

## Diseño de una aplicación móvil para monitorear la cobertura GSM en Cuenca

*Rafael Gallardo A., Juan C. Jaramillo V., Darwin Astudillo-Salinas, Kenneth Palacio-Baus*

Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad de Cuenca, Avenida 12 de Abril y Agustín Cueva, Cuenca, Ecuador, 010150.

Autores para Correspondencia: rafael.gallardo@ucuenca.ec, juan.jaramillov@ucuenca.ec, fabian.astudillos@ucuenca.edu.ec, kenneth.palacio@ucuenca.edu.ec.

Fecha de recepción: Septiembre 28 de septiembre 2015 - Fecha de aceptación: Octubre 12 de octubre 2015

### RESUMEN

Este artículo presenta *e-Cobertura*, una aplicación móvil para Android SO, que fue desarrollada para medir la intensidad de señal GSM recibida en un teléfono inteligente, y presenta un mapa representativo alojado en la Web llamado *coberturaWeb*, el cual fue generado en base a las mediciones realizadas. *e-Cobertura* además permite presentar los parámetros tanto de la red como del dispositivo, y la representación estadística de estos datos. *coberturaWeb*, no solo ilustra las mediciones adquiridas por la aplicación, también permite interactuar con el usuario con el fin de obtener información detallada de zonas específicas de la ciudad.

Palabras clave: cobertura celular, GSM, aplicación móvil, medición.

### ABSTRACT

This paper presents *e-Cobertura*, a mobile application developed for the Android Operating System for measuring GSM signal power, and presents a Web-hosted representative coverage map generated based on the taken measurements called *coberturaWeb*. *e-Cobertura* allows presenting parameters of the network and the mobile device used for measurement, as well as statistical representation of these data. *coberturaWeb* not only shows the measurements acquired by the application, but also allows the user to interact with it in order to obtain detailed information about specific areas of the city.

Keywords: cellular coverage, GSM, mobile application, measurement.

## 1. INTRODUCCIÓN

Debido a la necesidad de obtener adecuados índices de calidad de cobertura celular para las comunicaciones de voz en GSM en el país, se diseñó e implementó una aplicación móvil para *Android SO*, capaz de medir y reportar estos parámetros. La aplicación entrega información de la operadora móvil y de la celda de la estación base en la que está conectado, datos estadísticos de la potencia de la señal recibida en cada medición, además de las especificaciones técnicas del dispositivo móvil utilizado. Estos parámetros obtenidos son usados para la generación de un mapa de cobertura dentro de un servicio Web, que permite visualizar información detallada de las mediciones realizadas por la aplicación, una vez que la información ha sido pre-procesada. El mapa de cobertura y la aplicación móvil utilizan un esquema de colores equivalente a los niveles de energía de la señal definidos por la ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones del Ecuador). La aplicación móvil fue desarrollada con el fin de que el usuario tenga una referencia de la intensidad de la señal que recibe, pudiendo de esta manera realizar un reclamo al ente de control con una prueba real de que su cobertura no es la adecuada, siendo de utilidad tanto al abonado móvil, como al ente regulador.

## 2. MARCO TEÓRICO

Se especificará la situación actual de las comunicaciones móviles en el país, tanto en el campo tecnológico como en las regulaciones definidas por la ARCOTEL y se presentan ciertas recomendaciones de la ITU (*International Telecommunication Union*) para una medición adecuada de la intensidad de señal.

### 2.1. Telefonía móvil en Ecuador

El promedio de conexión con telefonía celular de segunda generación (2G) para América Latina se encuentra en un 80% (GSM Association, 2012), mientras que para Ecuador el promedio es de 85.55% (GSM Association, 2012). En el país un gran porcentaje de las comunicaciones móviles utilizan 2G, siendo GSM (Global System Mobile) la tecnología elegida por las tres operadoras móviles: CONECEL S.A. (Claro), OTECEL S.A. (Movistar) y CNT EP.

