

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES

PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS



TEMA:

MÉTODO PARA OPTIMIZAR EL CONSUMO DE ENERGÍA UTILIZANDO CONOCIMIENTO DEL CONTEXTO ASOCIADO A CADA APLICACIÓN EN DISPOSITIVOS MÓVILES

Bach. José Carlos Valdivia Bedregal

Arequipa -Perú

2013

Índice general

ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE CUADROS	VIII
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
PRESENTACION	XII
1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Título Descriptivo del Proyecto	1
1.2. Descripción del Problema	1
1.2.1. Definición del Problema	1
1.2.2. Tipo y Nivel de Investigación	4
1.3. Objetivos: General y Específicos	4
1.3.1. Objetivo General	4

1.3.2. Objetivos Específicos	5
1.4. Hipótesis y Variables	5
1.4.1. Hipótesis	5
1.4.2. Variables	5
1.5. Solución Propuesta	6
1.5.1. Justificación	6
1.5.2. Descripción de la Solución	8
1.5.3. Alcances y Limitaciones	8
1.6. Metodología	9
2. MARCO TEÓRICO	11
2.1. Estado del Arte	11
2.2. Computación Ubicua	16
2.2.1. Definiendo Computación Ubicua	16
2.2.2. Computación Ubicua: tercer paradigma de la computación	19
2.3. Interacción hombre-computador (HCI)	20
2.4. Contexto	21
2.4.1. Entendiendo y definiendo contexto	22
2.4.2. El contexto y la Metáfora de la Caja	23
2.4.3. Evolución del concepto: Contexto	25

2.4.4. Caracterización y Clasificación del contexto	26
2.5. Aplicaciones Basadas en Contexto (context-aware)	29
2.5.1. Características de una Aplicación Basada en Contexto	31
2.6. Dispositivos Móviles	32
2.6.1. Dispositivos Móviles más utilizados	33
2.6.2. Personal Digital Assinant (PDA)	33
2.6.3. Teléfonos Móviles	34
2.7. Los Dispositivos Móviles y las Aplicaciones Contextaware	35
2.8. Acerca de PowerTutor	36
3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE AHORRO DE ENERGÍA	37
3.1. Bases de la Investigación	37
3.1.1. Pruebas iniciales	37
3.1.2. Análisis del Consumo de Energía	38
3.1.3. Clasificación de las Aplicaciones	41
3.1.4. Análisis de Resultados	42
3.1.5. Acciones Realizadas:	42
3.2. Sobre la solución final	44
3.2.1. Arquitectura Lógica	45

3.2.2. Requisitos	46
3.3. Implementación	48
3.4. Detalles de la Implementación	49
3.4.1. Módulo de Obtención del Contexto (MOC)	49
3.4.2. Módulo de Inyección de Información a la Base de Datos (MII)	50
3.4.3. Módulo de Aprendizaje (MA)	51
3.4.4. Módulo de Ejecución (ME)	52
3.4.5. Módulo de Cierre de aplicaciones	54
3.4.6. Módulo de Bloqueo de Internet	54
4. PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	56
4.1. La Experimentación: Usuarios Expertos	57
4.1.1. Dispositivos Utilizados en la Experimentación	58
4.1.2. Encuesta a los Expertos	60
4.1.3. Competencia de los Expertos	60
4.1.4. Análisis de los Resultados de la Encuesta	63
4.2. La Experimentación: Diversidad Usuarios	66
4.2.1. Dispositivos Utilizados en la Experimentación	66
4.2.2. Resultados de las Pruebas	67
4.3. Estimación del Ahorro de Energía Obtenido	68

4.3.1. Normalidad de los datos	69
4.3.2. Estimación del Ahorro en Joules	70
4.3.3. Estimación del % de Ahorro de Batería	71
4.4. Modelando el ahorro de Energía	72
4.4.1. Una Aproximación Gráfica	73
4.4.2. Midiendo la Asociación	74
4.4.3. Estimando el Modelo	76
CONCLUSIONES	78
RECOMENDACIONES	79
ANEXO A: LISTA DE ABREVIATURAS	84
ANEXO B: ENCUESTA A EXPERTOS	86

Índice de figuras

2.1. Las tres oleadas de la Computación a lo largo del tiempo. Fuente: Tesis Doctoral de Sainz González (Sainz González, 2009)	19
2.2. Metáfora de la caja Fuente: Tesis Doctoral de Sainz González (Sainz González, 2009)	24
2.3. El Contexto paso a paso. Fuente: Elaboración propia.	26
2.4. Contexto como entrada adicional de datos. Fuente: What's in the Context? (Gwizdka, 2000)	28
2.5. Contexto como elemento que modifica la entrada de datos. Fuente: What's in the Context? (Gwizdka, 2000)	29
2.6. Contexto como información que vuelve al usuario. Fuente: What's in the Context? (Gwizdka, 2000)	29
2.7. Contexto como un disparador de eventos. Fuente: What's in the Context? (Gwizdka, 2000)	30
3.1. Resultados generales del uso de energía del usuario de prueba. Fuente: Elaboración propia	39

3.2. Resultados por componente del uso de energía del usuario de prueba. Fuente: Elaboración propia	40
3.3. Diagrama de Módulos de la aplicación. Fuente: Elaboración propia. Fuente: Elaboración propia	47
3.4. Top 10 Versiones para Android. Fuente: Google Play Developer Console	48
3.5. Diagrama de Base de Datos. Fuente: Elaboración propia	51
3.6. Descripción del tiempo de espera por nivel. Fuente: Elaboración propia	52
3.7. Niveles bloqueados en cada iteración. Fuente: Elaboración propia	53
4.1. Diagrama de dispersión: Ahorro de energía en joules - Tiempo de uso en horas. Fuente: Elaboración propia	74
4.2. Diagrama de dispersión con línea de tendencia. Fuente: Elaboración propia	75

Índice de cuadros

3.1. Especificaciones del dispositivo móvil de prueba	
Fuente: Elaboración propia	38
3.2. Clasificación de las aplicaciones.	
Fuente: Elaboración propia	41
3.3. Resultados y Clasificación de las pruebas.	
Fuente: Elaboración propia	43
4.1. Celulares utilizados para la experimentación: usuarios expertos (E-xx) y otros usuarios (O-xx).	
Fuente: Elaboración propia	59
4.2. Características de los evaluadores expertos.	
Fuente: Elaboración propia	61
4.3. Escala tipo Likert para el cálculo de k_a	62
4.4. Coeficiente de competencia de los usuarios expertos.	
Fuente: Elaboración propia	63
4.5. Resultados de la valoración hecha por los usuarios expertos.	
Fuente: Elaboración propia	64

4.6. Cantidad de usuarios expertos por evaluación para cada aspecto. Fuente: Elaboración propia	65
4.7. Consumo de energía de los usuarios antes de instalar el aplicativo. Fuente: Elaboración propia	67
4.8. Consumo de energía de los usuarios después de instalar el aplicativo. Fuente: Elaboración propia	68
4.9. Resultados del Test Shapiro-Wilks aplicado al ahorro en joules obtenido por los usuarios expertos después de instalar el aplicativo. Fuente: Elaboración propia	70
4.10. Resultados del Test Shapiro-Wilks aplicado al % de ahorro de batería obtenido por los usuarios expertos después de instalar el aplicativo. Fuente: Elaboración propia	70
4.11. Medidas Estadísticas para el ahorro en Joules. Fuente: Elaboración propia	71
4.12. Medidas Estadísticas para el % de ahorro de batería. Fuente: Elaboración propia	72
4.13. Parámetros de la regresión. Fuente: Elaboración propia	77

RESUMEN

Los dispositivos móviles son alimentados por baterías limitadas en tamaño y capacidad causando que la gestión eficiente del uso de energía se torne en un problema de suma importancia en tales dispositivos.

Existen muchas soluciones que buscan extender la vida útil del dispositivo móvil, pero son pocos los que toman como factor decisivo y determinante al Usuario. El usuario, al utilizar el dispositivo móvil, es quien determina como se consumirá la energía de la batería.

Es por ello que el aplicativo propuesto pretende dar solución a este problema aprendiendo del contexto del usuario: las aplicaciones que utiliza, el consumo de cada una de estas aplicaciones por los componentes del dispositivo móvil, y el tiempo que estas aplicaciones están siendo utilizadas en primer plano. Con esta información se realizan acciones automatizadas con el fin de optimizar el consumo de energía en el dispositivo móvil.

ABSTRACT

Mobile devices are powered by batteries whose capacities are limited by size, so efficient management of energy becomes a very important issue in such devices.

Many solutions has been proposed seeking to extend mobile device's battery life, but there are only a few who takes the user as a decisive and determining factor. Only the user determines how to consume battery's energy.

Therefore the proposed application aims to solve this issue by learning about user's context: applications used, energy consumption of each of these applications by mobile device's components, and finally how long these applications are being used at foreground. By analyzing this information, automated actions are performed in order to optimize energy consumption.

PRESENTACION

Señor Director del Programa Profesional de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Católica Santa María, Señores Miembros del Jurado Examinador:

El propósito de esta investigación es proponer un aplicativo que lleve a optimizar el consumo de la energía almacenada en la batería de un dispositivo móvil en base al conocimiento del contexto asociado a cada aplicación.

En el Capítulo 1 se plantea el problema de investigación, así mismo se justifica y describe brevemente la solución propuesta y la forma en que se desarrollará.

El Segundo Capítulo recoge información sobre algunos de los trabajos relacionados, adicionalmente expone los conceptos teóricos que avalarán el desarrollo del trabajo.

El Capítulo 3 muestra y describe el diseño e implementación del aplicativo propuesto como un sistema de ahorro de energía.

Los resultados obtenidos en el Capítulos 3 se prueban y analizan en el Capítulo 4. Capítulo en el que se valida la solución propuesta.

Finalmente, se presentan las conclusiones a las que se llegado como consecuencia del trabajo realizado.

