Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica
Página principal: www.riiit.com.mx

Estudio experimental en la gestión del consumo de batería en teléfonos inteligentes

Experimental study in the management of battery consumption in Smart phones

Martínez-Moreno, P., Vergara-Camacho, J.A., Romero-Hernández, K.

Facultad de Contaduría y Administración; Universidad Veracruzana, Campus Coatzacoalcos. Av. Universidad Km. 7.5, Coatzacoalcos, Veracruz.
pmartinez@uv.mx, jvergara@uv.mx, katia_7020@hotmail.com

Innovación tecnológica: Determinar la configuración idónea en equipos celulares para optimizar la duración de su batería.

Área de aplicación industrial: Telefonía móvil.

Recibido: 30 Noviembre 2015.
Aceptado: 15 Noviembre 2016.

Resumen

La funcionalidad de los teléfonos móviles ha cambiado mucho en los últimos años, los primeros dispositivos eran utilizados para realizar llamadas y posiblemente enviar mensajes de texto, pero actualmente han combinado la funcionalidad de un dispositivo de comunicación con las capacidades de un equipo de cómputo, dando lugar a lo que conocemos como teléfono inteligente. Sin embargo, este desarrollo ha aumentado el consumo de batería de estos dispositivos, provocando tiempos reducidos y cada vez menos predecibles en cuanto a la duración de la batería. Con base en lo anterior, este trabajo presenta observaciones sobre el consumo de energía de los teléfonos inteligentes más populares entre los estudiantes del programa Sistemas Computacionales Administrativos de la Universidad Veracruzana campus Coatzacoalcos, además de utilizar los datos obtenidos para proporcionar recomendaciones optimizando así, el consumo de energía y por lo tanto extender el tiempo de vida de la batería evitando el desecho de las mismas.

Palabras clave: batería, configuración de componentes, consumo, los teléfonos inteligentes, el tiempo de uso.

Abstract

The functionality of mobile phones has changed a lot in recent years, the first devices were used to make calls and possibly send text messages, but currently it has combined the functionality of a communication device with the capabilities of a computer equipment, giving rise to what is known as a smart phone, however, this development has increased the battery consumption of these devices, causing shorter period of times and increasingly unpredictable in terms of the battery life. This research is based on an experimental study of quantitative approach, it presents an analysis of the energy consumption of smartphones according to the configuration of its components and the time of use. The study was designed to be performed in the most popular telephone equipment among the students of the Administrative Computer Systems program at the Universidad Veracruzana, campus Coatzacoalcos. Finally, with the data obtained from the experiment, recommendations are provided thus optimizing energy consumption to help to extend the lifetime of the battery avoiding the waste of the same or even from the same mobile phone.

Keywords: battery, component configuration, consumption, smartphones, usage time.

1. Introducción

"Los teléfonos y otros dispositivos móviles tienen un recurso en común que es imprescindible para poder disfrutar de todos sus beneficios: la vida de la batería. Una vez que la batería está vacía, el dispositivo es inútil hasta que esta se repone" [1].

Los dispositivos móviles han cambiado mucho en los últimos diez años, hoy en día presentan mejoras en la capacidad de procesamiento, capacidad de almacenamiento, pantallas más grandes y brillantes, gráficos, conectividad de alta velocidad, además de contar con más utilerías como, cámara de reproducción de video, navegación web, descargas multimedia, juegos, etc.

Así mismo el rápido desarrollo de innovadoras aplicaciones ha provocado que los dispositivos sean cada vez más útiles e importantes en situaciones cotidianas [2]. Sin embargo, muchas de estas aplicaciones se caracterizan por la transmisión de datos y una pantalla siempre activa.

Esta evolución ha aumentado el consumo de la batería, provocando tiempos reducidos y menos predecibles en cuanto a la duración de la batería.

Es donde toma importancia el uso y configuración al que sometemos nuestros teléfonos móviles. Por ejemplo: modo avión, brillo automático o modo ahorro de energía, que desactiva las interfaces inalámbricas, tales como Bluetooth y WiFi cuando los niveles de batería son bajos.

Un requisito fundamental de la gestión eficaz y eficiente de la energía es una buena comprensión de cómo y dónde la energía se utiliza [1]. Por eso es necesario evaluar y comparar los dispositivos y aplicaciones en la base a su rendimiento y consumo de energía. Esto es importante para el ahorro de energía y prolongar la vida útil de la batería [3]. Actualmente los usuarios esperan y exigen que sus teléfonos inteligentes maximicen el rendimiento mientras consumen el mínimo de energía posible [4].