Los cambios tecnológicos a nivel global, causaron una rápida migración a la tercera generación (3G), lo que involucro el despliegue de redes *Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)* para las tres operadoras, principalmente con el fin de obtener una mayor velocidad de transmisión de datos y al mismo tiempo acoplándose con la tecnología de voz ya existente en ese tiempo (GSM). El porcentaje de líneas activas para 3G en el país es de 14.42% (SENATEL, 2014).

En el año 2013, se oficializó el primer servicio de cuarta generación (4G) en el país en Quito y en Guayaquil por parte de CNT EP, en aquel momento la única operadora con la autorización del CONATEL para ofrecer servicios 4G con LTE (*Long Term Evolution*). A principios del año 2015, se aprobó la asignación de frecuencias adicionales tanto a Movistar como a Claro, para desplegar sus redes LTE, las mismas que se encuentra operativas al momento de la escritura de este artículo.

### 2.2. Regulación

Ecuador dispone de un reglamento para la prestación del Servicio Móvil Avanzado (SMA), en donde se definen los parámetros técnicos y metas de calidad de la prestación del servicio (CONATEL, 2014).

El parámetro de calidad de interés para este estudio es la **zona de cobertura** (véase Tabla 1), el cual representa el nivel aceptable de señal respetando los niveles mínimos de potencia de recepción establecidos en función de la tecnología en la que se esté trabajando, en donde en la tecnología 2G el parámetro a medir es *RxLevel*, el cual representa el nivel de señal recibida sobre el canal de control en modo de funcionamiento correcto dado en *dBm*; en 3G se mide el *RSCP (Received Signal Code Power)*, y en 4G se mide el *RSRP (Reference Signal Received Power)*. Para la tecnología GSM existen niveles de calidad de señal o *RxLevel* específicos para comunicaciones de voz definidos por

**Tabla 1.** Zona de cobertura.

Zona de Cobertura	$\%c = \left(\frac{ns}{n}\right) \times 100$	ns: Número de muestras con el nivel de señal en el canal de control.
	Objetivo trimestral: $\%c \geq 95\%$ de mediciones mayor o igual al nivel mínimo.	n: Número de muestras válidas $\%c$ : Porcentaje de cobertura por tecnología y tipo de zona

**Tabla 2.** Niveles de calidad de señal para comunicaciones de voz en GSM.

Niveles ( <i>dBm</i> )	Color	Experiencia del usuario
$\geq -85$	Verde	Buena
$< -85$ a $-98$	Amarillo	Media
$< -98$ a $-110$	Rojo	Mala
$< -110$	Negro	Asumido como sin señal

ARCOTEL (véase Tabla 2), en la que se define que con un intensidad de señal  $\geq -85$  dBm se puede tener una comunicación de voz estable, la cual no es propensa a rupturas.

### 2.3. Recomendaciones para el monitoreo del nivel de señal

Para monitorear la señal móvil recibida existen recomendaciones dadas por entidades internacionales especializadas, las cuales tienen como fin el entregar un proceso específico para la medición adecuada. En el país, la ARCOTEL es el encargado de establecer las normas a cumplir, las cuales son ampliamente analizadas y tomadas en base a recomendaciones de la ITU y de otras entidades oficiales.

La ARCOTEL define una metodología específica para la medición del nivel mínimo de señal recibida o **zona de cobertura**. Esta metodología toma en cuenta las siguientes consideraciones:

- El *drive test* o prueba de manejo, se lo debe realizar con ciertas restricciones en cuanto a la velocidad, es por eso que no se deberá pasar de 60 Km por hora.
- Se deberán eliminar las muestras que tengan un valor igual a cero para cualquier tecnología al igual que las muestras de frecuencia de canales de control que no estén dentro de la banda de frecuencia asignada al prestador del servicio que está siendo medido. Las muestras consideradas correctas son las que tienen un valor asociado a una coordenada geográfica específica.
- El área deberá ser presentada al usuario como la cobertura total ofertada en cierta zona.