Capítulo 1

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Título Descriptivo del Proyecto

Método para optimizar el consumo de energía utilizando conocimiento del contexto asociado a cada aplicación en Dispositivos Móviles

1.2. Descripción del Problema

1.2.1. Definición del Problema

El gran avance y desarrollo logrado en tecnologías móviles, ya sean dispositivos o redes inalámbricas que posibilitan la interconexión de los mismos, ha impulsado a la utilización de estas tecnologías por parte de numerosos usuarios.

Esta tendencia se debe a que gracias a las nuevas tecnologías móviles, el poseedor de un dispositivo de estas características (entre los cuales se encuentran laptops, tablets

y SmartPhones) tiene la posibilidad de aprovechar de una gran variedad de funcionalidades y servicios en cuanto al acceso de la información y la intercomunicación prácticamente en cualquier ubicación en la que se encuentre.

Hasta hace algunos años, a muchas de estas funcionalidades solo podía accederse desde una PC típica de escritorio; hoy en día las mismas funcionalidades han sido volcadas a dispositivos tales como teléfonos móviles, situación que ha disminuido en gran medida la brecha entre lo que es un computador con un dispositivo de este tipo.

Según Claburn (Claburn, 2009) se estima que el futuro de los computadores se encuentra en los dispositivos móviles inteligentes y los centros de datos, evidenciando que para el 2014 los teléfonos móviles y otros dispositivos similares van a enviar y recibir 14 veces más datos que en el 2008, de los cuales la mayoría serán provenientes del acceso a Internet.

Anderson and L. Rainie (Anderson, 2008), en su estudio indican que para el 2020 los dispositivos móviles van a sobrepasar a las computadoras convencionales en lo que refiere a ser el medio principal que utilizarán los usuarios para acceder a Internet.

Son múltiples las características de un *SmartPhone*: su desenvolvimiento en diferentes áreas del interés general, su desempeño en las áreas de entretenimiento, estudio, educación, investigación, su capacidad de navegación por web, etc.

Estas características generan una gran popularidad de los Smartphones en el mercado. En la actualidad, el desarrollo de este mercado ha ido incrementándose de manera exponencial llegándose a vender hasta un 85 % más entre el 2010 y 2011 (Tomás Gironés, 2012). Entre los factores que influyen en este comportamiento del mercado están la reducción de precios y el incremento de la practicidad y utilidad que proporcionan a los compradores.

En resumen, los dispositivos móviles se han convertido en una herramienta importante de comunicación y de trabajo en la vida de las personas. El número de usuarios de los denominados smartphones va en aumento, al igual que las capacidades y los recursos

que integran estos dispositivos.

Lamentablemente, junto a los numerosos beneficios que conllevan los smartphones, aún se tienen grandes limitaciones que los distancian de otros dispositivos como las Laptops y Tablets. Estas limitaciones residen básicamente en el poder de procesamiento, las limitaciones de recursos, y especialmente las de autonomía del dispositivo debido a la limitada energía de la batería.

Los dispositivos móviles, en particular los teléfonos celulares, son alimentados por baterías que están limitadas en tamaño, situación que limita su capacidad ocasionando que para disfrutar a plenitud los beneficios del dispositivo se deba considerar la gestión de la energía almacenada en la batería.

Actualmente, las baterías de los dispositivos móviles son hechas en base a Ion de Litio. Las baterías de Li-ion se caracterizan por la ligereza de sus componentes, su elevada capacidad energética y su resistencia a la descarga, junto con la ausencia del efecto memoria; es decir, que no se dañan por recibir recargas cuando aún no están totalmente descargadas.

Las propiedades enunciadas han permitido el diseño de acumuladores livianos, de pequeño tamaño y variadas formas, con un alto rendimiento, especialmente adaptados a las aplicaciones de la industria electrónica de gran consumo. No obstante, la tecnología de las baterías de ion de litio ha llegado a un límite que no se superará a menos que se produzca un cambio de tecnología.

Siendo limitada la energía con la que cuenta el dispositivo móvil se hace necesario gestionarla eficientemente. Una buena gestión de la energía requiere la comprensión de dónde y cómo se utiliza la energía por lo que el usuario final es un factor importante que muchas veces se pasa por alto; por consiguiente, el consumo de energía de un dispositivo móvil se define por la actividad del usuario.

Bajo estos considerandos es que se plantea el tema de esta investigación: ***buscar optimizar el uso de los recursos de un dispositivo móvil inteligente (Smartp-***

hone) con Sistema Operativo Android, definiendo el contexto del usuario mediante la creación de un perfil por componente, el cual analizará el consumo energético de las aplicaciones que se usan en el dispositivo.

1.2.2. Tipo y Nivel de Investigación

El problema se centra en la Optimización de Tecnologías, en especial en optimizar el ahorro de energía.

Bajo este considerando la investigación planteada:

Según la finalidad: Es una investigación aplicada, pues tienen como finalidad la solución de un problema práctico e inmediato.

Según la profundidad: Es una investigación exploratoria puesto que el problema ha sido muy poco estudiado; experimental porque estudiará relaciones de causalidad con el fin de controlar el uso de energía y correlacional porque buscará conocer el ahorro de energía en función de la habilitación o deshabilitación de aplicativos.

Según el tratamiento de datos: Es una investigación cuantitativa puesto que el objeto de estudio radica en aspectos observables y cuantificables.

Según el lugar: Es una investigación de laboratorio.

1.3. Objetivos: General y Específicos

1.3.1. Objetivo General

Optimizar el consumo de la energía almacenada en la batería de un dispositivo móvil en base al conocimiento del contexto asociado a cada aplicación.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Analizar, evaluar y determinar las principales aplicaciones que consumen mayor cantidad de energía en los dispositivos móviles.
- Registrar el comportamiento del usuario de una forma imperceptible para él, asumiendo que es un factor crítico y determinante en el consumo de energía.
- Analizar y entender al comportamiento del usuario, como factor crítico y determinante en el consumo de energía.
- Definir, implementar y probar mecanismos de análisis de contexto que asistan en optimizar el consumo de energía.
- Crear perfiles dinámicos para cada aplicación, perfiles basados en el uso rutinario de cada usuario.
- Presentar un modelo de estimación del consumo de energía utilizando Análisis de Regresión y Análisis de Correlación.

1.4. Hipótesis y Variables

1.4.1. Hipótesis

Haciendo uso del conocimiento del contexto en aplicaciones, se puede optimizar el consumo de energía en dispositivos móviles.

1.4.2. Variables

1.4.2.1. Variables Independientes

- Características del Dispositivo Móvil.

Indicadores

- Consumo de la Pantalla del Dispositivo Móvil.
- Consumo del CPU del Dispositivo Móvil.
- Consumo de las Interfaces de Red del Dispositivo Móvil (WiFi, 3G).
- Conocimiento del Contexto de las Aplicaciones del Usuario.

Indicadores

- Cantidad de aplicaciones utilizadas por el Usuario.
- Tiempo en el que las aplicaciones se ejecutan en primer plano.
- Tiempo en el que las aplicaciones se ejecutan en segundo plano.

1.4.2.2. Variable Dependiente

- Cantidad de energía ahorrada.

Indicadores

- Consumo de energía antes de instalar el aplicativo.
- Consumo de energía después de instalar el aplicativo.

1.5. Solución Propuesta

1.5.1. Justificación

Los dispositivos móviles están convirtiéndose en una herramienta importante de comunicación y de trabajo en la vidas de las personas. El número de usuarios de los denominados smartphones va en aumento, al igual que las capacidades y los recursos que integran estos dispositivos.

Se estima que diariamente se activan alrededor 400.000 de estos dispositivos, por lo que el ahorro de energía se ha convertido en un problema importante; pues a pesar de ser de gran ayuda en infinidad de situaciones y convertirse en dispositivos capaces de hacer infinidad de operaciones complejas, se ven limitados por el tiempo de uso; que en la mayoría de casos se reduce a unas cuantas horas..

Esta realidad plantea grandes desafíos a las áreas de cómputo móvil e interfaces hombre-computador. En CM el principal desafío se tiene en el diseño de dispositivos que mejoren la capacidad de cómputo y optimización de los recursos, por otra parte, en HCI el principal desafío se presenta en el diseño de interfaces de usuario multimodales para estos dispositivos.

Smartphones y tablets Android ofrecen varios componentes de hardware que consumen mucha energía y los desarrolladores de aplicaciones están explotando estos componentes a disposición para proporcionar una experiencia de usuario revolucionaria. Sin embargo, la duración de la batería no ha aumentado al mismo ritmo para apoyar la demanda de energía.

Las baterías actuales de celdas de Litio han llegado a un límite donde el amperaje depende mucho del tamaño y la única forma de tener un mayor tiempo de batería es contar con una batería de dimensiones más grandes.

A pesar de los esfuerzos, la tecnología actual todavía no ha desarrollado un nuevo tipo de baterías de mayor duración y menores dimensiones lo que ha limitado los tiempos de vida útil. Por lo expuesto, ahorrar y administrar de una manera más óptima la energía en los dispositivos se torna de gran utilidad para el día a día de millones de personas a nivel mundial que usan su SmartPhone constantemente.

Es así, que se vienen desarrollando varias investigaciones para encontrar la forma de reducir al mínimo el consumo de energía en dispositivos móviles, entre ellos los teléfonos inteligentes.

1.5.2. Descripción de la Solución

Para la solución se necesita obtener datos del consumo del dispositivo móvil por aplicación, en especial se tiene que obtener qué componentes físicos del dispositivo móvil son los de mayor consumo de energía.

Para esta parte, la investigación se basa en PowerTutor que permite obtener datos de consumo de energía por cada aplicación, y a su vez lo divide dependiendo del consumo de 4 componentes principales del celular, como son: CPU, Pantalla, Wi-Fi y 3G.

Utilizando estos datos se procede a realizar una clasificación de cada aplicación basándose en lo expuesto por Carroll (Carroll, 2010), quien resalta 2 tipos de aplicaciones:

- Las dedicadas a la conexión con Internet, es decir, de *comunicación*.
- Las dedicadas al procesamiento de datos, es decir, de *CPU*.

Luego de la clasificación se realizan principalmente 2 acciones:

- Se inhabilita la conexión con internet de las aplicaciones de Comunicación.
- Se cierran las aplicaciones de CPU.

