

## Sistema para el análisis del uso y la saturación de recursos en dispositivos móviles

Victoria Pérez Mola<sup>1</sup>, Leandro Temperoni<sup>1</sup>, Lucio Mambrilla Cimillo<sup>2</sup>, Marcos Arias Balaguer<sup>2</sup>, Paula Valania<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ingeniero en Sistemas, Universidad CAECE sede Mar del Plata, Argentina  
me.victoria@gmail.com, tempe2921@gmail.com

<sup>2</sup> Estudiante, Ingeniería en sistemas, Universidad CAECE sede Mar del Plata, Argentina  
luciomambrilla@gmail.com, marcosariasbalaguer@gmail.com

<sup>3</sup> Profesor, Ingeniería en Sistemas, Universidad CAECE sede Mar del Plata, Argentina  
pvalania@gmail.com

**Abstract.** Este trabajo tiene como objetivo construir un sistema que permita analizar el uso de recursos, de hardware y de software, en dispositivos móviles que operan con el sistema operativo Android, para un área geográfica determinada. Se desarrolló una aplicación para Android que, implementando técnicas de crowdsourcing, se encarga de recolectar y enviar los datos a un servidor instalado en instancias EC2, provistas por Amazon Web Services. Una aplicación realiza el análisis y la inserción de los datos recolectados en una base de datos MariaDB distribuida. Por último, se presenta el acceso a los indicadores calculados a través de una aplicación Web que permite contextualizarlos mediante filtros dinámicos. Los indicadores podrán contextualizarse geográficamente según los barrios de residencia de los usuarios. Los indicadores resultarán de interés para conocer la situación del parque actual de dispositivos, su utilización habitual y el nivel de stress soportado por los diferentes recursos de los dispositivos.

**Palabras clave:** Android – Crowdsourcing - EC2 Amazon Web Services - Base de datos distribuida – MariaDB

### 1 Introducción

El constante avance de la tecnología ha llevado a una creciente demanda de servicios móviles de almacenamiento, reproducción, localización, entretenimiento y comunicación; da muestra de ello el dato del Banco Mundial que indica que en 2014 se registraban en la Argentina 159 suscripciones de abonos a telefonía celular por cada 100 habitantes (Grupo del Banco Mundial, 2015).

Estas nuevas tecnologías introducidas por la irrupción de los teléfonos inteligentes, han generado un mercado de usuarios cada vez más exigentes, lo que requiere de una constante revisión de las características de los servicios prestados, tanto por los prestadores de servicios de telefonía como por los fabricantes de dispositivos y desarrolladores de software. Ante la habitualidad con la que se utilizan servicios sofisticados de muy variada índole y muy exigentes desde el punto de vista del consumo de recursos, se plantean diversos interrogantes: ¿Es posible determinar los hábitos de uso

de los usuarios respecto de las aplicaciones más utilizadas? ¿Pueden establecerse las características generales del aprovechamiento de los recursos de hardware y software disponibles? ¿Pueden distinguirse recursos “saturados” en el uso habitual de los dispositivos móviles? ¿Son identificables aquellas aplicaciones que han sido masivamente descargadas pero, escasamente utilizadas?

Por otro lado, en relación a estas cuestiones planteadas, ¿pueden estos indicadores contextualizarse respecto de las zonas geográficas donde residen los usuarios de los dispositivos? ¿Pueden establecerse patrones de uso respecto de diferentes zonas geográficas de residencia? ¿Pueden distinguirse patrones de uso respecto de diferentes bandas horarias?

Desarrollar una completa herramienta que responda a estas preguntas, y, a su vez, permita el acceso público a estos indicadores de uso, ha sido la finalidad básica del presente trabajo. Para su concreción, se han utilizado técnicas de “crowdsourcing” que puede definirse como: “un tipo de actividad en línea participativa en la que una persona, institución, organización sin ánimo de lucro o empresa, propone a un grupo de individuos, mediante una convocatoria abierta y flexible, la realización libre y voluntaria de una tarea. La realización de la tarea, de complejidad y modularidad variable, y en la que la multitud debe participar aportando su trabajo, dinero, conocimiento y/o experiencia, siempre implica un beneficio mutuo. El usuario recibirá la satisfacción de una necesidad concreta, ya sea económica, de reconocimiento social, de auto-estima, o de desarrollo de aptitudes personales, mientras que el crowdsourcer obtendrá y utilizará en su beneficio la aportancia del usuario, cuya forma dependerá del tipo de actividad realizada” (Arolas E., González-Ladrón-De-Guevara E., 2012)