Según la ITU el monitoreo de la intensidad de señal puede llevarse a cabo: capturando datos continuamente sobre períodos extendidos de tiempo (años) y períodos cortos (horas), además tomando muestras en intervalos cortos (segundos) y largos (minutos). Se puede calcular la potencia para frecuencias mayores a 500 MHz promediando varias muestras tomadas en un área definida, debido a que la lectura de una sola muestra puede conducir a un dato falso ya que existen factores como la fluctuación por señales reflejadas, altura de antenas, el clima, la vegetación y la humedad (ITU, 2011; Hintermayer, 2009).

## 3. TRABAJOS RELACIONADOS

En esta sección se exponen herramientas de medición de cobertura celular utilizadas en Ecuador y en el mundo, como aplicaciones móviles y equipos profesionales de medición y análisis.

### 3.1. Señal móvil Ecuador

La ARCOTEL desarrolló a través de estudiantes de la ESPOL (*Escuela Superior Politécnica del Litoral*) una aplicación para *Android* e *iOS*, capaz de medir, presentar y comparar los niveles de señal del SMA. Sirve para las tres operadoras, además tiene una opción para medir la velocidad de acceso a Internet y una herramienta de detección de llamadas caídas. La información obtenida por la aplicación genera un mapa de cobertura para 2G y 3G (ARCOTEL, 2015).

### 3.2. Opensignal

Es una aplicación para *Android* que permite medir el nivel de la señal recibida, la velocidad de la conexión a Internet y la confiabilidad de la red. Utiliza la información adquirida por los usuarios para presentar un mapa de cobertura, tanto en la aplicación como en una página web (OpenSignal, 2015).

### 3.3. TEMS Discovery

Éstas son herramientas usadas por parte de la ARCOTEL para controlar el cumplimiento de los parámetros de calidad de las operadoras móviles. El fabricante *ASCOM* cuenta con un analizador de redes y optimizador de plataforma llamado *TEMS Discovery*, el cual permite a los operadores móviles y a los proveedores de servicios tener una visión clara del rendimiento de la red, además automáticamente analiza los reportes de los *drive test* del equipo móvil, proporcionando inteligencia

accionable mediante un panel de trabajo en la Web. *TEMS Discovery* soporta prácticamente todas las tecnologías de comunicación móvil existentes (ASCOM, 2010).

### 3.4. Comparación

Se evidenció aplicaciones móviles que capturan el nivel de potencia recibido pero ninguna brinda un reporte de las mediciones, mientras que *TEMS Discovery* entregan reportes pero sus mediciones no son obtenidas con un dispositivo real como el que hace uso el abonado común, sino que se utiliza una herramienta especializada (véase Tabla 3). Además ninguna de estas herramientas es de código libre.

**Tabla 3.** Comparación de características entre herramientas de medición.

Herramienta	Código libre	Reporte	Mapa de cobertura	Estadísticas	Información del dispositivo móvil
Señal Móvil Ecuador	No	No público	Si	Si	No
OpenSignal	No	No publico	Si (Solo Claro en GSM para Cuenca)	Si	No
TEMS	No	No público	Si (No público)	Si	Si
e-Cobertura	Si	Si	Si	Sí	Si

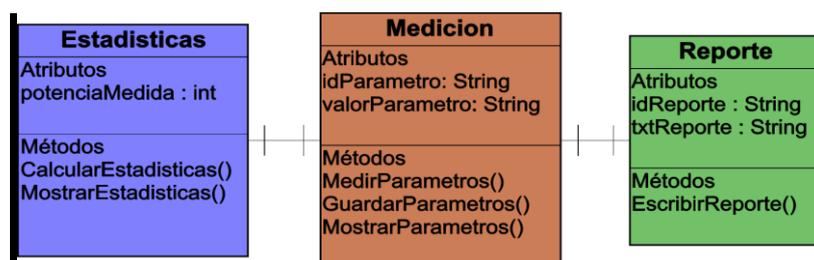
## 4. IMPLEMENTACIÓN

### 4.1. Aplicación móvil

*e-Cobertura*, fue desarrollada para *Android SO* debido a dos motivos, el primero es que esta plataforma es utilizada por el 81.5% de los propietarios de un *smartphone* en el año 2014 y el segundo hace referencia a la facilidad de acceso a las herramientas necesarias para el desarrollo, tales como el SDK (*Software Development Kit*) de *Android*, el IDE (*Interface Development Environment*) *Android Studio* y librerías de código abierto.