Para evitar que la experiencia del usuario se vea comprometida, se procede a realizar un aprendizaje de la forma de uso de la aplicación para aplicar las acciones dinámicamente y obtener un ahorro de energía con acciones imperceptibles para el usuario.

1.5.3. Alcances y Limitaciones

Los alcances y limitaciones definidos en la investigación se basan en el análisis de las posibilidades del mismo.

Por tal razón definimos los siguientes alcances:

1. Se puede lograr un ahorro considerable de energía de tal modo que el usuario no perciba los cambios introducidos.
2. La optimización del consumo de energía se puede hacer a nivel de software, sin necesidad de modificar el Hardware del dispositivo.
3. El proceso de investigación se aplicará únicamente en dispositivos que funcionen con Sistema Operativo Android, específicamente en teléfonos celulares Samsung de la gama Galaxy.
4. Para tratar de extender los resultados, se probará el aplicativo en algunos teléfonos celulares Sony y LG.

Paralelamente se presentan las siguientes limitaciones:

1. El dinamismo del aprendizaje: alguna acción fuera de la rutina del usuario puede conducir a resultados erróneos; los que se irán corrigiendo con un aprendizaje más prolongado.
2. El tiempo de aprendizaje puede prolongarse si el usuario es desordenado o poco rutinario.
3. El ámbito geográfico en el que se realizará la investigación es la ciudad de Arequipa, Perú.
4. Debido a limitaciones logísticas, las pruebas se realizarán sobre 15 teléfonos celulares: 9 de marca Samsung (usuarios expertos) y 6 de otras marcas (otros usuarios).

1.6. Metodología

La metodología a seguir se divide en diferentes etapas y éstas, a su vez, en una serie de actividades. A continuación, se presenta una descripción general de cada etapa:

1. **Documentación y análisis:** Etapa en la que se busca obtener una visión general de los temas relacionados al proyecto de investigación para poder establecer y delimitar su alcance. Es necesario realizar una revisión exhaustiva de la bibliografía existente y el estado del arte relacionado.
2. **Propuesta de solución:** Aquí se espera lograr la abstracción de la solución que permitirá lograr los objetivos establecidos para el proyecto. Se precisa revisar y analizar diferentes acciones que pueden ser útiles para la implementación de los objetivos.
3. **Desarrollo:** El objetivo principal de esta etapa es la implementación en software de una propuesta de solución. Para ello se debe realizar un estudio de las herramientas disponibles que permitan llevar a cabo el proceso de implementación de la forma más adecuada.
4. **Pruebas:** En esta etapa se evaluará el funcionamiento de la solución propuesta en diferentes usuarios de prueba. Se requiere también, realizar diferentes pruebas de funcionalidad, rendimiento y usabilidad de la propuesta.
5. **Resultados:** Durante esta etapa se hará un análisis de los resultados obtenidos en el proceso de prueba. Se debe hacer una evaluación cuantitativa de los mismos para determinar si los objetivos establecidos inicialmente fueron logrados y de ser así implementar un mecanismo que permita estimar el consumo de energía bajo ciertas condiciones dadas.

Capítulo 2

MARCO TEÓRICO

En la actualidad, los dispositivos móviles forman parte de la vida diaria de las personas, frecuentemente se están introduciendo en el mercado nuevos dispositivos de este tipo con mejores características y funcionalidades.

Esta renovación de la oferta de dispositivos móviles es posible gracias a los avances tecnológicos en las áreas de cómputo móvil, comunicaciones inalámbricas e interfaces humano computadora.

El presente proyecto involucra estas áreas de investigación, es por ello que el contenido de este capítulo enuncia algunos de los trabajos desarrollados en relación al tema de investigación. También se detallan algunos conceptos que ayudarán a entender de forma más clara los elementos de estudio de este trabajo.

2.1. Estado del Arte

El ahorro de energía es una tendencia común en la actualidad. La mayoría de sistemas tiene como fin buscar el uso óptimo de recursos de estos sistemas para evitar la contaminación del medio ambiente.

Es así, que varios autores han tratado de resolver esta problemática de diferentes formas, vía hardware o vía software, es decir de forma física o lógica.

Esta investigación se centra en el área de software, se ha buscado el desarrollo de *código eficiente* que cumpla sus objetivos de forma rápida y efectiva; es por ello que se han revisado algoritmos, como el Dynamic Voltage and frequency scaling (DVFS) que es muy interesante en el análisis del consumo del procesador.

Se revisó también tecnologías que ya se han implementado en sistemas de escritorio que podrían acoplarse o modificarse para que se usen en sistemas móviles como es el Paralelismo, ya que los nuevos celulares vienen con procesadores de 2 núcleos que pueden ser aprovechados de manera más eficiente. Para realizar las acciones anteriormente descritas se ha tenido acceso a la siguiente bibliografía:

Jesús Tomás (2012) : *El Gran Libro de Android* (Tomás Gironés, 2012). Es una guía para quienes pretendan introducirse en la programación de aplicaciones en Android. Es útil tanto para usuarios con poca experiencia, como para programadores experimentados. Proporciona información sobre la arquitectura y principales características de la plataforma Android, las características de las diferentes versiones de Android. Adicionalmente se encuentra cómo desarrollar el interfaz de usuario adaptado a diferentes dispositivos; Gráficos en 2D y 3D, cómo intercambiar información por Internet y diseño de servicios Web. Personalmente, lo considero un excelente libro para empezar a programar en Android, desde niveles básicos a niveles muy avanzados. Sin duda fue una gran ayuda y referencia para la programación de la solución.

David Sainz González (2009) : *Tesis Doctoral: Un análisis sobre aplicaciones distribuidas dependientes del contexto* (Sainz González, 2009). Hace un análisis de los elementos necesarios que deben contener las aplicaciones distribuidas context-aware, su tipo de arquitectura y principales características. También contiene un análisis de diferentes frameworks útiles para realizar este tipo de aplicaciones y propone un modelo de arquitectura ideado especialmente para dispositivos móviles. La importancia de este documento consiste en que fue un punto de referencia

y casi de partida para empezar a realizar la solución. Resultó ser muy útil para entender qué se debía hacer y cómo empezar a hacerlo. Como punto débil del documento se tiene la arquitectura propuesta para dispositivos móviles, la cual se utilizó solo se utilizó como referencia. Mi apreciación personal es que es una tesis muy interesante, completa y útil para entender completamente el Conocimiento de Contexto.

Silvia Elena Restrepo Medina (2012) : *Tesis de Maestría: Modelo de Inteligencia Ambiental basado en la integración de Redes de Sensores Inalámbricas y Agentes Inteligentes* (Restrepo Medina, 2012). Propone un meta-modelo de Inteligencia Ambiental que incluye los modelos más relevantes que deben ser tenidos en cuenta para el diseño e implementación de tales sistemas, definidos como modelo de contexto, modelo de adaptación, modelo del usuario y modelo del dominio. Adicionalmente, especifica un módulo con los servicios adaptados que pueden ser ofrecidos por agentes inteligentes quienes utilizan para ello el conocimiento almacenado en los diferentes modelos. Se utilizó esta tesis como referencia, para revisar el uso de los sensores y sobre todo para entender su propuesta de agentes inteligentes. Lamentablemente, no se aplicó mucho de esta tesis en nuestra solución pero resultó muy interesante su enfoque sobre los agentes inteligentes.

Guillermo Alberto Caserotto (2012) : *Tesis de Maestría: Computación Ubicua, Sensibilidad al Contexto y Mashups* (Caserotto, 2012). Realiza un compendio sobre el estado del arte de las distintas tecnologías y herramientas utilizadas para el desarrollo de aplicaciones Mashup y aplicaciones sensibles al contexto. Presenta los conceptos teóricos que dieron soporte y dirección para desarrollo de las tecnologías mencionadas como ser el significado de la computación ubicua y el gran aporte que hizo a la comunidad informática. Con la revisión de esta tesis se logró profundizar más en el conocimiento del contexto, y en las ventajas que trajo a los nuevos sistemas que se vienen desarrollando. Resultó muy útil para conocer tendencias en herramientas y tecnologías, las que se tomaron como referencia para el desarrollo.

Rafael Guzmán Rios (2012) : *Tesis de Maestría: Arquitectura de Servicios Web*

Semánticos Sensible al Contexto para Dispositivos Móviles (Guzmán Rios, 2012). Describe una arquitectura basada en tecnologías de la Web Semántica para la búsqueda e invocación de Servicios Web públicos, disponibles en la red, a través de un dispositivo móvil. Arquitectura que permite la vinculación entre la información del contexto del usuario y el dominio de aplicación de un Servicio Web. Fue una referencia para saber cómo se podía obtener el contexto de los dispositivos móviles del usuario final y que se podía hacer con este conocimiento. El punto débil del documento es que está más centrado en el desarrollo de los servicios web que en la obtención del contexto del usuario.

Soumya Kanti Datta, Christian Bonnet (2012) : *Android Power Management: Current and Future Trends* (Kanti Datta, 2012). Presentan cuatro líneas de investigación diferentes para la reducción del consumo de energía de un smartphone. También presentan cuatro vías diferentes para prolongar la vida de la batería de los dispositivos Android. Los dos primeros enfoques incluyen el análisis de patrones de uso para generar perfiles de ahorro de energía. La ventaja es que los perfiles de ahorro de energía están personalizados con el comportamiento real del usuario. Inicialmente, al revisar bibliografía base para la elaboración de mi tesis, se revisaron algunos artículos científicos como este con el fin de ir reduciendo posibilidades para definir como tratar de conseguir un ahorro de energía en los dispositivos móviles. De este documento se tomó la idea de generar perfiles para cada usuario.

Fangwei Ding, Feng Xia (2011) : *Monitoring energy consumption of smartphones* (Fangwei Ding, 2011). Desarrollan un sistema inteligente para el monitoreo de la energía llamado SEMO para los teléfonos inteligentes que utilizan Android como sistema operativo. Se analizó SEMO para monitorear el consumo. Era una aplicación interesante, pero finalmente se decidió por Power Tutor puesto que el último era de código abierto. Sin embargo, el artículo se tomó como referencia para el monitoreo del consumo de energía.