Sin embargo, los avances en la tecnología de las baterías no están experimentando la misma curva de crecimiento como otras tecnologías, tales como el poder de procesamiento y almacenamiento. La capacidad típica de la batería de los

Smartphone se encuentra entre los 1.500 mAh [5], capacidad que está limitada por el tamaño y peso del dispositivo y que sólo está creciendo un 5% anualmente [4].

Evolución de los teléfonos celulares

El teléfono celular tiene su origen a principios de la Segunda Guerra Mundial, donde surge la necesidad de comunicarse a distancia, razón por la que Motorola crea para uso militar el Handie Talkie H12-16, equipo que permitía la comunicación a través de ondas de radio que no superaban los 600 KHz [6].

Pero no es hasta 1983 que Motorola lanza al mercado el Motorola Dynatac 8000x considerado como el primer teléfono móvil comercial. Este dispositivo medía 33 x 4 x 9 centímetros, pesaba 900 gramos. La batería, tenía una duración de una media hora en conversación y ocho horas en espera, con un tiempo de carga de 10 horas [12].

La segunda generación (2G) en 1990, incorpora diferentes tecnologías para mejorar las comunicaciones móviles. Esta generación dio paso a la tecnología digital lo que permitió a los fabricantes diseñar dispositivos cada vez más compactos y atractivos. Los dispositivos redujeron su tamaño y los precios se volvieron accesibles para los consumidores por la competencia entre diferente compañía y su fabricación con materiales más económicos. Así mismo incorporaron los servicios de mensajes de texto (SMS) y mensajes multimedia (MMS) [7].

La tercera generación (3G) en el año 2001, ofrece nuevos servicios como, mensajería instantánea, video llamadas, descargas multimedia, con acceso a internet de manera inalámbrica. Los nuevos protocolos soportan las altas velocidades de transmisión de datos [6].

Tipos de baterías

Los dispositivos celulares necesitan de una batería para su funcionamiento y al igual que estos presentaban evolución con el paso del tiempo, la tecnología de las baterías hizo lo propio. Las baterías de Níquel Cadmio, (NiCd) presentaban baja capacidad de almacenamiento, vida útil corta y efecto memoria. Esto sucedía cuando se recargaba la batería antes de estar completamente descargada, provocando que la batería recordara su nivel anterior de carga, impidiendo que se recargara a su capacidad máxima, además de contener metales tóxicos dañinos para el medio ambiente [8].

Las baterías de Níquel Cadmio comenzaron a ser sustituidas por las baterías de Níquel e Hidruro Metálico (NiMH) que sufrían menos del efecto memoria, pero presentan menos ciclos de carga, es decir, cada vez que la batería se descarga y se recarga por completo [9] y no contenían metales tóxicos para el medio ambiente.

Ambos tipos de baterías al estar en proceso de carga durante un largo periodo podía dañarlas por sobrecalentamiento [10].

Actualmente las baterías de ion-litio vienen preparadas desde fábrica para interrumpir la carga tan pronto como están completamente cargadas. Tampoco presentan el efecto memoria, cuentan con mayor capacidad para hacer frente a la demanda de energía de los teléfonos inteligentes más recientes y no son dañinas para el medio ambiente, por lo que se han convertido en el estándar de baterías para teléfonos móviles. Sin embargo, presentan susceptibilidad a la temperatura por lo que deben operar entre los 5° y 45° C. Se debe tener cuidado con estas baterías ya que están fabricadas con materiales inflamables y podrían incendiarse o inclusive explotar cuando la temperatura de la batería se eleve anormalmente [11].

Por otro lado, las baterías de Polímeros de Litio (Li-Po), químicamente similares a las baterías Li-ion, proporcionan la misma

capacidad de almacenamiento en presentaciones más ligeras y delgadas [12].

¿Por qué se descarga la batería de un celular?

Las capacidades de las baterías de los teléfonos móviles se miden en miliamperios por hora (mAh), una medida de la cantidad de energía almacenada en una batería [13].

Actualmente los teléfonos móviles más populares cuentan con baterías que oscilan entre los 1200 y 1800 mAh.