## 1.1 Objetivos

En la concreción de este proyecto se han perseguido los siguientes objetivos:

- 1-Desarrollar la aplicación móvil sobre una plataforma de SW con gran penetración en el mercado.
- 2-Incorporar en la aplicación móvil funcionalidad que resulte atractiva al usuario (sistema de manejo de “cuotas” en el uso de recursos). Ello busca aumentar el número de descargas para ampliar la comunidad de captura, y, de esa forma, el tamaño de la muestra.
- 3-Optimizar la captura de datos sobre el dispositivo, de forma de mejorar la “riqueza” de la muestra.
- 4-Permitir, de forma flexible para el usuario de la aplicación móvil, la configuración de los parámetros que definen la modalidad de transferencia de datos al servidor así como la funcionalidad del “sistema de cuotas”.
- 5-Reducir las posibles perturbaciones que la aplicación móvil introduzca en la experiencia de uso habitual del dispositivo.
- 6-Definir zonas (barrios/parajes) para la localidad de captura de datos de prueba seleccionada (ciudad de Mar del Plata y alrededores), de forma de relacionar a cada usuario de la comunidad de captura, con una zona de residencia.

7-Conseguir eficiencia en la gestión del servidor centralizado, considerando el potencial tamaño de la muestra y buscando tratar eficientemente la probable ocurrencia de fallas.

8-Poner a disposición de un gran número de usuarios interesados, de forma libre y gratuita, los resultados obtenidos.

9-Visualizar, de forma sencilla, comprensible y configurable, las mediciones y resultados obtenidos.

10-Desarrollar e implantar una aplicación Web ágil para el acceso a resultados.

11-Gestionar el proyecto a través de una metodología de desarrollo de SW adecuada.

## 2 Desarrollo

El sistema, en su conjunto, se compone de:

- Aplicación para dispositivos móviles, para versiones Gingerbread 2.3.3 y posteriores, que recolecta la información de cada dispositivo perteneciente a la comunidad de captura y la envía al servidor;

-Servidor para el procesamiento y almacenamiento de los datos en una base de datos distribuida;

-Aplicación Web para la visualización de los indicadores calculados.

### 2.1 Aplicación móvil

#### 2.1.1 Captura de datos crudos

Se realiza desde cada dispositivo móvil, a través de un servicio de captura que recolecta datos desde el momento de la instalación de la aplicación en el móvil hasta su desinstalación. Este servicio toma mediciones a intervalos regulares y “escucha” mensajes del Sistema Operativo, indicando la ocurrencia de algún evento de interés.

**Momentos de captura:** establecidos de acuerdo a la naturaleza del dato a recolectar:

-Cada segundo: para tomar mediciones de modalidad de uso o utilización de recursos que presentan cambios constantes (aplicación foreground, saturación de la memoria, grado de multiprogramación).

-Cada 10 minutos: para tomar mediciones de modalidad de uso o utilización de recursos que presentan una baja frecuencia de cambio (utilización de memoria externa, nivel de batería, volumen de datos enviados y recibidos).

-Ocurrencia de eventos de interés: el Sistema Operativo informa de su ocurrencia en el preciso instante en que el evento sucede ( activación/desactivación de WiFi, Bluetooth, Modo Avión, GPS; instalación, desinstalación, borrado de datos de una aplicación; conexión/desconexión del dispositivo a una fuente de corriente; avisos de batería baja/memoria interna saturada; apagado/encendido de pantalla; bloqueo/desbloqueo del dispositivo; intento de realizar/recibir una llamada; envío/recepción de SMS; cambio orientación del dispositivo horizontal/vertical; cierre de una aplicación por parte del usuario).

En los casos de captura de datos a intervalos regulares, la definición de su duración se estableció luego de sucesivas pruebas, como una solución de compromiso entre el

intento de minimizar las perturbaciones introducidas por la captura y el mínimo aceptable de precisión deseada.

**Zona de referencia:** a fin de determinar la zona de residencia de cada usuario de la comunidad, se procedió de la siguiente forma: durante los tres días posteriores a la descarga de la aplicación en el dispositivo móvil, se registró la ubicación geográfica del mismo una vez por hora, en el horario comprendido entre las 00:00hs y 06:00hs AM. Estos datos se evaluarán posteriormente en el servidor a fin de determinar cuál es el barrio de residencia correspondiente a las coordenadas de referencia.