Lide Zhang y Birjodh Tiwana (2010) : *Accurate online power estimation and automatic battery behavior based power model generation for smartphones* (Zhang L.,

2010). Describen una técnica de construcción de modelos automatizados, denominada PowerBooter, la cual usa sensores de voltaje para monitorear el consumo de energía de los diferentes componentes del dispositivo. También describe la herramienta PowerTutor, herramienta que analiza la gestión de la energía utilizando el modelo generado por PowerBooter para hacer una estimación en tiempo real del consumo de energía. Este fue uno de los pilares en los que se soporta la investigación. Se utilizó como base y gran referencia en el monitoreo de consumo y fuente base de la información. La desventaja del mismo, es que al ser una herramienta algo antigua, las variables y los dispositivos que se utilizaron como prueba en ese momento están desfasados para estos tiempos. Personalmente, considero a Power Tutor la mejor herramienta para el monitoreo de consumo de energía.

Aaron Carroll (2010) : *An analysis of power consumption in a smartphone* (Carroll, 2010). Hace una clasificación del consumo de energía del dispositivo según las componentes principales de hardware. Presenta la clasificación para micro-puntos de referencia, así como para un número de escenarios de uso realistas. Estos resultados son validados por las mediciones de consumo globales de otros dos dispositivos: el HTC Sueño y Google NexusOne. Este documento fue utilizado como referencia para realizar la clasificación de las aplicaciones que utilizaría el usuario. Sin embargo, la clasificación propuesta no era exactamente lo que se buscaba por lo que fue modificada.

Gwizdka, J. (2000) : *What's in the Context?* (Gwizdka, 2000). Describe los elementos básicos para trabajar con sistemas sensibles al contexto, introduce información de contexto interno y externo y define los modelos de contexto. También describe dos arquitecturas conceptuales para sistemas sensibles al contexto y presenta sus implicancias para el diseño del sistema y para los usuarios. Este documento fue el primero que se revisó para entender los sistemas sensibles al contexto y se usó como pauta inicial en la implementación de la solución. Las dos arquitecturas propuestas fueron muy útiles para el inicio del desarrollo.

Abowd, G.D., Dey, A. (1999) : *Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness* (Abowd, 1999). Realizan un levantamiento de la información

relacionada con computación basada en contexto. Ofrecen una visión general de los resultados obtenidos y, en particular, las definiciones y categorías de contexto y context-aware. Este documento fue uno de los primeros artículos científicos revisados sobre los sistemas que utilizan conocimiento del contexto. Se utilizó para conocer los posibles resultados que se podían obtener al usar conocimiento del contexto.

2.2. Computación Ubicua

El punto de partida para profundizar en el tema es el concepto de la computación ubicua. En este modelo la computación no ocurre en una única localización ni en un único contexto como sucede al utilizar una computadora de escritorio, se consideran aquí una variedad de situaciones y de localizaciones que podrían ir desde las actividades y dispositivos presentes en una oficina o en una sala de reuniones, hasta aquellas presentes en un aeropuerto, un salón de clases, el hogar, algún medio de transporte, etc.

Las nuevas tecnologías de computación ubicua o computación omnipresente, al desvincular a los usuarios de los dispositivos, ofrecen computación *“en cualquier momento, en cualquier lugar y, para cualquier persona”*. (Dey, 2001; Hill et al., 2004; Kwon, Choi, Park, 2005; Kwon, Yoo, Suh, 2005; Schilit, Adams, Want, 1994).

2.2.1. Definiendo Computación Ubicua

Se trata de un modelo de computación que varios autores han descrito. Uno de los primeros en visualizarla fue Weiser, quien vio los elementos de computación como entes fusionados con el entorno, de forma que cada objeto de la vida diaria tuviera capacidad de proceso y supiera adaptarse a las necesidades del usuario que se encuentra en el entorno; bajo esta concepción, objetos normales y comunes adquieren capacidades de proceso.

“Ubiquitous computing has as its goal the enhancing computer use by making many computers available throughout the physical environment, but making them effectively invisible to the user”. [Weiser, 1993]

Numerosos autores siguieron después definiendo y dando forma al concepto, no obstante aún no se ha llegado a crear la visión de Weiser. Los elementos de proceso están todavía lejos de fusionarse con el entorno hasta el punto de pasar desapercibidos.

Abowd (Abowd, 2000) describe *Computación Ubicua* como computación distribuida fuera del escritorio, donde los elementos comunes son aumentados con capacidades de proceso y realizan tareas tanto por separado como de forma colaborativa.

Este paradigma también implica que los elementos aumentados se comuniquen unos con otros y por tanto lleguen a una forma de computación distribuida, aunque como parte del entorno.

Abowd también menciona que para la evolución de la computación ubicua es necesario avanzar en ciertos aspectos:

Factor de forma: Para que los objetos posean esas características aumentadas es necesario que, además de evolucionar en la forma física, la tecnología hardware evolucione hacia elementos cada vez más miniaturizados.

Interfaces naturales: Muchos de los objetos deben ser manejados por la gente que se encuentra en el espacio, por lo tanto es necesario encontrar nuevas formas de interacción diferentes de los habituales medios de escritorio. Elementos como reconocimiento del habla, reconocimiento de ondas cerebrales y en general todos los avances en HCI, serán necesarios para llegar a interactuar con objetos aumentados de forma natural.

Capacidad de obtener información del entorno: Los objetos aumentados se funden con en el entorno y conviven con él, por tanto, además de interactuar con personas, han de estar provistos de medios para interactuar con el medio en el

que viven. Ello implica capacidad para captar toda la información que necesiten del medio. Esta información recibe el nombre de contexto.

Recoger experiencias a lo largo del tiempo: En este paradigma se recoge la interacción con el usuario a través de las interfaces naturales anteriormente mencionadas. Como consecuencia de ello, se deduce que es necesaria alguna forma automatizada y estándar de recoger las experiencias, como las interacciones hombre-máquina a lo largo del tiempo. Sea cual sea la forma de experiencia y su contexto, se hace vital una forma de adquirirlo y almacenarlo, teniendo en cuenta también que el tiempo es un factor importante. Los objetos aumentados en su mayoría deben de recoger experiencias de una forma continua en el tiempo, incluso hay experiencias que no pueden ser definidas en un instante concreto. Una experiencia de interacción con un objeto aumentado que defina un acto de comunicación entre dos personas, ha de durar mientras el acto de comunicación perdure, teniendo en cuenta también que no importa la hora del día, el objeto ha de estar preparado para recoger la experiencia en todo momento. Una vez recogida la experiencia, también será necesario proveer de una forma uniforme de permitir el acceso a ella en el futuro.

Milner (Milner, 2006) completa la definición de Computación Ubicua definiendo características que los objetos aumentados deben tener:

- Deben estar en capacidad de tomar decisiones que hasta el momento han sido hechas por los seres humanos. Esto implica avances en el campo de inteligencia artificial.
- Por su naturaleza, pueden estar en cualquier objeto, con lo que su número puede resultar superior a los sistemas actuales.
- Están en posibilidad de adaptarse a nuevos requisitos, a lo largo del tiempo.
- Las unidades de proceso deberán interactuar unas con otras, lo que convertirá la Computación Ubicua en un inmenso sistema distribuido.

2.2.2. Computación Ubicua: tercer paradigma de la computación

El crecimiento masivo de los elementos aumentados como elementos de proceso invierte la proporción de personas y computadores.

Inicialmente un gran computador trabajaba para muchas personas, más tarde se evolucionó hacia un computador menos potente para cada persona. El siguiente paso en la evolución será, según Eungyeong (Eungyeong K., 2008) la tercera oleada (Third Wave) de computación, en la que una persona tenga enormes cantidades de computadores de minúsculo tamaño a su disposición. Ver figura 2.1.

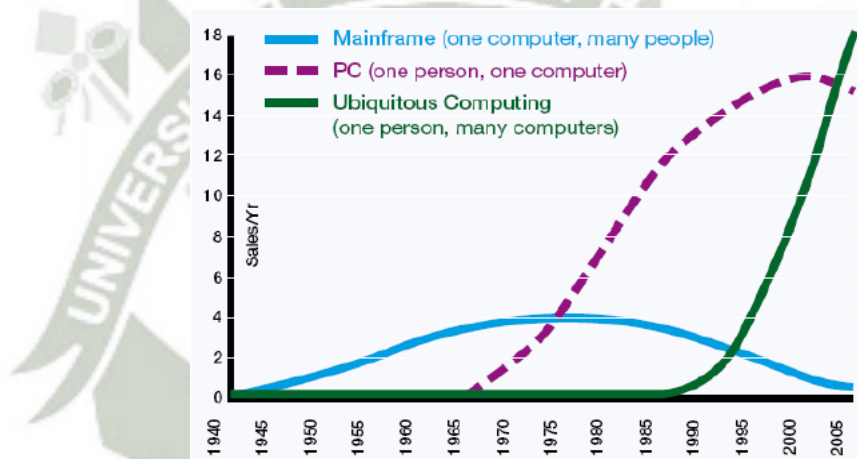


Figura 2.1: Las tres oleadas de la Computación a lo largo del tiempo.

Fuente: Tesis Doctoral de Sainz González (Sainz González, 2009)

La Computación Ubicua se ha posicionado como la tercera generación o paradigma en la computación y cuenta ya con múltiples aplicaciones y equipos de investigación que procuran su desarrollo. Su meta es integrar varias computadoras (dispositivos) al entorno físico busca habilitar los beneficios de éstas y de la información digitalizada en todo momento y en todas partes

2.3. Interacción hombre-computador (HCI)

Se le denomina también *interacción hombre-máquina* o *interacción hombre-sistema*, se refiere a los procesos de comunicación de información entre un usuario y un sistema y sus consecuencias sobre las actividades realizadas por ellos.

Inicialmente, la interacción de las personas con los computadores se basaba en la comunicación con teclados, pantallas y mouse, donde las interfaces gráficas de usuario necesitaban de una manipulación directa o una interfaz WIMP (window, icon, menú, pointing device).

