algunos de los encargados o técnicos, información un poco más detallada acerca de los estudios, para ver cual se relaciona más con el de su interés. Mucha de la información que se maneja dentro del laboratorio es de carácter sensible para usuarios que no tienen el acceso a esta información. Es por esta razón que se propone la utilización de un sistema de visualización de datos, en el cual se pueden apreciar distintos tipos de información general que puede ser de utilidad tanto al personal técnico del laboratorio como al cliente, para este tipo de escenarios en los cuales el cliente quiere relacionarse más con el tema o ver los trabajos hechos y que tipo de información se puede llegar a determinar por medio de estudios de suelo. De esta manera se verá reflejado en un mapa los estudios ya realizados con la información más relevante para que el cliente tenga una mejor idea y representación de los datos acerca de los cuales se quiera informar más, esto sin la necesidad de consultar desde el sistema de información implementado en el laboratorio.

El acceso es a través de una tableta o dispositivo móvil en el cual se tenga instalado la aplicación de visualización de

datos, esta aplicación se conectará a través de los *Cloud Endpoints al Backend Mobile* como se puede apreciar en la figura 2, el cual proporcionará todo la información almacenada en el *Datastore* mediante la representación de un mapa con la información de los estudios realizados.



Fig. 2 Proceso de consulta con el dispositivo móvil

A. Análisis de herramientas tecnológicas para consulta de la información

En los tiempos actuales la percepción de nuestro planeta y sus habitantes está cambiando radicalmente a través de la manipulación e interpretación de los datos geográficos mediante la tecnología de los SIG. Los datos geográficos debidamente organizados, procesados y analizados proporcionan una base consistente para la toma de decisiones respecto de actividades como la gestión y ordenamiento ambiental, planificación de los recursos de la tierra tanto en el aspecto rural como urbano, o bien para el monitoreo y conservación de los recursos renovables y no renovables.

Cuando un cliente solicita la atención para una consulta, la secretaria o personal técnico del Laboratorio de Suelos y Materiales tiene dos opciones que son:

- buscar la información solicitada por medio del computador
- buscar la información solicitada dentro de un archivero.

El Laboratorio de Suelos y Materiales cuenta con estos dos tipos de opciones al momento de consultar una información. Una de ellas manual y la otra automatizada.

B. Arquitectura de la aplicación

El diseño está basado en una arquitectura Cliente-Servidor como se puede observar en la figura 3. La arquitectura se divide en dos partes, la aplicación *Android*, del lado izquierdo de la figura; y *App Engine*, del lado derecho.

La aplicación *Android* se encarga de interactuar con el usuario, además de efectuar las peticiones al servicio para la consulta de información. Dentro de la aplicación *Android* se encuentran las librerías clientes del *Mobile Backend*, estas librerías son necesarias para lograr la comunicación con el servicio web, son el punto de conexión entre el cliente y el servidor. El *Mobile Backend* es la aplicación web alojada en *App Engine* encargada de recibir las peticiones provenientes de la aplicación por medio de los *endpoints*. Los *endpoints* consisten en el conjunto de servicios que pueden ser consumidos por la aplicación. Cada uno de los servicios se comunica con el almacén de datos de *App Engine*, *Datastore*, donde se encuentra toda la información de la base de datos de la aplicación.

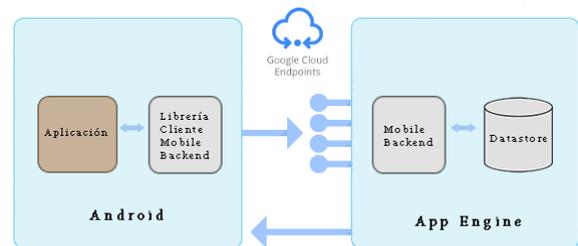


Fig. 3 Arquitectura del Sistema

La ventaja de utilizar esta arquitectura es que el servicio web es completamente independiente de la aplicación, es decir, que los clientes que consumen sus recursos pueden provenir de cualquier plataforma. Este mismo servicio web puede ser accedido desde aplicaciones *Android*, *iOS*, *Windows Mobile*, o cualquier otra plataforma, solo basta con generar las librerías cliente correspondientes a cada cliente y realizar las peticiones a través de los *endpoints*.