**Aplicación vigía de cuotas:** esta aplicación tiene como objetivo permitirle al usuario definir cuotas para el control de la posible saturación de los recursos más críticos del sistema, tales como: almacenamiento en memoria interna y externa, porcentaje de CPU utilizado, nivel de batería, volumen de datos transferidos, etc. La aplicación funciona emitiendo alarmas cuando se alcanzan los niveles definidos para cada una de las cuotas configuradas por el usuario; además pueden verse en todo momento los niveles de uso de cada uno de los recursos contemplados.



Figura 1: Aplicación Vigía de Cuotas

Esta funcionalidad fue incluida en la aplicación móvil como componente de interés exclusivo para el usuario, de forma de alentar su adhesión a la comunidad de captura, principio fundamental en la aplicación de técnicas de crowdsourcing.

### 2.1.2 Envío de datos al servidor

Se transferirán datos desde cada dispositivo al servidor en dos tipos de oportunidad diferentes:

Envíos no periódicos

Bajo esta modalidad se transferirán datos relacionados a la configuración del dispositivo: coordenadas de ubicación, datos de alta del usuario, aplicaciones instaladas en el mismo. Estos datos se transferirán al momento de generarse.

Envíos periódicos

Se efectúan diariamente a la medianoche, abarcando los datos de “uso” recolectados el pasado día. La oportunidad de transferencia se definió de acuerdo a las siguientes consideraciones:

-Una transferencia diaria presenta una opción aceptable, considerando el volumen de datos a transferir y el espacio ocupado por esos datos en el dispositivo.

-Se eligió la medianoche como horario de transferencia por la baja tasa de utilización promedio de los dispositivos a esa hora.

Modalidad de la transferencia: preferentemente mediante conexión WiFi, o en su defecto, en el caso que el usuario así lo haya establecido al momento de configurar la aplicación móvil, a través del servicio de datos. Para efectivizar el envío se utiliza una conexión HTTP que accede a servicios PHP en el servidor, encargados de registrar y almacenar los datos recibidos.

Si la transferencia falla, la operación se reintenta cada 15 minutos hasta resultar exitosa.

## **2.2 Servidor**

El servidor se constituye en un nexo entre la aplicación móvil y la aplicación Web; almacenando los datos recabados por la aplicación móvil y realizando los cálculos necesarios de los indicadores a visualizar a través de la aplicación Web.

### **2.2.1 Herramientas utilizadas**

Para implementar la plataforma distribuida se optó por los servicios de Amazon para configurar los nodos de la misma; instancias EC2 (Elastic Cloud Computing), que contemplan la tolerancia a fallos.

Para la configuración de cada instancia se utilizó una AMI (Amazon Machine Image) adecuada. La misma presenta una “imagen” de instancia que actúa como plantilla con el software básico para inicializarla. Para la elección de la AMI indicada se consideraron los siguientes aspectos:

-Compatibilidad con instancias EC2 gratuitas (instancias “micro”).

-Provisión de un sistema operativo “popular”, con una vasta comunidad de utilización y gran variedad de repositorios accesibles.

-Herramientas de software adicionales necesarias para la gestión del servidor.

Se optó por una AMI que cumple con los requisitos planteados en cuanto al sistema operativo pero no brinda herramientas de software adicionales. Esto se debió a que para la definición de una instancia “micro” ninguna AMI elegible combinaba las características deseables en cuanto al sistema operativo y las herramientas de software adicionales necesarias. La AMI elegida provee solamente el sistema operativo Ubuntu Server, versión 14.04 de 64 bits. Cada una de las dos instancias micro configuradas inicialmente se compone de un único CPU virtual con 0.63 GiB de memoria y un disco EBS (Elastic Block Store). A cada una de ellas le fue asignada una dirección IP elástica (IP pública vinculada a una cuenta Amazon que puede asociarse dinámicamente a cualquier instancia de esa cuenta).

Una de las instancias configuradas actúa como servidor Web (Apache 2), manteniendo activo el servicio PHP para la recepción de los archivos desde los dispositivos móviles, y alojando la aplicación Web para el acceso a los indicadores. Por otro lado, ambas instancias alojan la base de datos distribuida MariaDB (versión 5.5), que se ha instalado y configurado a través de Galera para definir el correspondiente clúster.

La provisión de un volumen de almacenamiento EBS por cada instancia configurada constituye un aspecto fundamental en cuanto a la tolerancia y recuperación ante fallos, considerando:

- la baja tasa de falla que presentan estos volúmenes
- la facilidad de replicación automática del volumen en diferentes servidores
- la posibilidad de creación de “snapshots” del contenido de un volumen, lo que permite la “recreación” de un volumen en falla.