Bajo estas formas, se presentan varias limitaciones, entre ellas, el teclado y el mouse no son buenos para la interacción en movimiento, no existe percepción del contexto, poseen poca memoria, no aprenden ni se adaptan y están capacitados para manejar gran cantidad de información.

Por lo tanto, para superar estas restricciones surgen tres nuevos paradigmas que facilitan la HCI, los cuales son: la unión del mundo físico y digital, las interfaces de usuario inteligentes y los ambientes sensibles.

Desde el punto de vista de la actitud del usuario durante la interacción, ésta puede ser:

Explícita: Cuando es necesaria la iniciativa del usuario para realizar cualquier tarea, es decir, el usuario debe comenzar el proceso de interacción solicitando al sistema que lleve a cabo alguna acción concreta. La interacción explícita contradice el concepto de computación invisible e interfaces transparentes. [Schmidt, 2005]

Implícita: Cuando el control lo gestionan los propios dispositivos dotados de capacidades de computación y comunicación, o las aplicaciones. Presenta un proceso en el cual el sistema adquiere de forma implícita la información del contexto y es capaz de presentar, también de forma implícita, su respuesta al usuario.

Una entrada implícita son acciones y comportamientos de humanos, los cuales son

realizados para lograr un objetivo y no son considerados primordialmente como interacciones con un computador, sino que son capturadas, reconocidas e interpretadas por un sistema de computador como entrada.

Una respuesta implícita es una respuesta de un computador que no está directamente relacionada a una entrada explícita y la cual se integra perfectamente con el ambiente y la tarea del usuario.

La idea básica de la entrada implícita de datos es que el sistema puede percibir la interacción del usuario con el entorno, y también, la información sobre la situación completa en la que está teniendo lugar una acción. Basándose en esta percepción, el sistema es capaz de anticipar las intenciones del usuario, ofreciendo un mejor soporte a las actividades que éste está realizando.

2.4. Contexto

Los seres humanos cuando interactúan se transmiten ideas de uno a otro y reaccionan apropiadamente. Esto se debe a la presencia de muchos factores: la riqueza de la lengua que comparten, el entendimiento común de cómo funciona el mundo, y una comprensión implícita de las situaciones cotidianas.

Cuando las personas se comunican son capaces de utilizar el contexto, o información situacional implícita, para aumentar la riqueza de la comunicación. Esta capacidad para transmitir ideas no está presente cuando los seres humanos interactúan con las computadoras. En la computación interactiva tradicional, los usuarios tienen escasos mecanismos para proporcionar entradas de información a las computadoras. En consecuencia, ellas no están habilitadas para sacar el máximo provecho del contexto en el diálogo hombre-máquina.

Mejorando el acceso de la computadora al conocimiento del contexto, se aumentaría la riqueza de la interacción persona-computador y se haría posible la producción de servicios computacionales más útiles.

2.4.1. Entendiendo y definiendo contexto

La noción de contexto está presente en una variedad heterogénea de fenómenos. Desde la propuesta de Frege (Frege, 1984) de un *principio de contextualidad*, el contexto tiene su lugar en la filosofía del lenguaje.

En Inteligencia Artificial (IA), McCarthy fue el primero en argumentar que formalizar el contexto era un paso necesario para avanzar en el diseño de programas computacionales más generales.

Otros trabajos provienen de la ciencia cognitiva, donde el contexto es una manera de estructurar el conocimiento y modelar su uso en tareas de resolución de problemas.

Las motivaciones y los enfoques del problema de contexto pueden ser muy diferentes. Sin embargo que la mayor parte de los conceptos propuestos de contexto pueden ser considerados desde una perspectiva unificadora.

“ Contexto es cualquier información que puede ser usada para caracterizar la situación de una entidad, siendo una entidad una persona, lugar, u objeto que se considera relevante en la interacción entre un usuario y una aplicación, incluyendo también a ellos mismos, usuario y aplicación.” (Dey (Anind, 2001)).

Bajo esta definición, para un desarrollador de aplicaciones será más fácil enumerar el contexto para un caso de aplicación dado. Si una pieza de información se puede utilizar para caracterizar la situación de un participante en una interacción, entonces, esa información forma parte del contexto.

Cualquier entidad que está ligada a un contexto, no se puede representar totalmente solo enumerando cada una de sus partes, porque siempre habrá información implícita.

Intuitivamente, se sabe que algunas sentencias u oraciones son verdaderas (efectivas, adecuadas, apropiadas, etc.) en un contexto, y falsas (descorteses, no efectivas, inapro-

piadas) en otros, que algunas conclusiones son válidas solo en algunos contextos y, que un comportamiento es bueno sólo en algunos contextos. Adicionalmente se acepta que toda sentencia tiene información implícita relevante.

A manera de ejemplo, se pueden considerar las siguientes situaciones.

- La frase clásica “*Italia tiene forma de bota*” es verdadera en un contexto cuya estándar de precisión es muy baja, falsa en el contexto de la geometría euclidiana.
- Gritar es permitido en el contexto de un partido de fútbol, pero no en el contexto de una ceremonia religiosa.
- La frase “*está lloviendo*”, tiene información implícita relevante de tiempo y lugar.

Estos ejemplos sugieren que la dependencia del contexto está formalmente definida por la *metáfora de la caja* (Giunchiglia F., 1996).

2.4.2. El contexto y la Metáfora de la Caja

Una primera aproximación a la metáfora de la caja es ver una caja como un pedazo del mundo, esto no significa que sea una parte del mundo físico (real); sino más bien como una posición física en algún instante de tiempo en algún mundo (posible).

Generalmente se asocia un agente a cada caja. Cada caja está identificada de forma única por una colección de parámetros (más o menos complejos). Dependiendo de los parámetros elegidos, la caja tendrá diferentes propiedades.

El contexto puede ser considerado como una especie de caja, cada caja tiene sus propias leyes y dibuja una especie de frontera entre lo que es y lo que está fuera.

La información se representa por las sentencias e informaciones que la componen, dentro de una caja, y los parámetros de los que depende (P_i) fuera de la caja. El valor de los

$P1=V1 \dots Pn=Vn \dots$

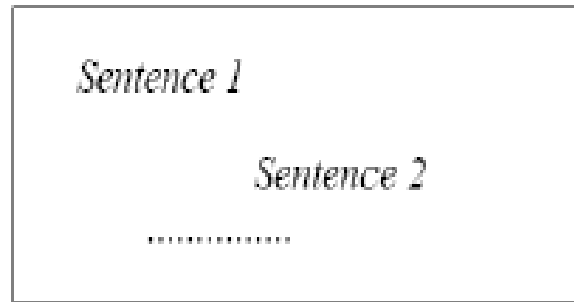


Figura 2.2: Metáfora de la caja

Fuente: Tesis Doctoral de Sainz González (Sainz González, 2009)

parámetros determina, al menos parcialmente, el significado de las sentencias. Ver figura 2.2.

Considerando esta metáfora, se puede analizar la siguiente frase sacada del contexto: “*prueba uno*”.

- La frase y el hecho de que el objeto a probar es de género masculino son sentencias que se extraen de la propia frase y que están dentro de la caja.
- Los parámetros fuera de la caja simbolizan el contexto que rodea a los hechos de la frase: situación, entorno etc
- Si uno de los parámetros fuera “*Contenido de la caja = Chocolates*”, la frase queda definida de una forma muy diferente a si uno de los parámetros fuera “*Contenido de la caja = Aplicativos de Software*”.
- Los parámetros forman parte del significado pero no se explicitan en el contenido de la frase.

2.4.3. Evolución del concepto: Contexto

Varios autores han definido la palabra contexto dentro del ámbito de la Computación Ubicua, y con el paso del tiempo esta definición ha ido evolucionando hasta formas más generales.

- Schilit, inicialmente lo limita básicamente a la información de localización, ya que es una de las principales fuentes de información.
- Ryan y Brown añaden a esta información de localización, los elementos de usuario, tiempo y ciertas nociones de temperatura, estación del año etc.
- Dey añade además de lo anterior, estados de ánimo del usuario, orientación y grado de atención, además de otros objetos y gente alrededor del usuario.

Estas definiciones son concretas, cada una avanza un poco más que la anterior y completa el concepto.

Otras definiciones afirman que el contexto es una serie de objetos complejos que contienen información relevante al problema o dominio que se examina.

Abowd, argumenta que el contexto es cualquier información que pueda ser utilizada para caracterizar la situación de una entidad. Una entidad es una persona, lugar u objeto que es relevante para la interacción entre el usuario y la aplicación, incluyendo al usuario y a la aplicación propiamente dichos.

Otra definición de contexto que podría englobar los aspectos tan generales y el amplio abanico de ámbitos podría ser:

“El conjunto de información estructurada que describe las entidades que pertenecen a un universo concreto y el estado las mismas, siendo estas entidades personas, lugares u objetos considerados relevantes para el universo”.

2.4.4. Caracterización y Clasificación del contexto

Según se avanza en la Computación Ubicua, el concepto de contexto se generaliza y autores como Schilit (Schilit B., 1994) dan pasos definitivos a descripciones más generales y ambiciosas. Para Schilit el contexto puede resumirse respondiendo a las preguntas: ¿Dónde estoy? ¿Con quién estoy? y ¿Qué objetos tengo a mi alrededor?

2.4.4.1. Aspectos importantes según Schilit

Schilit (Schilit B., 1994), contesta a estas interrogantes que caracterizan el concepto de contexto. Ver 2.3.

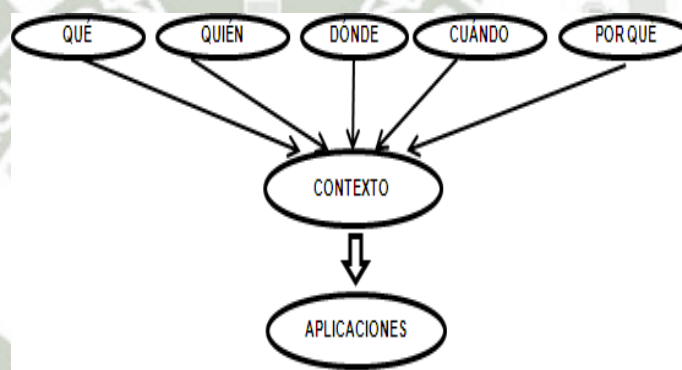


Figura 2.3: El Contexto paso a paso. Fuente: Elaboración propia.