C. Actividad de la pantalla principal

En la figura 4 se visualiza el diagrama de clases que constituye la actividad dentro de la aplicación cliente y una clase que representa el servicio web. Esta última se encarga de recibir las peticiones provenientes de la actividad, y devolver la información solicitada. El diagrama tiene un área sombreada que involucra las clases que se comunican durante cada petición, de un lado se tiene la clase *Suelos*, la cual envuelve todos los servicios disponibles a utilizar. Del otro lado se observa una clase encargada de solicitar y recibir los datos provenientes del servicio. Esta clase extiende la clase *AsyncTask* de *Android* que permite realizar operaciones en segundo plano y mostrar los resultados en la interfaz de usuario. Dentro de *AsyncTask* se cuenta con el método **doInBackground(Void)**, este método se encarga de ejecutar las peticiones al servicio web en un nuevo hilo de proceso, distinto al hilo de la interfaz de usuario. El propósito de esto es evitar que la aplicación entre en un bloqueo debido a la demora en el tiempo de respuesta por parte del servicio web. Luego de obtener la información solicitada, esta pasa al método **onPostExecute()**, el cual se

ejecuta en el hilo principal de la aplicación. En este método se pueden hacer los cambios necesarios en la interfaz para adecuar toda la información recibida y mostrarla al usuario de la manera más apropiada.

Además, se ejecuta el método responsable de traer todos los datos referentes a la localización de los estudios para así poder ubicarlos en el mapa dentro de la actividad principal cuando esta es abierta por primera vez o reanudada. Por otro lado, la actividad principal está asociada a la clase *ExpandableListAdapter*, la cual se encarga de obtener una lista expandible proveniente de la pantalla principal y dibujar cada uno de sus componentes, ya sea texto o imagen, para así conformar la barra de menú lateral.

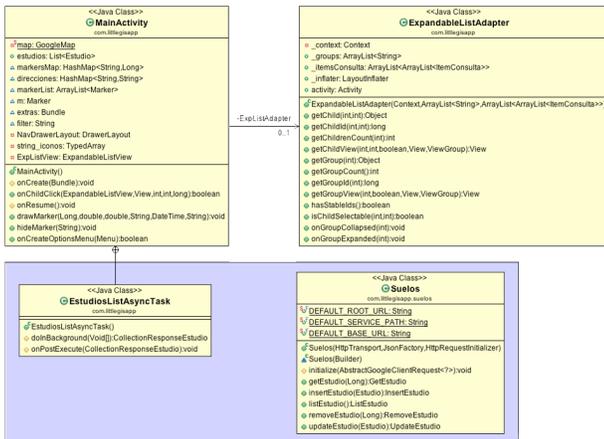


Fig. 4 Diagrama de clases de la aplicación

En la figura 5 se puede apreciar la pantalla principal de la aplicación LSMMóvil, en ella se visualiza los tipos de consulta que se pueden realizar y a su vez el mapa de ubicación de los diferentes estudios.

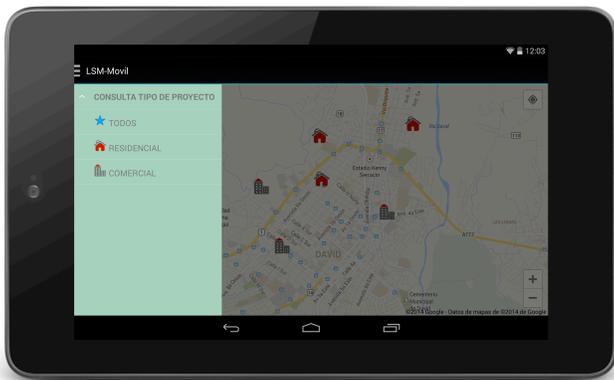


Fig. 5 Pantalla de consulta

Por su parte, la figura 6 presenta la pantalla de cómo se visualizarán los resultados.



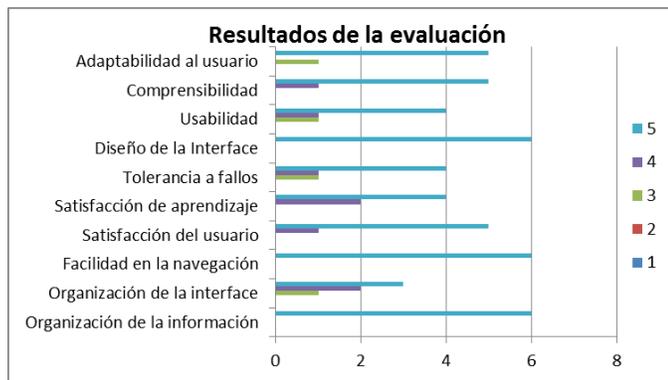
Fig. 6 Pantalla de resultados

V. EVALUACIÓN Y FUNCIONALIDAD DE LA APLICACIÓN

Para la evaluación de una aplicación pueden utilizarse diferentes métodos y técnicas. Para el escenario de estudio se ha confeccionado un cuestionario que permitirá evaluar aspectos relevantes como: la funcionalidad, usabilidad, diseño y contenido. Los usuarios finales respondieron a un grupo de preguntas y además utilizaron la aplicación. Los aspectos iniciales de la evaluación son:

- Técnica de Evaluación: se aplicó un cuestionario que los usuarios completaran las preguntas específicas y luego utilizaran la aplicación.
- Aspectos de calidad de acceso: Se accede a la aspectos de contenido, el diseño y la utilidad de la aplicación en los usuarios finales.
- Evaluar el Contexto: usando la aplicación para evaluar las actividades.
- Evaluar la población: la evaluación se ha aplicado a 6 personas, que son los funcionarios que trabajan en el Laboratorio de Suelos y Materiales.
- Evaluar el tiempo: el tiempo que el usuario tendrá para el uso de la aplicación en el contexto definido. Tardará 25 minutos. Luego 15 minutos se utilizan para responder al cuestionario.
- Escala de Uso: una Escala Likert de 1 a 5 se ha establecido para evaluar cada pregunta, siendo 1 la valoración más baja de una pregunta (muy en desacuerdo) y 5 la evaluación más alta (muy de acuerdo).

Los resultados de esta evaluación se pueden apreciar en la gráfica 1, en la cual se visualiza una aceptación en la mayoría de los aspectos que se evaluaron, lo cual consideramos muy positivo.



Gráfica 1. Resultados de la evaluación

VI. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Hoy en día nos encontramos en una posición muy aventajada respecto de los años pasados con la moderna tecnología computacional disponible en lo que concierne al manejo de los datos espaciales, su monitoreo y el análisis de los mismos. Estos avances tendrán un resultado positivo sobreponiéndonos a las deficiencias de los sistemas manuales de la década pasada con la integración de los SIG. El proceso de adquisición de datos es costoso en el aspecto de coleccionar y analizar dicha data en términos de calidad, integridad y consistencia, pero tendrá un beneficio consecuente en la exitosa aplicación de un proyecto SIG.

La aplicación LSMMóvil facilita el acceso a la información de los sondeos realizados en los estudios de suelos, debido a que un dispositivo móvil es más práctico y fácil de acceder, ahorrando tiempo y esfuerzo. Además de esto el Laboratorio de Suelos y Materiales contará con una herramienta que les permitirá poder tener una mejor comprensión de la información.

Además, LSMMóvil permite visualizar dentro de un mapa los estudios de suelo de la Ciudad de David, permitiendo así analizar la tendencia en el tipo de edificaciones que son construidas. Además, esto nos permite acceder a información específica sobre las características de suelo de cada uno de los estudios.

Como trabajo futuro se tiene contemplado incluir otros tipos de filtros como por ejemplo: capacidad de soporte, fecha, entre otros y un módulo que permita obtener las coordenadas donde se hace la prueba de campo.

AGRADECIMIENTO

Al personal del Laboratorio de Suelos y Materiales del Centro Regional de Chiriquí de la Universidad Tecnológica de Panamá, por toda la información suministrada para el desarrollo de este proyecto.

REFERENCIAS

- [1] J. Abdul Asmaa, (2011). "Using Geographic Information System (GIS) to Manage Civil Engineering Projects", Eng. & Tech Journal Vol. 29, No. 7.
- [2] J. Bosque, H. Zamora. (2007). ViGeo: una herramienta para visualización geográfica. I. Jornadas de SIG Libre.
- [3] P. Longley, M. Goodchild, D. Maguire, D. Rhind (2011) Geographic Information Systems & Science Third Edition John Wiley & Sons, Inc
- [4] V. Olaya, (2012). "Sistemas de Información Geográfica", Versión 1.0 Rev. 21 de febrero de 2012, Dirección URL: <http://www.bubok.es/libros/191920/Sistemas-de-Informacion-Geografica>
- [5] A. Suarez., "Sistemas de Información Geográfica", Dirección URL: <http://di002.edv.uniovi.es/~juanrp/docencia/gis/trabajos0708/Sistema%20de%20informaci%F3n%20geogr%El%20f%20grupof.pdf>
- [6] L.Yan, B. Zhou, S. Hu, (2012). "Study on the Application of a Management System for Pavement Based on iPad Terminal with GIS", Information Technology Journal. Vol (11), Issue (4). Pp 520-523
- [7] M. Reto, (2012). "Professional Android 4 Application Development", Editorial John Wiley & Sons, Inc., Indianapolis, Indiana.
- [8] R. Martínez., "Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y su impacto en la labor del Geógrafo Panameño. (1991 – 2007)", Dirección URL: http://geografwiki.wdfiles.com/local--files/documents/SIG_Panama.pdf
- [9] D. Castro. (2012). Mega crecimiento urbano de la ciudad de Panamá y su impacto sobre el hábitat y la vivienda popular. Editorial FLACSO Ecuador, Instituto de la Ciudad CLACSO.