Por otro lado el sistema puede recuperarse frente a la falla de una instancia, creando una nueva a partir de la AMI personalizada correspondiente, anexándole a la misma el volumen EBS de la instancia en falla.

Por último, el contar con direcciones IP elásticas también constituye un excelente mecanismo de tolerancia, ya que la dirección IP originalmente asociada a una instancia actualmente en falla, puede asociarse a una nueva instancia de reemplazo sin mayores complicaciones.

### 2.2.2 Base de datos

En la base de datos diseñada se almacena toda la información proveniente de los dispositivos móviles y por otro lado, los indicadores precalculados a ser visualizados a través de la aplicación Web.

Tablas asociadas a los datos provenientes de los dispositivos de captura (ver Figura 2, fin del documento):

Coordenadas: contiene las coordenadas de todos los puntos que delimitan cada uno de los barrios.

Zona: contiene todas las zonas, barrios, de la ciudad de Mar del Plata.

Apps: almacena una lista con todas las aplicaciones que se encuentran instaladas en los dispositivos de la comunidad.

App dispositivo: almacena las aplicaciones instaladas que corresponden a un determinado dispositivo

Mediciones cortas: contiene mediciones (realizadas cada 1 segundo) acerca de usos o recursos que cambian constantemente, como se ha explicado en el apartado “Captura de datos crudos – Momentos de captura - Cada minuto”.

Mediciones largas: almacena mediciones (realizadas cada 10 minutos) que recolectan información acerca de los datos que no cambian con tanta frecuencia, como se ha explicado en el apartado “Captura de datos crudos– Momentos de captura - Cada 10 minutos”.

Mediciones eventos: almacena mediciones que se realizan para todos los eventos que informa el sistema operativo en el momento en el que suceden, como se ha explicado en el apartado “Captura de datos crudos– Momentos de captura – Ocurrencia de eventos”.

Eventos: contiene la definición de todos los eventos y mediciones que se efectúan.

Horas: contiene todas las horas del día y la franja a la que cada hora está asociada.

Franjas: se definen las franjas horarias utilizadas para los filtros de las mediciones (descanso, trabajo y ocio).

Grupo: se definen los grupos que componen las tres bandas tecnológicas: alta, media y baja.

Dispositivo: guarda los datos que identifican a un dispositivo dentro de la comunidad.

Modelo: Almacena los datos correspondientes al modelo del dispositivo.

Para el almacenamiento de indicadores calculados, se definió una tabla por cada indicador con los campos pertinentes de acuerdo a la naturaleza del mismo y los filtros aplicables en su visualización. El cómputo y almacenamiento de estos cálculos se realiza diariamente a través de un “evento” que invoca los procedimientos para tal fin. De esta forma cuando la aplicación Web hace una consulta para mostrar un indicador o aplicar un filtro, ésta se hace directamente sobre la tabla que tiene el indicador precalculado. Esta metodología se aplica para calcular los indicadores que requieren mayor procesamiento de datos, disminuyendo así los tiempos de respuesta en las consultas. Sin embargo, no se resigna precisión, considerando que las actualizaciones de los datos fuente para los cálculos también se realizan con una frecuencia diaria.

### 2.2.3 Aplicación Web

El público general interesado, puede consultar a través de ella aspectos generales relacionados al proyecto, todos los indicadores calculados, así como efectivizar la descarga de la aplicación móvil para formar parte de la comunidad de captura. Para acceder a la misma: URL: <http://ec2-54-201-7-136.us-west-2.compute.amazonaws.com/> o la IP publica 54.201.7.136.

La aplicación presenta un clásico comportamiento cliente-servidor, donde el cliente (browser) compone una solicitud de acceso a los indicadores, definiendo opciones y filtros; ésta es redirigida al servidor que la resuelve completamente y responde.

Para cada indicador se estableció uno de cuatro formatos posibles de visualización:

\*Valores absolutos: valores únicos, calculados en base a la totalidad de datos relevados

\*Mapas: mediante la utilización de la API de Google Maps, pudo aplicarse simbología graduada en color a cada barrio de la ciudad de Mar del Plata y alrededores, de acuerdo a los valores correspondientes del indicador a visualizar. Este formato brinda además la posibilidad de aplicar filtros por rango de fechas de captura (ejemplo Figura 3, fin del documento).

\*Gráficos: los mismos se confeccionaron utilizando la librería Charts.js, que permite la definición de gráficos configurables, animados e interactivos. Este formato brinda además la posibilidad de aplicar filtros por rango de fechas de captura.