Who (“quién”, Identity Awareness): Es posible hablar de perfiles de usuario y la medida en la que el contexto los diferencia para lograr el comportamiento adecuado.

What (“qué”, Task Awareness): Se centra en lo que el usuario está haciendo, qué tarea realiza y que quiere conseguir. Constituye por tanto los servicios que el sistema le ofrece.

Where (“dónde”, Location Awareness): Conocimiento de la localización física, es decir ubicación de personas y objetos que realizarán las tareas.

When (“cuando”, Time Awareness): Adquisición y mantenimiento de información sobre tiempo y fecha, horarios estáticos y dinamismo de la agenda de cada usuario.

Why (“por qué” del comportamiento de un dispositivo): Para conseguir comunicar fácilmente con la computadora en la realización de tareas cotidianas, a ser posible, de manera implícita, es decir, sin intervención por parte del usuario.

2.4.4.2. Clasificación del Contexto

Definido y caracterizado el contexto, se han diferenciado diversas categorías de contexto para darle una estructura más organizada.

La siguiente clasificación propuesta por Schilit (Schilit B., 1994), se refiere al origen del contexto, es decir, la información está clasificada dependiendo de a qué entidad pertenece la información.

Contexto de usuario: Comprende su localización, estado de ánimo, situación social etc.

Contexto de computación: Recursos disponibles en las máquinas, procesos ejecutándose, espacio libre, memoria, dispositivos disponibles, medios de interacción con ellos etc.

Contexto del entorno: Temperatura, nivel de ruido, etc.

Algunos autores proponen clasificar de contexto en lo que llaman interno y externo.

Contexto Externo: Se refiere al contexto directo fácilmente adquirible por sensores, en la forma deseada. Ejemplos son temperatura, localización, luz, sonido, movimiento, etc. Está muy relacionado al contexto relativo al entorno exterior al usuario.

Contexto Interno: Se refiere al nivel interno del usuario, que describe su status. Toda información, pertenezca o no al propio usuario, que describa su estado, entra dentro de esta catalogación interna. Son ejemplos su estado de ánimo, objetivos e intenciones, procesos de negocio etc.

Gwizdka (Gwizdka, 2000) después de realizar un análisis del contexto, lo clasifica según los cuatro usos principales que las aplicaciones hacen de él:

Contexto como una entrada adicional de datos: El contexto se utiliza con entrada de datos que la aplicación utilizará en su beneficio. Por ejemplo, se puede utilizar el contexto del nivel de ruido de una habitación para ajustar las preferencias de sonido al recoger el audio de un usuario. Ver 2.4.

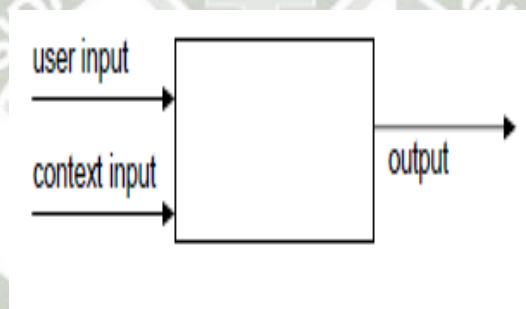


Figura 2.4: Contexto como entrada adicional de datos.

Fuente: What's in the Context? (Gwizdka, 2000)

Contexto como elemento que modifica la entrada de datos: El contexto es información que sirve para interpretar la entrada de datos de usuario de forma correcta. Un ejemplo podría ser averiguar la localización del usuario para poder interpretar si se trata de una entrada de datos relacionada con el trabajo o con el ocio, y en consecuencia guardarlas en carpetas diferentes. Ver 2.5.

Contexto como información que vuelve al usuario: Se crea un bucle en el que el contexto es proporcionado por el sistema de vuelta al usuario para que este lo interprete y pueda o no modificar su entrada de datos manual. Un caso práctico

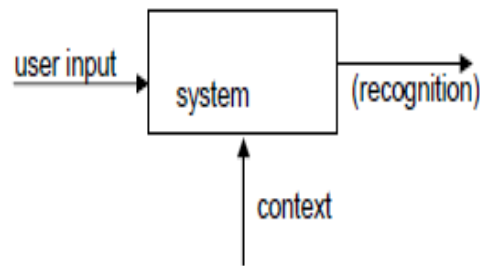


Figura 2.5: Contexto como elemento que modifica la entrada de datos.

Fuente: What's in the Context? (Gwizdka, 2000)

sería un sistema de monitorización en el que se deduce un contexto actual de anomalía en una máquina. Esa información se devuelve al usuario quien la interpreta y decide en base a ello qué acción tomar de vuelta en el sistema. Ver 2.6.

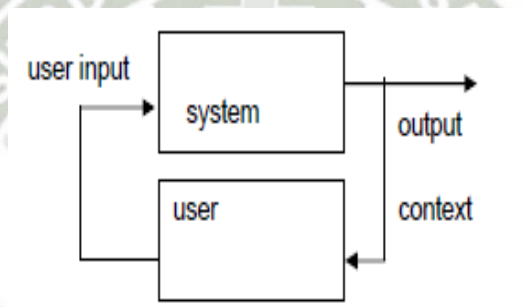


Figura 2.6: Contexto como información que vuelve al usuario.

Fuente: What's in the Context? (Gwizdka, 2000)

Contexto como un disparador de eventos: El sistema recibe la información de contexto, la analiza y si alguna condición se vuelve verdadera se dispara una serie de eventos. Ver 2.7.

2.5. Aplicaciones Basadas en Contexto (context-aware)

Habiendo definido, caracterizado y clasificado el contexto, es necesaria una definición de aquellas aplicaciones que utilizan o son conscientes del contexto (aplicaciones context-aware).

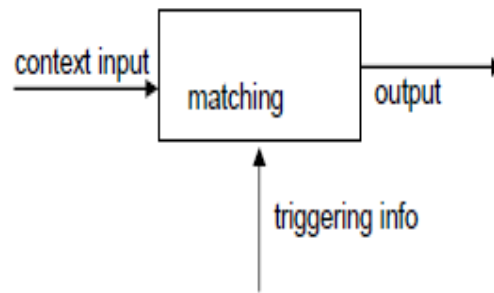


Figura 2.7: Contexto como un disparador de eventos.

Fuente: What's in the Context? (Gwizdka, 2000)

Así como la definición de contexto ha ido evolucionando de una forma más concreta a una más general, la definición de contextaware ha ido también evolucionando. Schilit, inicialmente, define a estas aplicaciones como un software que se adapta dependiendo de la localización, objetos y gente cercana, así como los cambios de estado de esos objetos en el tiempo. Considerando la evolución que ha tenido el concepto contexto, esta definición de context-aware es limitada.

Una de las primeras aplicaciones context-aware que pudieron verse fue Active-Badge en 1992, un sistema de localización en entorno de oficina.

Con el desarrollo de nuevas aplicaciones la definición fue evolucionando. Aparecieron sinónimos como Situated Computing (Hull, 1997) que se define como la capacidad del software para detectar, interpretar y responder a los aspectos del entorno del usuario.

Posteriormente, aunque aún ligado al concepto de usuario y ambiente alrededor de él, ya se habla no sólo de detectar el contexto, sino de interpretarlo y dar una salida respecto a él. Otro sinónimo utilizado por algunos autores indistintamente a context-aware es context-sensitive.

Autores como Flickas (Fickas, 1997) definen una aplicación context-aware dando un sentido más completo y eliminando la limitación de que el contexto fluye siempre alrededor de un usuario. Usando el sinónimo de environment-directed, definen una aplicación context-aware como software que monitoriza el estado del entorno y adaptan su funcionamiento con respecto a él, siguiendo unas guías y preferencias definidas por

el usuario.

Schilit y Theimer (Schilit, 1994) tienen una definición de estas aplicaciones como sistemas que descubren cambios en el entorno en el que están situados y reaccionan a ellos. Mientras esta descripción puede acercarse al ámbito general, realmente un sistema no tiene por qué reaccionar únicamente a los cambios del entorno. Una aplicación puede ofrecer información de contexto que no cambia y ser context-aware.

Abowd (Schilit, 1994) definen un sistema context-aware como un sistema que utiliza el contexto para proporcionar información relevante y/o servicios al usuario, donde la relevancia depende de la tarea del propio usuario.

Estas dos últimas descripciones son suficientemente generales para poder abarcar los sistemas contextaware dentro de la ya amplia definición del propio contexto.

2.5.1. Características de una Aplicación Basada en Contexto

- Es una aplicación capaz de usar la información de contexto.
- Un sistema es context-aware si puede extraer, interpretar y usar la información de contexto y adaptar su funcionalidad al estado actual de dicho contexto.
- Este tipo de aplicaciones se diferencian por la complejidad de captura, de representar y procesar los datos de contexto.
- Las aplicaciones basadas en contexto se clasifican en:
 - Activas (Active context awareness).
 - Pasivas (Passive context awareness).

Para mejorar el servicio a los usuarios, tanto las aplicaciones como los servicios deben considerar sus contextos y adaptarse automáticamente a su condición cambiante; característica que se conoce como sensibilidad al contexto (context-awareness). (Bolchini, Schreiber, Tanca, 2007; Dey, 2001; Zhu, Mutka, Ni, 2005).

2.6. Dispositivos Móviles

Un dispositivo móvil es un aparato de tamaño pequeño, con algunas capacidades de procesamiento, alimentación autónoma, con conexión permanente o intermitente a una red, con memoria limitada, que ha sido diseñado específicamente para una función, pero que pueden llevar a cabo otras funciones más generales .