La aplicación adquiere datos en intervalos regulares de tiempo 1.2 segundos, debido al tiempo que demora el procesamiento y almacenamiento de los mismos. En cada intervalo de tiempo, recupera parámetros fundamentales, tales como la potencia recibida en GSM medida en *dBm*, el identificador de celda, la ubicación del dispositivo móvil, el *International Mobile System Equipment Identity* (IMEI), el tipo de red, el *Local Area Code* (LAC), el identificador de operadora, la potencia en *dBm* de las celdas vecinas, la marca y el modelo del teléfono móvil.

*e-Cobertura* se desarrolla a partir de tres clases principales llamadas **Medicion**, **Reporte** y **Estadísticas** (véase Figura 1). La primera clase identifica y representa los parámetros adquiridos por el dispositivo móvil. Las clases **Reporte** y **Estadísticas** son alimentadas por información proveniente de la clase **Medicion** para generar tanto un archivo de reporte como estadísticas de la calidad de la señal.



**Figura 1.** Diagrama de clases UML de *e-cobertura*.

Para la implementación se utilizan clases pertenecientes al API (*Application Program Interface*) de *Android*. Una clase fundamental para el correcto funcionamiento es **SignalStrength**, la cual tiene la capacidad de poder escuchar datos del dispositivo móvil, que sirven no solo para entregar la potencia recibida en el móvil expresado en *dBm*, sino también el identificador de la celda a la cual está conectado. Además se hace uso de otras clases como **LocationListener**, que solicita la actualización de la ubicación del GPS del dispositivo, y la clase **Telephony-Manager** que obtiene la información técnica del teléfono celular como la marca y el modelo.

Con la aplicación *e-Cobertura* el usuario tiene la opción de visualizar los detalles acerca de la red móvil, tales como: parámetros de la operadora celular, del dispositivo móvil y su ubicación, además podrá medir la potencia recibida con la cual se podrá acceder a estadísticas tanto de la **zona de cobertura** como de la potencia recibida en función del tiempo, y generar un reporte (véase Figura 2).

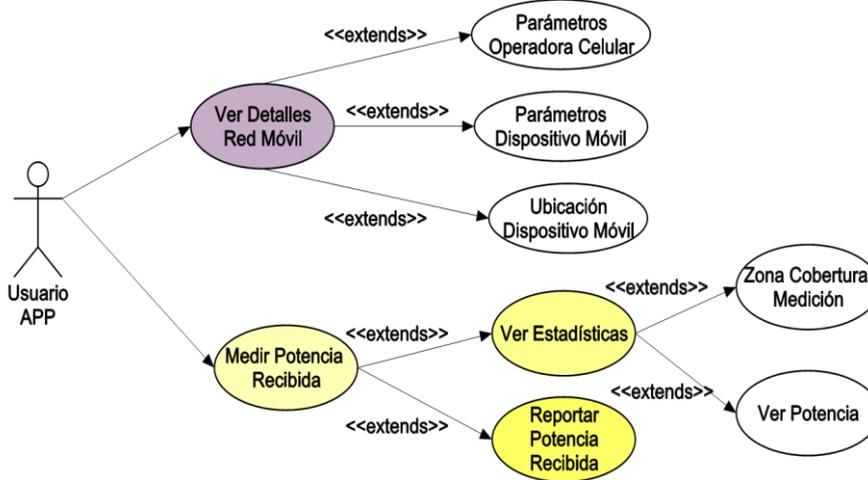


Figura 2. Diagrama de usos de *e-cobertura*.