\*Rankings: los resultados se muestran en forma de listado. En las filas se ubican las aplicaciones ordenadas en forma descendente según el valor del indicador calculado y en las columnas se ubican los filtros con los que se calculó.

Se definieron distintas alternativas para agrupar los datos de forma de contextualizar el indicador resultante:

\*Por banda tecnológica: cada dispositivo de la comunidad puede pertenecer a una de las tres posibles bandas tecnológicas definidas: gama alta, media o baja. Al no estar estandarizada esta definición se tomaron los siguientes criterios asociados exclusivamente al hardware del dispositivo:

- Gama Baja: procesador de un núcleo.
- Gama Media: procesador de 2 núcleos.
- Gama Alta: procesador de más de 2 núcleos.

\*Por franja horaria: esta agrupación busca establecer la modalidad de uso del dispositivo en base a determinadas horas del día. Se definieron tres franjas:

- Descanso: de 00:00 hs a 7:59 hs.
- Trabajo: de 08:00 hs a 18:59 hs.
- Ocio: de 19:00 hs a 23:59 hs.

\*Por zona: se agrupan los datos según el barrio de la ciudad y alrededores que se estableció como “lugar de residencia” del usuario (esto no implica que la actividad desplegada sobre el dispositivo se halla efectivamente realizado desde esa ubicación).

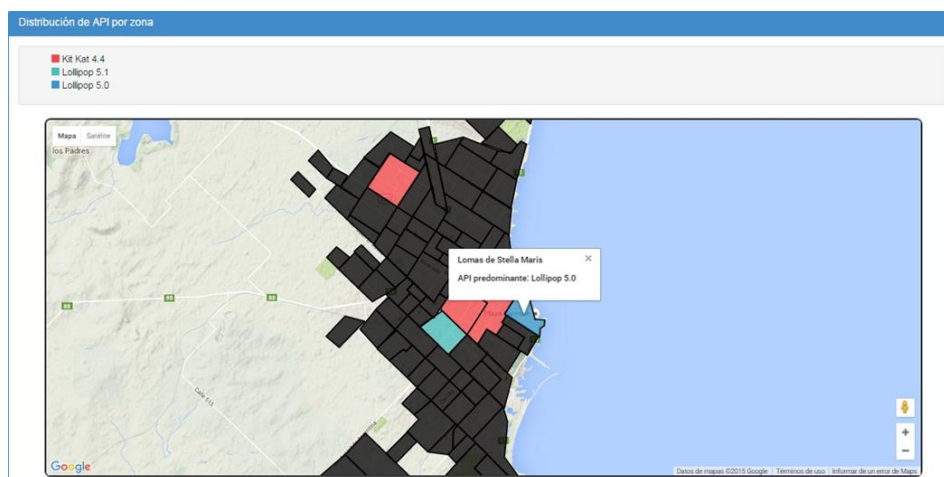


Figura 3: Visualización en formato Mapa

Como interface, la aplicación presenta una barra de menú con las siguientes categorías de indicadores: Inicio (Página Principal), Aplicaciones, Batería, Comunicación, Recursos y Uso.

Inicio:



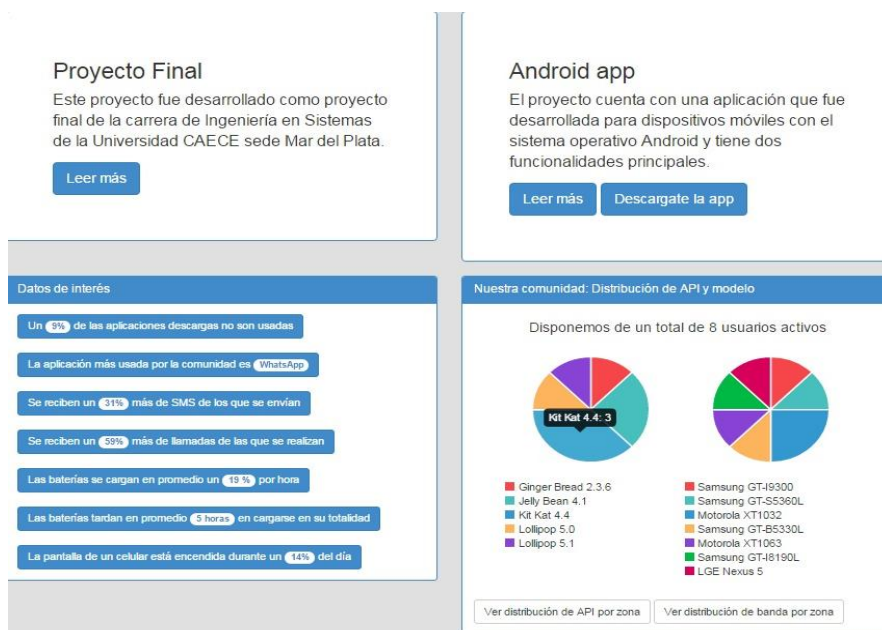


Figura 4: Página de Inicio

Datos presentados:

\*Características generales y detalles de conformación del proyecto,

\*Sección “Datos de interés”: Se presentan valores absolutos calculados en base a la totalidad de datos históricos.

\*Sección “Nuestra Comunidad”: composición de la comunidad de captura, (características de hardware y de software).

Aplicaciones: muestra indicadores relacionados con el uso de aplicaciones, permitiéndose aplicar diferentes filtros y visualizar la información en diferentes formatos de gráfico.

Batería: muestra indicadores relacionados con la carga y descarga de la batería del dispositivo. Los indicadores relacionados a este recurso merecieron una sección aparte debido a la importancia del mismo (en cuanto a la utilización del dispositivo) así como a la gran cantidad de indicadores asociados.

Comunicación: muestra indicadores relacionados a la actividad de envío y recepción de SMS y realización y recepción de llamadas.

Recursos: muestra indicadores relacionados a los recursos del dispositivo y su uso para determinar el grado de saturación de los mismos. Se exceptúa el recurso batería que dispone de una sección propia.

Uso: muestra los indicadores relacionados a los hábitos de uso de los usuarios pertenecientes a la comunidad. Estos indicadores intentan reflejar el nivel de dependencia del usuario respecto del dispositivo en su vida diaria.

### 3 Proceso de implementación de la innovación – Aplicación Móvil

Para la instalación de la aplicación sobre un móvil, debe descargarse el correspondiente paquete APK (application package) desde la página Web del proyecto y ejecutarse. Instalada la aplicación, ésta realizará el registro del nuevo móvil en el servidor, además de comenzar con la recolección de datos. Opcionalmente el usuario podrá agregar como alternativa extra de envío de datos, la opción de “red de datos”, que se suma a la opción WiFi establecida por defecto.

Posteriormente podrán definirse las cuotas de recursos personalizadas y la opción de activación de notificaciones para la funcionalidad de “Vigía de cuotas”.

### 4 Resultados

El diseño, desarrollo e implementación del presente sistema, utilizando como datos de prueba los recabados en la ciudad de Mar del Plata y sus alrededores, ha permitido obtener como resultado, el cálculo de un importante número de indicadores. Los mismos posibilitan, si se cuenta con una muestra estadísticamente “rica”, conocer diferentes aspectos del uso del parque de dispositivos móviles incluidos en la comunidad de análisis del área geográfica de estudio, no sólo en cuanto al uso que se les da a los mismos, sino, además, en referencia al nivel de saturación de los recursos que estos dispositivos experimentan.

Entre los más relevantes indicadores calculados, se pueden mencionar:

#### **Datos generales de interés:**

- \*Relación entre las aplicaciones descargadas y las efectivamente utilizadas.
- \*Aplicación más utilizada.
- \*Proporción entre SMS recibidos y SMS enviados.
- \*Relación entre cantidad llamadas recibidas y cantidad llamadas realizadas.
- \*Tasa de carga de batería: promedio de porcentaje de batería que se carga en una hora de conexión a la red eléctrica.
- \*Tiempo de carga promedio: tiempo promedio de carga al 100% de una batería.
- \*Tasa de encendido de pantalla: tiempo promedio en el que el dispositivo permanece con la pantalla activada.

#### **“Nuestra Comunidad”:**

- \*Distribución de API: proporción de versiones de Android instaladas en los dispositivos.
- \*Distribución de modelo: proporción de diferentes modelos de dispositivos.
- \*Tamaño de la muestra: cantidad de dispositivos que conforman la comunidad.
- \*Distribución de API por zona: sobre un mapa de la ciudad de Mar del Plata y alrededores se muestra, con simbología color, la API predominante para cada barrio.
- \*Distribución de banda tecnológica por zona: sobre un mapa de la ciudad de Mar del Plata y alrededores se muestra, con simbología color, la banda tecnológica, alta, media o baja, predominante para cada barrio.