Dado el variado número de niveles de funcionalidad asociado con dispositivos móviles, en el 2005, T38 y DuPont Global Mobility Innovation Team propusieron los siguientes estándares para la definición de dispositivos móviles:

Dispositivo Móvil de Datos Limitados (Limited Data Mobile Device): Dispositivos que tienen una pantalla pequeña, principalmente basada en pantalla de tipo texto con servicios de datos generalmente limitados a SMS y acceso WAP. Son un ejemplo de este tipo de dispositivos los teléfonos móviles

Dispositivo Móvil de Datos Básicos (Basic Data Mobile Device): Dispositivos que tienen una pantalla de tamaño mediano, (entre 120 x 120 y 240 x 240 pixels), menú o navegación basada en íconos, ofrecen acceso a e-mail, lista de direcciones, SMS, y un navegador web básico. Un ejemplo de este tipo de dispositivos son las BlackBerrys y los Teléfonos Inteligentes.

Dispositivo Móvil de Datos Mejorados (Enhanced Data Mobile Device): Dispositivos que tienen pantallas de medianas a grandes (por encima de los 240 x 120 pixels), navegación de tipo stylus, y que ofrecen las mismas características que el Dispositivo Móvil de Datos Básicos (Basic Data Mobile Devices) más aplicaciones nativas y aplicaciones corporativas usuales, en versión móvil. Este tipo de dispositivos incluyen el sistema operativo como Windows Mobile, Android, iPhone OS.

2.6.1. Dispositivos Móviles más utilizados

Existen multitud de dispositivos móviles, que van desde los reproductores de audio hasta los navegadores GPS, siendo los teléfonos móviles y en los PDAs los más utilizados y conocidos en la actualidad, pues, ofrecen mayor variedad de aplicaciones multimedia y tienen más posibilidades de evolución.

2.6.2. Personal Digital Assintant (PDA)

En nuestro medio también son llamados *tablet*. Un PDA, es una computadora de mano originalmente diseñada como agenda electrónica con un sistema de reconocimiento de escritura. Estos dispositivos, pueden realizar muchas de las funciones de una computadora de escritorio pero con la ventaja de ser portátil.

Inicialmente los PDAs incluían aplicaciones estrictamente relacionadas con su función como agenda electrónica, es decir, incluían calendario, lista de contactos, bloc de notas y recordatorios. Con el paso de tiempo han ido evolucionando hasta los dispositivos actuales que ofertan un rango mucho más extendido de aplicaciones, como juegos, acceso al correo electrónico o la posibilidad de ver películas, crear documentos, navegar por Internet o reproducir archivos de audio.

Las características del PDA moderno son pantalla sensible al tacto, conexión a una computadora para sincronización, ranura para tarjeta de memoria, y al menos Infra-rojo, Bluetooth o WiFi.

La irrupción de Microsoft Windows CE (2000) y Windows Mobile (2003) en el sector los dotó de mayores capacidades multimedia y conectividad.

Actualmente, los PDAs traen multitud de comunicaciones inalámbricas (Bluetooth, WiFi, IrDA, GPS,).

2.6.3. Teléfonos Móviles

El teléfono móvil es un dispositivo electrónico inalámbrico que utiliza la tecnología de ondas de radio, tiene la misma funcionalidad que cualquier teléfono de línea fija. Su principal característica es su portabilidad, ya que la realización de llamadas no depende de ningún terminal fijo y no requiere ningún tipo de cableado para conectarse a la red telefónica.

La función principal de un teléfono móvil es la comunicación de voz, sin embargo, su rápido desarrollo ha incorporado funciones adicionales como mensajería instantánea (sms), agenda, juegos, cámara fotográfica, agenda, acceso a Internet, reproducción de video, GPS, reproductor mp3, alarma, calculadora y acceso WAP a páginas web especialmente diseñadas para móviles).

La evolución del teléfono móvil ha permitido disminuir su tamaño y peso. El primer teléfono móvil (1983), el Motorola DynaTAC, pesaba 780 gramos.

Con el correr de los años se han desarrollado baterías más pequeñas y de mayor duración, pantallas más nítidas y de colores, y se ha incorporado software más amigable.

2.6.3.1. Teléfonos Móviles Inteligentes (Smartphones)

Un smartphone (teléfono inteligente en español) es un dispositivo electrónico que funciona como un teléfono móvil y que tiene características similares a las de un computador personal.

Una característica importante de casi todos los teléfonos inteligentes es que permiten la instalación de programas para incrementar el procesamiento de datos y la conectividad. Estas aplicaciones pueden ser desarrolladas por el fabricante del dispositivo, por el operador o por un tercero.

Los teléfonos inteligentes se distinguen por muchas características: pantallas táctiles, sistema operativo, conectividad a Internet y acceso al correo electrónico.

Otras aplicaciones que suelen estar presentes son las cámaras integradas, la administración de contactos, el software multimedia para reproducción de música y visualización de fotos y video-clips, algunos programas de navegación, y la habilidad de leer documentos de negocios en variedad de formatos como PDF y Microsoft Office.

Una característica común a la mayoría de smartphones es una lista de contactos capaz de almacenar tantos contactos como la memoria libre permita, en contraste con los teléfonos clásicos que tienen un límite para el número máximo de contactos que pueden ser almacenados.

2.7. Los Dispositivos Móviles y las Aplicaciones Contextaware

El crecimiento del mercado de los dispositivos móviles, unido al uso permanente que se hace de ellos y la variedad de sensores de los que disponen hacen de estos una plataforma inmejorable para el despliegue de aplicaciones sensibles al contexto.

Este aspecto se ha acentuado en los últimos años, pues los avances tecnológicos han convertido los teléfonos móviles en potentes computadores de bolsillo, capaces de realizar gran variedad de tareas y de estar comunicados en todo momento. El uso multidisciplinar y permanente de los dispositivos móviles unido a los múltiples sensores que actualmente incorporan, hacen que la cantidad de información de contexto que pueden proporcionar sea notable.

La razón de este creciente interés es que un correcto tratamiento de la información permite crear aplicaciones sensibles al contexto capaces de ofrecer servicios personalizados y de mayor relevancia para el usuario.

2.8. Acerca de PowerTutor

PowerTutor fue desarrollado por candidatos Ph.D. de la Universidad de Michigan Mark Gordon, Zhang y Lide Tiwana Birjodh bajo la dirección de Robert Dick y Zhuoqing Morley Mao en la Universidad de Michigan y Yang Lei de Google bajo la dirección del Profesor Theodore Baker. Ha recibido apoyo previo de Google y de la Fundación Nacional de la Ciencia con la beca CNS-0720691, y se realizó en colaboración con la Universidad de Michigan y la Universidad Northwestern dentro del marco del Proyecto de Sistemas Empáticos.

PowerTutor es una aplicación para teléfonos celulares Android que muestra la cantidad de energía consumida por los principales componentes del sistema tales como CPU, interfaz de red, pantalla, receptor de GPS y otras aplicaciones.

La aplicación permite a los desarrolladores de software conocer el impacto de los cambios de diseño en la eficiencia del uso de energía. Los usuarios de la aplicación también la pueden utilizar para determinar cómo sus acciones afectan la vida de la batería.

PowerTutor construye un modelo de consumo de energía constituido por mediciones directas durante un tiempo de control detallado de los estados de los dispositivos que administran la energía. Este modelo proporciona estimaciones del consumo de energía con un error aproximado del 5% con respecto a los valores reales, en el presente trabajo el error puede ser mayor puesto que se usan unas constantes no especificadas para el Samsung Galaxy Nexus, sino para aun equipo similar.

Las estimaciones se dan a través de una pantalla configurable que proporciona la historia de consumo de energía. También muestra a los usuarios una salida de texto que contiene los resultados detallados. Adicionalmente, se puede utilizar PowerTutor para supervisar el consumo de energía de cualquier aplicación.

Capítulo 3

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE AHORRO DE ENERGÍA

El crecimiento del mercado de los dispositivos móviles, unido al uso permanente que hacemos de ellos y la variedad de sensores de los que disponen hacen de estos una plataforma inmejorable para el despliegue de aplicaciones sensibles al contexto.

En este capítulo se describe la propuesta de un sistema que permite optimizar el consumo de la energía almacenada en la batería de un dispositivo móvil en base al conocimiento del contexto asociado a cada aplicación.

3.1. Bases de la Investigación

3.1.1. Pruebas iniciales

Antes de iniciar el desarrollo de la propuesta, era necesario determinar las características generales de uso de un teléfono inteligente. Conociendo el problema se avanzaba

un paso en la solución del mismo.

Dada la naturaleza del proyecto, se debe procurar que la energía limitada del dispositivo sea gestionada eficientemente. Una buena gestión de la energía requiere la comprensión de dónde y cómo se utiliza la energía (Yi-Fan Chung y Chun-Yu Lin, 2011).

Para este fin se presenta un análisis detallado del consumo de energía de un Smartphone Samsung Galaxy Nexus. Dentro del análisis, el usuario final es un factor importante que muchas veces se pasa por alto; por consiguiente, el consumo de energía de un dispositivo móvil se define por la actividad del usuario.

3.1.2. Análisis del Consumo de Energía

Utilizando PowerTutor, se procedió a realizar pruebas de consumo en un celular Samsung Galaxy Nexus. Las especificaciones del Celular se presentan en el Cuadro 3.1, las pruebas se realizaron considerando un uso común por un usuario de prueba durante aproximadamente 7,5 horas.

Dispositivo	Samsung Galaxy Nexus GT-i9250
Sistema Operativo	Android 4.2.1
Procesador	1.20GHz TI OMAP 4460 (ARM Cortex A9 + PowerVR SGX540)
Memoria RAM	1 GB
Pantalla	5 Oled 4.65 pulgadas
Resolución de Pantalla	1280 x 720
Capacidad de la Batería	1750 mAh
Conexiones	Wi-Fi, 3G (HSPA+ 21)

Cuadro 3.1: Especificaciones del dispositivo móvil de prueba

Fuente: Elaboración propia

Las mediciones que se han tomado no son físicas como hace Carroll (Carroll, 2010),

donde las mediciones son más exactas pero no son dinámicas y exigen que el celular esté conectado a otros dispositivos.

En la Figura 3.1, Se observan los primeros puestos en la clasificación de los resultados generales de aplicaciones con mayor consumo de energía.



Figura 3.1: Resultados generales del uso de energía del usuario de prueba.