Además, se debe considerar que los teléfonos cuentan con diferentes componentes para su funcionamiento:

- Procesador (CPU): Al igual que una computadora, los teléfonos inteligentes cuentan con un procesador que se encarga de ejecutar las tareas que se le piden al dispositivo móvil. El CPU funciona a distintas velocidades y debe ajustarse de acuerdo a las necesidades de cada tarea. Una de las tareas que somete a un trabajo intenso al CPU son los juegos, que hacen que el CPU aumente su velocidad y por lo tanto el consumo de energía.
- Chip grafico (GPU): Encargado de procesar gráficos y animaciones.
- Pantalla: Por lo general, de cristal líquido o de LED, es la interfaz de comunicación con el usuario, permite visualizar las aplicaciones y funciones del móvil.
- Antena: Capta y amplifica las señales de la red.
- Micrófonos y altavoces: Permiten al usuario utilizar su voz, y escuchar la voz del contacto con el cual establece comunicación telefónica.
- Componentes adicionales: Entre los componentes adicionales con los que cuenta un teléfono móvil se encuentran las antenas WiFi para comunicación a internet, dispositivos GPS, grabadores de audio, tarjetas de memoria para el almacenamiento de datos, y otros agregados para facilitar el uso del dispositivo.

Estos componentes pueden consumir diferentes cantidades de energía de acuerdo a las tareas que se estén ejecutando en ese momento. Entonces ¿Cuál es el punto de tener un dispositivo muy potente con una vida corta de batería?.

La duración de la batería se ha convertido en un problema de la reciente generación de teléfonos móviles, ya que resulta impredecible medir el tiempo de duración de la misma. Este tiempo depende del uso al que los usuarios someten sus dispositivos, es por eso que los usuarios están acostumbrados a llevar el cargador de sus equipos con ellos y recargar sus dispositivos al menos una o más veces al día.

En un intento de resolver el problema de la duración de la batería de los teléfonos inteligentes se han incorporado características y modos que buscan disminuir el consumo de energía de la batería; algunas de estas características son: brillo automático y ahorro de energía [14].

2. Materiales y equipos

Metodología

Este trabajo de investigación se basa en un estudio experimental de enfoque cuantitativo.

Un experimento, con un sentido científico del término se refiere a un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestas causas-antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes

(supuestos efectos-consecuentes), dentro de una situación de control para el investigador. [15]. Ver figura 1.

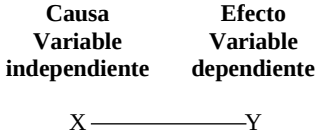


Figura 1. Esquema de experimento.
(Fuente: Hernández Sampieri et. Al, 2010).

Un experimento se lleva a cabo para analizar si una o más variables independientes afectan a una o más variables dependientes y por qué lo hacen. El problema de estudio se simplifica a dos variables independientes y a una variable dependiente. En un experimento, la variable independiente resulta de interés para el investigador, ya que hipotéticamente será la causa que produce el efecto supuesto.

En este estudio experimental se tomaron marcas de teléfonos, sometiendo a los dispositivos a un uso típico: Navegación, Juegos, Reproducción de video y máximo rendimiento del CPU bajo diferentes configuraciones de los componentes (WiFi, Bluetooth, brillo de pantalla) y registrar el porcentaje de batería cada determinado período de tiempo.

Variables independientes (X): configuración de equipo y tiempo en horas.

Variable dependiente (Y): batería del equipo.

Universo de estudio

Población: Son todos los teléfonos celulares que usan los estudiantes del programa educativo de Licenciatura en Sistemas Computacionales Administrativos (LSCA).

La muestra consta de las marcas de teléfonos inteligentes más usados por los estudiantes de LSCA. Para determinar ello se aplicó una encuesta de opinión a los estudiantes para identificar las marcas más comunes y esos equipos se sometieron al estudio, cada uno con características propias. Ver tabla 1.

Tabla 1. Características de los teléfonos inteligentes estudiados.