El reporte de mediciones generado por la aplicación es creado en forma de un archivo de texto con datos estructurados, en donde cada uno de los datos se almacena con su respectivo identificador para su posterior reconocimiento. El archivo de reporte cuenta con siete parámetros: ID, hora del punto obtenido, fecha, latitud, longitud, potencia recibida e identificador de celda.

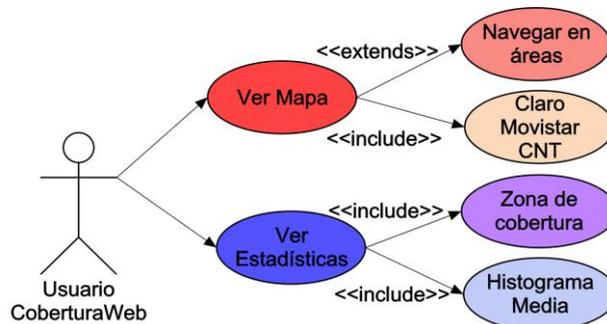


Figura 3. Diagrama de usos de *coberturaWeb*.

#### 4.2. Mapa de Cobertura

Para la generación de *coberturaWeb* se realizó una campaña de medición a modelo *drive test* en toda la ciudad con *e-Cobertura*. La campaña de medición se la elaboró en días sin lluvia, a una velocidad promedio de 40 Km/h. Los datos antes de ser graficados son procesados con el fin de ahorrar el tiempo computacional necesario para presentar los datos por medio del promedio de mediciones en un mismo punto de ubicación. Se utilizó áreas cuadradas de iguales dimensiones, cien metros lineales por lado dado que según mediciones realiza, las cuadras en el centro de Cuenca son de estas dimensiones.

Para hacer uso del mapa, el usuario tiene dos opciones en la aplicación *coberturaWeb*: la primera es ver el mapa de cobertura para GSM y la segunda es observar estadísticas complementarias como la **zona de cobertura**, *histograma* y la *media* de los datos obtenidos (véase Figura 3). El mapa brinda al usuario la capacidad de poder navegar por las diferentes áreas, y observar la potencia promedio de cada una de ellas, donde toda la información presentada dependerá de la operadora móvil que se seleccione.

## 5. RESULTADOS

Una vez finalizada la implementación *e-Cobertura*, se procedió a realizar una serie de pruebas de campo con el fin de evidenciar cualquier error en su ejecución y comprobar que los datos obtenidos sean congruentes con las mediciones realizadas. A continuación se presentan los resultados de la aplicación desarrollada, en la que muestra la potencia obtenida, el indicador de celda, gráficas estadísticas del nivel de la señal recibida e información técnica y de la red (véase Figura 4).



Figura 4. Resultados de *e-Cobertura*.