#### **Aplicaciones:**

- \*Aplicaciones más usadas por zona: sobre un mapa de la ciudad de Mar del Plata y alrededores se muestra, con simbología color, la aplicación más frecuentemente usada en cada barrio.

\*Ranking de aplicaciones usadas por franja horaria: para cada una de las franjas horarias descriptas, se menciona el ranking de aplicaciones más utilizadas.

\*Ranking de las aplicaciones más instaladas por banda tecnológica: para cada una de las bandas tecnológicas definidas, se asocia un ranking de las diez aplicaciones más instaladas.

\*Ranking de las aplicaciones más desinstaladas por banda tecnológica: para cada una de las bandas tecnológicas definidas, se asocia un ranking de las diez aplicaciones más desinstaladas.

**Batería:**

\*Frecuencia diaria de carga por banda tecnológica: muestra la cantidad promedio de conexiones diarias a la red eléctrica para realizar la carga, categorizada por banda tecnológica.

\*Tiempo promedio diario de carga por banda tecnológica: muestra el tiempo promedio diario de conexión a la red eléctrica, categorizada por banda tecnológica.

\*Tasa de descarga: porcentaje promedio de descarga de batería en una hora, categorizada por banda tecnológica.

\*Tiempo de descarga promedio por banda tecnológica: tiempo promedio que tarda la batería en descargarse completamente para cada banda tecnológica.

**Comunicación:**

\*Frecuencia de SMS enviados por banda tecnológica.

\*Frecuencia de SMS recibidos por banda tecnológica.

\*Frecuencia de SMS enviados por zona.

\*Frecuencia de SMS recibidos por zona.

Para estos dos últimos indicadores, sobre un mapa de la ciudad de Mar del Plata y alrededores se muestra, con simbología graduada en color, los barrios donde se registra mayor actividad de este tipo. Los datos asociados a mensajería SMS aportarán también información relacionada a los conocimientos tecnológicos de los usuarios (esta modalidad de comunicación ha sido casi completamente reemplazada por la mensajería gratuita realizada a través de conexiones WiFi y/o de datos para usuarios más entrenados).

Indicadores relacionados con las llamadas telefónicas:

\*Frecuencia de llamadas realizadas por banda tecnológica.

\*Frecuencia de llamadas recibidas por banda tecnológica.

\*Frecuencia de llamadas realizadas por zona.

\*Frecuencia de llamadas recibidas por zona.

**Recursos:**

\*Grado de multiprogramación por banda tecnológica: muestra el promedio del grado de multiprogramación (cantidad de procesos cargados en memoria) de cada banda tecnológica.

\*Ranking del uso del procesador por aplicación, por banda tecnológica: por banda, se indica un listado descendente de las diez primeras aplicaciones en cuanto a la demanda de recurso procesador.

\*Porcentaje promedio de utilización de memoria interna por banda tecnológica: por banda, se indica el porcentaje promedio de memoria interna utilizada.

\*Porcentaje promedio de utilización de memoria externa por banda tecnológica: por banda, se indica el porcentaje promedio de memoria externa utilizada.

\*Porcentaje promedio de utilización de memoria RAM por banda tecnológica: por banda se indica el porcentaje promedio de memoria RAM utilizada.

\*Porcentaje promedio de utilización de CPU por banda tecnológica: por banda, se indica el porcentaje promedio de CPU utilizada.

**Uso:**

\*Frecuencia diaria promedio de apagado, por banda tecnológica: por banda, se muestra la cantidad promedio de veces que en el día el usuario ha apagado completamente el dispositivo. Indicador del nivel de dependencia que el usuario haya generado con el mismo.

\*Tiempo diario promedio de pantalla encendida en función de las diferentes franjas horarias: para cada franja definida, se muestra el tiempo promedio total que el usuario ha permanecido interactuando con el dispositivo.

\*Tiempo diario promedio de pantalla apagada, en función de las diferentes franjas horarias: para cada franja definida, se muestra el tiempo promedio total que el usuario no ha interactuando con el dispositivo.

## 5 Conclusiones y Trabajos Futuros

Mediante este proyecto se ha conseguido desarrollar un sistema completo que permite el cálculo y acceso gratuito a indicadores relacionados al uso de recursos de hardware y de software de una comunidad de dispositivos móviles que operan con Android.

El desarrollo del sistema ha implicado la integración de múltiples herramientas tecnológicas: sistema operativo Android, servicios provistos por Amazon Web Services, bases de datos distribuidas, en particular la elección y utilización de MariaDB con Galera Clúster, API de Google Maps, servidor web Apache, servicios PHP, entre otras. Esta integración convierte al presente trabajo en un interesante proyecto de final de carrera de grado de Ingeniería en Sistemas.