Marca	Modelo	Pantalla		CPU	Batería		Versión de Android
		Tamaño	Resolución		Tipo	Capacidad	
Motorola	Xt1032 (Moto G)	4.5”	720x1184	Qualcomm Snapdragon 400 quad-core @1.2 GHz	Li-ion	2017 mAh	Lollipop 5.0
Samsung	SGH-i337M (SG S4)	5”	1080x1920	4xQualcomm Krait 300 @1.9GHz	Li-ion	2600 mAh	Lollipop 5.0
TCT	Alcatel One Touch 6030	4,6”	540x960	2xARM Cortex-A9 @1.2GHz	Li-ion	1800 mAh	Jelly Bean 4.1.1
Sony	Xperia P LT22	4”	540 x 960	Nova Thor U8500 dual-core @1GHz	Li-ion	1305 mAh	Gingerbread 2.3

(Fuente: Elaboración propia, 2015).

Software de medición en el experimento

Se utilizaron aplicaciones gratuitas disponibles en la Play Store. La aplicación utilizada para obtener las características de los dispositivos fue AIDA64 (antes Everest de Lavalys y AIDA32), programa de computadora el cual proporciona información de los componentes hardware del mismo, mientras que, para someter el

dispositivo a diversas tareas, Antutu Tester, aplicación popular para el análisis del hardware en Android, Smartphone y Tablet, que muestra información detallada de todo el sistema.

3. Métodos experimentales

Un experimento se lleva a cabo para analizar si una o más variables independientes afectan a una o más variables dependientes y por qué lo hacen. La variable independiente resulta de interés para el investigador, ya que hipotéticamente será una de las causas que producen el efecto supuesto. Para obtener evidencia de esta supuesta relación causal, el investigador manipula la variable independiente y observa la dependiente.

Manipular es sinónimo de hacer variar o asignar distintos valores a la variable independiente. La variable dependiente no se manipula, sino que se mide para ver que el efecto que la manipulación de la variable independiente tiene en ella. Ver figura 2.

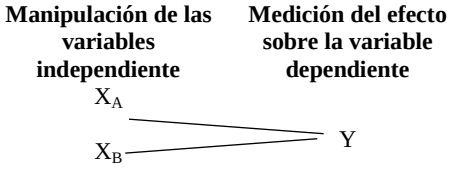


Figura 2. Medición de variable dependiente. (Fuente: Hernández Sampieri et. Al, 2010).

La letra "X" suele utilizarse para simbolizar una variable independiente o tratamiento experimental, las letras o subíndices "A, B…" indican distintos niveles de variación de la independiente y la letra "Y "se utiliza para representar una variable dependiente.

Objetivo

Analizar el uso de teléfonos inteligentes a partir de la configuración de los componentes y su tiempo de uso, con la finalidad de realizar recomendaciones para prolongar la vida de la batería y en consecuencia del mismo equipo telefónico.

Objetivos específicos

- Examinar los diferentes tiempos de descarga de los teléfonos inteligentes con la aplicación gratuita Antutu Tester.
- Describir a través de cuadros comparativos y gráficas los resultados que tanto influye la configuración de los componentes de los teléfonos móviles en el tiempo de descarga de la batería.
- Emitir resultados y recomendaciones de uso que lleven a concluir cual es la configuración idónea para un óptimo desempeño en nuestro teléfono inteligente y así prolongar la duración de la batería.

El experimento consistió básicamente en medir cuatro diversas marcas de teléfonos inteligentes. Motorola, Samsung, TCT y Sony. Y las pruebas fueron a partir de:

1. Configuración de sus componentes: brillo de la pantalla al 100% y con las funciones GPS, WiFi y Bluetooth activadas en un tiempo de uso de 3 horas continuas.
2. Configuración de sus componentes con brillo de la pantalla al 25% y con GPS, WiFi y Bluetooth desactivadas, en un tiempo de uso de 3 horas continuas.

   En ambos casos se recopilaron datos sobre el porcentaje de la batería.

4. Resultados

Se analizó el porcentaje de la batería, dos y tres horas, para los cuatro modelos de teléfonos móviles, ejecutando en cada dispositivo la aplicación Antutu Tester. Con esta aplicación se sometió a los teléfonos a diversos escenarios de uso habitual (reproducción multimedia, navegación, juegos y máximo rendimiento del CPU) de manera automática. Comenzando con la

configuración de brillo de pantalla al 100%, GPS, Bluetooth y WiFi activados, los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Batería con brillo de pantalla 100%, GPS y Bluetooth activados.

Modelo	% de batería en relación a las horas de uso		
	1hr	2hrs	3hrs
Moto G	83	64	43
SG S4	64	45	36
OneTouch	43	15	0
Xperia P	60	34	0

(Fuente: Elaboración propia, 2015).