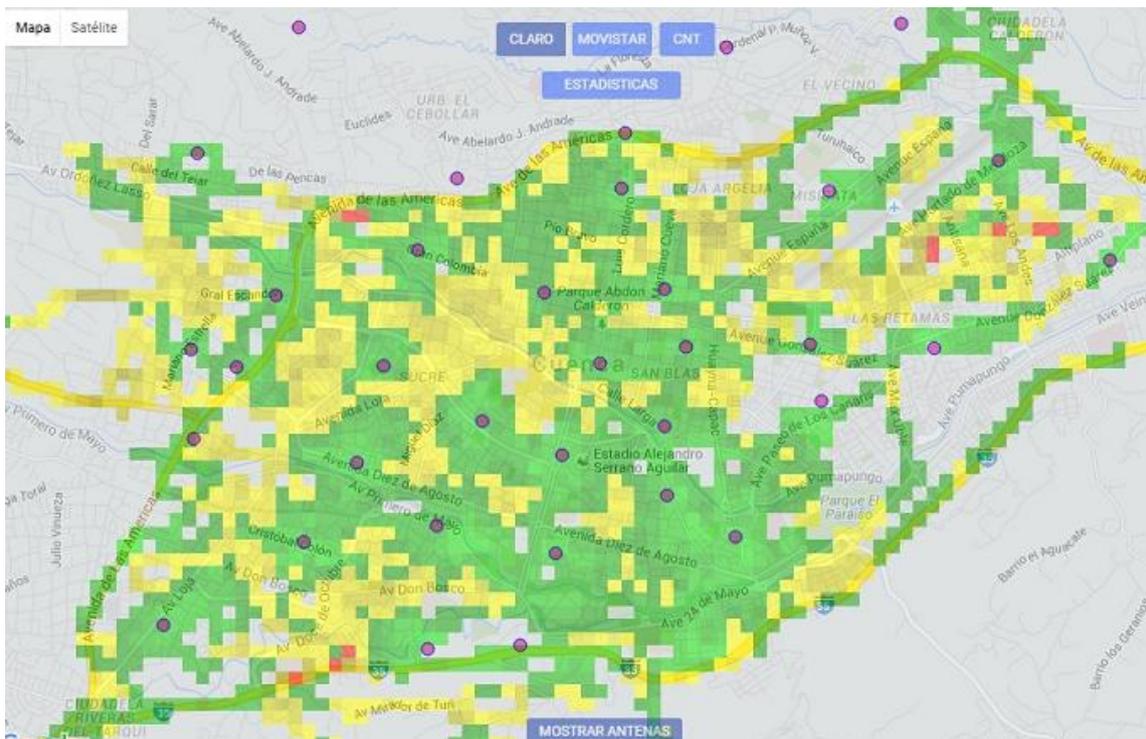


Figura 5. Mapa de Cobertura - Claro.

*e-Cobertura* a futuro se pretende implementar el monitoreo para la tecnología de cuarta generación LTE (ya implementado pero no probado debido a ausencia de esta tecnología en la Ciudad), así como también generar un sistema capaz de reportar automáticamente llamadas caídas, mensajes de texto fallidos y monitoreo de recepción de señal *Wi-Fi* para ambientes *indoor*.

La aplicación web *coberturaWeb* permite al usuario ver el mapa de cobertura y estadísticas generadas para cada una de los operadores móviles, muestra las ubicaciones de las antenas identificadas para Claro (véase Figura 5), Movistar y CNT EP y además permite identificar zonas de baja señal por ciertos obstáculos o desniveles en el terreno. A través de diagramas de pastel se puede apreciar una estimación de la **zona de cobertura** (véase Figura 6), además un histograma (véase Figura 7) y la media de los datos medidos (véase Figura 8). Los resultados mostrados son de una de las operadoras privadas.

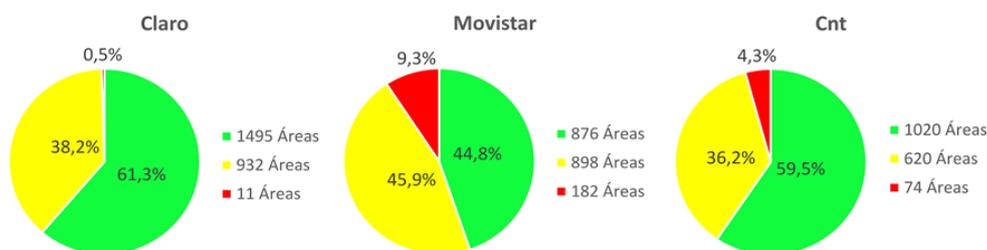


Figura 6. Diagrama de la zona de cobertura: Claro, Movistar y CNT.