Los datos de prueba capturados hasta el momento, no constituyen una muestra representativa desde el punto de vista estadístico, por lo que no resulta todavía correcto analizar los resultados obtenidos; sin embargo, el objetivo del proyecto, dado por el desarrollo de la herramienta, se entiende ampliamente cumplido. A continuación se describen los motivos por los cuales se consideran satisfechos los objetivos planteados en la "Introducción":

1-Elegir, para la aplicación móvil, una plataforma con gran penetración en el mercado; Android es el sistema operativo con mayor penetración en el mercado y la aplicación está disponible para cualquier versión vigente, desde Gingerbread 2.3.3. (Ibarreche, José, 2012).

2-Funcionalidad atractiva en la aplicación móvil para el usuario; logrado mediante el "Vigía de cuotas".

3-Optimización de la captura de datos para aumentar la "riqueza" de la muestra; se ha evaluado empíricamente el maximizar la periodicidad de la toma de datos, sin presentar perturbaciones ostensibles en la experiencia de uso.

4-Aplicación móvil configurable tanto para el manejo de la funcionalidad "vigía" de cuotas como para seleccionar preferencias del usuario respecto de la forma de transferencia de datos al servidor (WiFi/servicio de datos).

5-Reducción, en la aplicación móvil, de perturbaciones detectables; además de lo presentado en el punto 3, se ha elegido el horario nocturno para realizar las transferencias de datos al servidor.

6-Definir zonas (barrios/parajes): se ha podido realizar satisfactoriamente la “zonificación” del área geográfica de estudio, de acuerdo a la operatoria descripta.

7-Eficiencia y tolerancia a fallas en la gestión de los servicios centralizados; concretados a través del precálculo diario de indicadores complejos y la utilización de servicios de tolerancia brindados por Amazon.

8-Poner los resultados libremente a disposición de un gran número de usuarios a través del desarrollo de una aplicación Web de acceso libre.

9-Visualización sencilla y configurable de resultados; formatos de visualización simples (mapas, gráficos y rankings), obtenidos a partir de datos “seleccionables” por el usuario.

10-Aplicación Web ágil; se ha conseguido al trabajar con indicadores precalculados para los que ofrecían mayor complejidad de procesamiento.

11-Desarrollo de SW guiado por una metodología adecuada: se optó por la metodología ágil SCRUM, apropiada dado lo variable de los requerimientos y las soluciones y la flexibilidad en la definición de tiempos.

La herramienta desarrollada resultará de sumo interés en los siguientes ámbitos:

\*Fabricantes de dispositivos: permite prever cuán inminente puede resultar un recambio tecnológico, en base a la saturación actual de los recursos. Permitirá identificar recursos con niveles de saturación críticos, de forma de priorizarlos en la producción de nuevas generaciones de dispositivos. Permitirá conocer el grado de penetración propia en el mercado, facilitando el desarrollo de estrategias de marketing orientadas a determinados estratos socio-económicos donde predominen determinados hábitos de uso.

\*Compañías prestadoras de servicio de telefonía: podrán priorizar la mejora de los servicios más demandados por los usuarios en su comportamiento de uso habitual.

\*Desarrolladores de aplicaciones móviles: al identificarse las funcionalidades preferidas por los usuarios, podrán desarrollarse de forma acorde nuevas aplicaciones o modificar aplicaciones existentes.

\*Usuarios de teléfonos móviles: contarán con valiosa información acerca de la saturación de recursos para sus funcionalidades favoritas, en distintas bandas tecnológicas, lo que les permitirá evaluar diferentes alternativas a la hora de adquirir nuevo equipamiento.

\*Interesados en realizar análisis sociales, económicos y/o culturales de comportamiento de usuarios respecto de la utilización de la tecnología. Estos estudios podrán realizarse al encontrarse georreferenciados los dispositivos de la comunidad, en base a la ubicación de residencia.

## Referencias

1. Arolas E., González-Ladrón-De-Guevara, E.: Towards an integrated crowdsourcing definition. *Journal of Information Science*, vol. 38. No. 2 (2012) 189-200
2. Grupo del Banco Mundial, 2015 <http://datos.bancomundial.org/indicador/IT.CEL.SETS.P2>
3. Ibarreche, José: Creación de una plataforma de desarrollo para aplicaciones Android. Universidad Pontificia Comillas (2012)