Es posible observar que el equipo Moto G en condiciones óptimas de funcionamiento presenta una mayor resistencia a la descarga de la batería, en contra parte, los equipos OneTouch y Xperia P, estos se apagaron antes de cumplir el último intervalo de tiempo.

Una vez analizados los datos arrojados por los dispositivos con brillo de pantalla al 100%, GPS, WiFi y Bluetooth activados, los porcentajes de batería fueron menores en comparación a los porcentajes obtenidos con estas funciones desactivadas y menor porcentaje de brillo en pantalla, como se observa en la Tabla 3.

Tabla 3. Batería con brillo de pantalla 25%, GPS y Bluetooth desactivados.

Modelo	% de batería en relación a las horas de uso		
	1hr	2hrs	3hrs
Moto G	86	72	44
SG S4	77	59	29
OneTouch	74	55	23
Xperia P	63	45	24

(Fuente: Elaboración propia, 2015).

Al mantener desactivadas las funciones y un nivel bajo de brillo es posible conservar el porcentaje de batería, a más estable o elevado procurando así extender el tiempo de vida de los dispositivos.

En la Tabla 4, se muestra el tiempo en horas que le tomó a cada dispositivo en descargarse hasta apagarse bajo las condiciones ya preestablecidas.

Tabla 4. Tiempo en horas de la duración de batería.

Modelo	Brillo 25% GPS y Bluetooth desactivados	Brillo 100% GPS, Wifi, Bluetooth activados
Moto G	04:57	04:18
SG S4	04:00	03:31
OneTouch	03:24	02:42
Xperia P	03:44	02:56

(Fuente: Elaboración propia, 2015).

En ella se puede observar que el equipo con mayor duración de su batería, en condiciones iguales fue el Moto G a pesar de contar con una batería de 2017 mAh, superando así al SG S4 con una batería de mayor capacidad a los dispositivos estudiados. En contrario a que este equipo contaba con una pantalla de mayor resolución y mayor calidad, característica que exige un mayor consumo de energía.

Por otro lado, el dispositivo que llegó a descargarse en menor tiempo fue el OneTouch igualmente a pesar de no ser el equipo con un batería de menor capacidad.

Esto contrasta las especificaciones técnicas sobre la batería que los fabricantes hacen sobre sus diferentes dispositivos, por ejemplo, según el sitio web de Samsung, el Samsung Galaxy S4 es capaz de permanecer en standbye por un máximo de 370 horas, reproducción de video de 11 horas, reproducción de audio hasta de 62 horas y

navegación en internet (Wi-Fi) hasta 10 horas [16] pero de acuerdo a las pruebas realizadas sólo puede mantenerse por 4:05 horas en promedio bajo uso habitual.

Este patrón es común en otros smartphones, la mayor parte del tiempo esto dependerá de las funciones activadas en el dispositivo como conexiones 3G, Bluetooth, WiFi y del uso en general al que el usuario somete a su teléfono móvil [17].

5. Conclusión

Actualmente los usuarios han desarrollado ideas inexactas acerca de cómo se descarga la batería de sus teléfonos celulares, pareciera no tomarse en cuenta la configuración de sus componentes a la que tienen sometidos a sus equipos. De ahí la importancia de este estudio, de difundir a través de una serie de pruebas y evidencias que de manera inconsciente en ocasiones los usuarios aceleran el proceso de descarga de las baterías en sus equipos, reduciendo así el tiempo de uso de los mismos y a la vez volviéndose más dependientes del cargador de energía.

Al analizar el tiempo de uso con cierta configuración activada y equipo Moto G de los estudiados, es el que perdura más tiempo su batería, en contra parte el dispositivo que llegó a descargarse en menor tiempo fue el OneTouch.

Se ratifica, la recomendación generalizada de otros estudios, el desactivar el GPS, Bluetooth, WiFi y reducir el brillo de la pantalla, ayuda a largar la vida útil de equipo telefónico.

Es necesario mencionar la existencia de diversas aplicaciones gratuitas: Antutu Tester, que permiten un monitoreo adecuado de la batería, las cuales proporcionan información sobre donde se ha ido el mayor porcentaje de la misma, para así tomar medidas correctivas.

Además, para el caso que una aplicación está consumiendo energía considerable al usarla por periodos cortos de tiempo, la mejor opción sería desinstalarla y buscar otra que se adapte mejor a nuestras necesidades y así, lograr que dicho equipo se mantenga el mayor tiempo posible con vida y no se vea mermada su funcionalidad a consecuencia de una batería agotada.