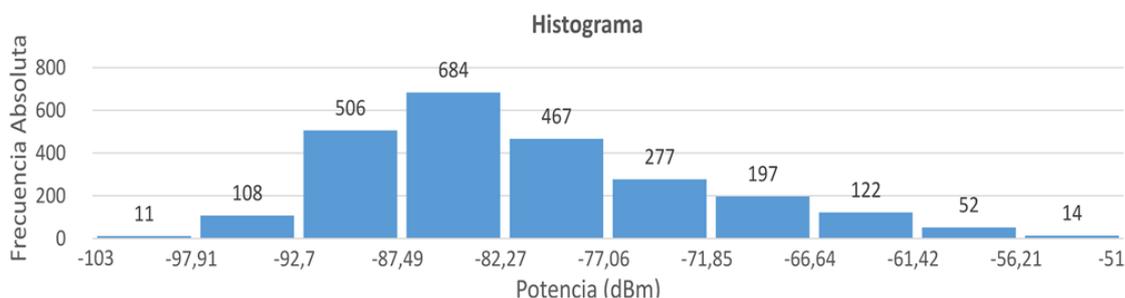


Figura 7. Histograma - Claro.

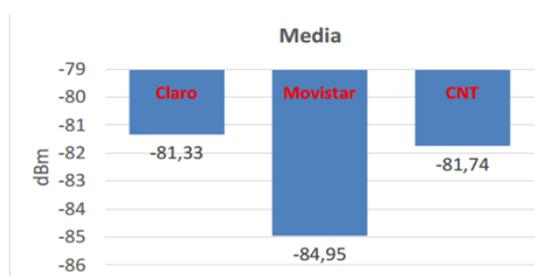


Figura 8. Media para Claro, Movistar y CNT.

Las dos aplicaciones se encuentran bajo la licencia *open source* **GNU GPL v3**, y se encuentran alojadas en *GitHub* en los siguientes enlaces:

- e-Cobertura: <https://github.com/JuanCarlos1990/e-Cobertura>
- coberturaWeb: <https://github.com/JuanCarlos1990/coberturaWeb>

## 6. CONCLUSIONES

*e-Cobertura*, es una herramienta capaz de medir la señal real recibida por los dispositivos utilizados por los usuarios de la telefonía celular, con lo que se puede informar a los abonados de las operadoras móviles sobre su intensidad de señal recibida.

La aplicación *coberturaWeb*, es una herramienta didáctica que permite a los usuarios conocer de una manera gráfica la cobertura celular, pudiendo diferenciar zonas de buena y mala señal. La aplicación permite identificar obstáculos o desniveles en el terreno que causan estas pérdidas de señal. Además debido a las estadísticas presentadas en la aplicación web, se puede identificar qué operadora es la más estable en cuanto a su nivel de señal.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad de Cuenca, en especial a la Facultad de Ingeniería por darnos la oportunidad de ser parte de la misma, incluyendo a sus docentes y al personal administrativo.

## REFERENCIAS

- ARCOTEL, 2015. *Control Ciudadano a la telefonía celular con la aplicación “Señal Móvil Ecuador”*. Disponible en: <http://www.arcotel.gob.ec/control-ciudadano-a-la-telefonía-celular-con-la-aplicación-senal-movil-ecuador>.
- ASCOM, 2010. *TEMS Discovery*. Disponible en: <http://www.ascom.com/nt/en/index-nt/tems-products-3/tems-discovery-11.htm>.
- Consejo Nacional de Telecomunicaciones, 2014. *Resolución TEL-042-01-CONATEL-2014*. ANEXO: Parámetros de Calidad para el Servicio Móvil Avanzado. CONATEL.
- GSM Association Intelligence, 2013. *Economía Móvil América Latina 2013*. GSMA.
- GSM Association Intelligence, 2012. *Understanding 1G vs. 2G vs. 3G vs. 4G, 4G Americas*.
- GSMA Hintermayer, R., 2009. *Radio Monitoring ITU Measurement Request*, Rohde & Schwarz.
- International Telecommunication Union, 2011. *Handbook Spectrum Monitoring*, ITU.
- OpenSignal, 2015. *About OpenSignal: Mission*. Disponible en: <http://opensignal.com/about/>.
- Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, 2014. *Boletín Estadístico del Sector de Telecomunicaciones, Servicio Móvil Avanzado*. SENATEL.