Cabe señalar, que ya se ha trabajado bajo la misma línea de investigación en donde se tomarán equipos portátiles comunes por estudiantes. El experimento consistió en medir el calentamiento del equipo portátil (laptop) sobre diversas superficies la temperatura que alcanzan sus componentes: tarjeta madre, tarjeta de video, procesador y disco duro.

Actualmente existen organismos que se encargan del estudio de las baterías, por ejemplo, uno de ellos es la Battery University desde 2003 fundada por Isidor Buchmann de Suiza. A partir de aquí se pueden retomar investigaciones en beneficio del medio ambiente.

6. Referencias

[1] Carroll, A., & Heiser, G. (2010, June). *An Analysis of Power Consumption in a Smartphone*. Obtenido de USENIX annual technical conference (Vol. 14).

[2] Korhonen, K. (2011). *Predicting mobile device battery life* (Doctoral dissertation, Aalto University). Obtenido de: http://lib.tkk.fi/Dipl/2011/urn100426.pdf .

[3] Ding, F., Xia, F., Zhang, W., Zhao, X., & Ma, C. (2011). *Monitoring energy consumption of smartphones.* En Internet of Things (iThings/CPSCom), 2011 International Conference on and 4th International Conference on Cyber,

Physical and Social Computing (pp. 610-613). IEEE.

[4] Metri, G. (2014). *Energy efficiency analysis and optimization for mobile platforms.* Obtenido de Wayne State University Dissertations: http://digitalcommons.wayne.edu/oa_dissertations/970/.

[5] Corey, G. P. (2010). *Nine Ways To Murder Your Battery (These Are Only Some Of The Ways)*. Obtenido de Battcon'10:http://www.battcon.com/PapersFinal2009/CoreyPaper2009FINAL_13.pdf.

[6] Garcia, C., & Osorio Díaz, J. (2011). *Monografia análisis comparativo de las principales tecnologías para envío y transmisión de datos en redes móviles para el año 2016.* Obtenido de Universidad Tecnológica de Pereira: http://hdl.handle.net/11059/2472.

[7] Ocaña, S. (2002). Telefonía celular (móvil). Funcionamiento y generaciones. *Historia*, 12-268.

[8] Pérez, V., & Carlos, J. (2003). *Carga rápida de baterías de Ni-Cd y Ni-MH de media y gran capacidad. Análisis, síntesis y comparación de nuevos métodos*.

[9] Electrónica, A. (2008). *¿Que es un Ciclo de una Bateria?* Obtenido de Ayuda Electrónica: http://ayudaelectronica.com/que-es-un-ciclo-bateria/.

[10] Zhang, L., Tiwana, B., Qian, Z., Wang, Z., Dick, R. P., Mao, Z. M., & Yang, L. (2010). Accurate online power estimation and automatic battery behavior based power model generation for smartphones. In Proceedings of the eighth IEEE/ACM/IFIP international conference on Hardware/software codesign and system synthesis (pp. 105-114). ACM.

[11] Ichimura, M. (2007, September). *The safety characteristics of lithium-ion batteries for mobile phones and the nail penetration test*. En Telecommunications Energy Conference, 2007. INTELEC 2007. 29th International (pp. 687-692). IEEE.

[12] UIT. (2010). *Baterías para dispositivos portátiles basados en las TIC*. Obtenido de Actualidades de la UIT: http://www.itu.int/net/itunews/issues/2010/03/38-es.aspx.

[13] Young, J. (2009). Una guía práctica sobre tecnologías de pilas para redes de sensores inalámbricos. *Revista española de electrónica*, (651), 52-54.

[14] Malik, M. Y. (2012). Power consumption analysis of a modern smartphone. Obtenido de: http://arxiv.org/pdf/1212.1896.pdf.

[15] Hernández Sampieri, et. Al. (2010). Metodología de la Investigación. México, DF: Mc Graw Hill.

[16] SAMSUNG. (2015). SAMSUNG. Obtenido de http://www.samsung.com/latin/consumer/mobile-devices/smartphones/galaxy-s/GT-I9500ZKLTPA.

[17] Pentikousis, K. (2010). In search of energy-efficient mobile networking. Communications Magazine, IEEE, 48(1), 95-103.