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que la aplicación con mayor consumo de energía es: WhatsApp, una aplicación de mensajería vía internet. Posteriormente se observan servicios y procesos del sistema: La sincronización automática de Google, mediante la cual se sincroniza contactos, calendario, etc. con los servidores de Google en la nube y el Sistema Operativo Android.

Luego, aparecen dos aplicaciones de comunicación vía Chat: Google Talk y Skype. Después aparece el cliente de e-mail: Hotmail. Finalmente se observan otros dos procesos del sistema, el diccionario y la pantalla de inicio del sistema.

Con base en la Figura 3.2, es posible analizar con mayor profundidad el consumo de las aplicaciones por componentes.



Figura 3.2: Resultados por componente del uso de energía del usuario de prueba.

Fuente: Elaboración propia

Tomando la aplicación WhatsApp como referencia, se nota que el mayor consumo es el de la Pantalla OLED, que presenta un 75 % del consumo total de la aplicación. Sigue el consumo por la comunicación con Internet, ya sea por Wi-Fi o 3G, representa un 20 % del consumo y finalmente el 5 % que queda es el consumo en CPU.

En Google Talk, se encuentra un patrón de consumo similar, su consumo fue 90 % pantalla, un 6 % en comunicación y tan solo 2 % CPU.

Para corroborar este comportamiento; se tiene a Skype, quien al estar más tiempo en segundo plano no tuvo el mismo consumo de pantalla, registró un 19%, por otro lado la comunicación con Internet registro un 80%.

3.1.3. Clasificación de las Aplicaciones

Para la clasificación de las aplicaciones se ha revisado (Carroll, 2010) y basándose en su clasificación se decidió crear 4 clases (Cuadro 3.2), que se usarán para aplicar las futuras medidas.

Aplicaciones de Sistema	Aplicaciones de Usuario	
	Aplicaciones de CPU	Aplicaciones de Comunicación

Cuadro 3.2: Clasificación de las aplicaciones. Fuente: Elaboración propia

A continuación se describen estas clases de aplicaciones:

1. Aplicaciones del Sistema: Aplicaciones propias del Sistema Android, a las cuales no es conveniente acceder ni modificar puesto que esto puede redundar en el reinicio del teléfono celular.

2. Aplicaciones de Usuario: Las aplicaciones de Usuario son aquellas que se manipulan en busca de administrar más eficientemente la energía de la batería. Las aplicaciones de usuario se subdividen en:

- **Aplicaciones de CPU:** Son las aplicaciones que por lo general harán mayor uso de los componentes: pantalla y CPU; en especial de pantalla puesto que mayormente están en primer plano. Para este tipo de aplicaciones el tipo de ahorro se dará preferentemente en el ámbito de la pantalla, reduciendo su brillo y reduciendo el tiempo que tarda en apagarse la pantalla. Si fueran aplicaciones que se ejecutan en segundo plano puede ser conveniente cerrarlas
- **Aplicaciones de Comunicación:** Se definen como las aplicaciones que tendrán mayor uso de actividades de comunicación y de pantalla. El uso de pantalla se producirá cuando la aplicación esté en primer plano, ya sea para revisar o enviar la información que recibe la aplicación. En este tipo de aplicaciones se puede reducir el consumo de energía de dos formas:
 - Enfocándose en la pantalla, reduciendo el brillo y tiempo de suspensión.

- teniendo en cuenta las actividades de comunicación.

Ambos enfoques son efectivos, sin embargo los resultados dependen del tipo de usuario y de la cantidad de veces y de tiempo en que usa estas aplicaciones en su rutina diaria.

3.1.4. Análisis de Resultados

Habiéndose revisado las aplicaciones que utilizó el usuario en las horas en que se realizó la prueba se ha elaborado una tabla en la que se clasificaron las aplicaciones dependiendo del consumo que presentaban. Los resultados se muestran en el Cuadro 3.3.

Es posible observar que la mayoría de aplicaciones que nuestro usuario de prueba utilizó fueron de tipo *Comunicación*.

No obstante, cabe resaltar que el usuario no utilizó el teléfono celular como reproductor de música ni para jugar alguno de los videojuegos instalados. De haber sido así, las aplicaciones se habrían clasificado como aplicaciones de CPU y se hubieran situado en el tope de la tabla.

Es importante observar que dependiendo del porcentaje de pantalla que utiliza cada aplicación, se le mantiene en primer plano o se le restringe a un segundo plano. Por ejemplo, la aplicación WhatsApp, que según los resultados, fue la más utilizada por el usuario de prueba y se mantuvo en primer plano.

3.1.5. Acciones Realizadas:

Para reducir el consumo de energía por aplicaciones se propuso realizar las siguientes acciones:

Apagar todo Hardware Innecesario: Apagar: GPS, Wi-Fi, Bluetooth, y pasar de

Aplicación	% Total	Tipo	Oled	% Oled	CPU	% CPU	WiFi +3G	% WiFi +3G
WhatsApp	2000.0	Comunicación	1500	75.00	92.3	4.62	411.4	20.57
Sinc. Contactos	1500.0	Comunicación	0	0.00	36.8	2.45	140.0	93.33
Sistema Android	1000.0	CPU	533.6	53.36	388.3	38.83	104.4	10.44
GoogleTalk	976.0	CPU	895.2	90.07	18.8	1.93	58.5	6.00
Skype	812.1	Comunicación	154.5	19.02	14.2	1.75	643.4	79.23
Hotmail	569.6	Comunicación	110.7	19.43	17.0	2.98	442.0	77.60
Diccionario	485.4	CPU	473.8	97.61	11.6	2.39	0.0	0.00
Launcher	445.1	CPU	423.6	95.17	21.5	4.83	0.0	0.00
PowerTutor	424.8	CPU	365.7	86.09	119.3	28.08	0.0	0.00
Correo	379.1	Comunicación	16.5	4.35	7.4	1.95	355.2	93.70
BeautifullWidgets	374.2	Comunicación	36.9	9.86	65.5	17.50	271.8	72.63
TopEleven	310.7	Comunicación	171.1	55.07	35.6	11.46	104.0	33.47
Mapas	279.3	Comunicación	15.9	5.69	47.5	17.01	218.4	78.20
GoogleNow	272.7	Comunicación	0	0.00	20.6	7.55	251.4	92.19
Navegador	182.4	Comunicación	95.4	52.30	9.9	5.43	77.1	42.27
TecladoAndroid	168.2	CPU	0	0.00	168.2	100.00	0.0	0.00
Kernel	158.9	CPU	0	0.00	158.9	100.00	0	0.00
HDwidgets	133.0	Comunicación	66.8	50.23	15.3	11.50	51.0	38.35
ABSecurity	130.0	Comunicación	10.8	8.31	18.9	14.54	100.3	77.15
Interbank	104.4	Comunicación	54.1	51.82	0	0.00	49.2	47.13
Gmail	86.1	Comunicación	31.2	36.24	2.8	3.25	52.2	60.63

Cuadro 3.3: Resultados y Clasificación de las pruebas. Fuente: Elaboración propia

3g o 4g a Edge.

Regular el Consumo de energía de la Pantalla: De ser posible apagarla, en caso contrario usar el Brillo Automático.

Cerrar aplicaciones de Consumo de CPU: Los procedimientos en segundo plano, de ser eliminados se tendría un gran ahorro.

Aumentar el intervalo de tiempo entre refrescamientos de las Aplicaciones de Comunicación:

Fijar el intervalo de tiempo entre refrescamientos y mantener congeladas las aplicaciones el resto del tiempo

Estas acciones fueron implementadas de forma estática en la aplicación que se utilizará en el proyecto *“Asistencia y Monitoreo Remoto de Pacientes por medio de Sensores, Dispositivos Móviles y Central Médica Virtual”*.

Posteriormente se dejó al celular Samsung Galaxy Nexus manteniendo la comunicación con el dispositivo médico para obtener la información con un lapso de 1 vez cada segundo.

Transcurridas 8 horas de este proceso, al comparar los resultados con mediciones iniciales se observa un ahorro importante de energía.

3.2. Sobre la solución final

En los últimos años, la estimación y optimización del consumo de energía es un ámbito popular de la investigación en arquitecturas integradas y móviles.

Los investigadores han estudiado el consumo de energía en diferentes niveles, incluyendo el de circuitos, arquitectura y los niveles del sistema. Sin embargo, hay un factor fundamental en gran medida ignorado - *el usuario final*.

Se debe tratar al usuario final de manera prioritaria y estudiar sus tendencias, propiedades, y patrones de actividad. Sin la comprensión de estos patrones, no es posible entender claramente el impacto de cualquier optimización en el consumo de energía.

Conociendo cuáles son las aplicaciones que inciden en el consumo de la energía de la

batería y habiendo tomado acciones que revelaron un ahorro efectivo se pensó en una alternativa de solución al problema.

Es por ello, que en esta sección se presenta el resultado del análisis y diseño de la arquitectura propuesta, partiendo de lo general a lo particular, mostrando primero un esquema global de la arquitectura para posteriormente detallar los componentes participantes.

3.2.1. Arquitectura Lógica

Con base en las impresiones y resultados de las primeras pruebas se implementó una solución final que busca el ahorro de energía considerando la información del consumo de energía de cada aplicación instalada en el dispositivo móvil.

Esta información constituye *el contexto*, el cual depende de cada usuario y de la forma como utiliza su dispositivo móvil; también depende de cada aplicación. Es por ello que el contexto se torna heterogéneo para los diferentes casos y requiere de un aprendizaje previo.

Bajo estos considerandos, se diseñó la solución teniendo en cuenta diferentes módulos para la administración correcta de la información obtenida del contexto del dispositivo móvil.

Los módulos creados se describen brevemente a continuación:

Módulo de Obtención del Contexto (MOC): Se necesita una fuente de información a la que se denominó proveedor o fuente de información del contexto. Básicamente es un proceso que obtiene información sobre el consumo de cada aplicación por cada componente.

Módulo de Inyección de Información a la Base de Datos (MII): Obtiene la información del Módulo de Obtención del Contexto, la ordena y formatea para inyectarla en la base de Datos de la aplicación. Adicionalmente, realiza una llamada

al Módulo de Aprendizaje para que actualice los datos del aprendizaje, es decir, el conocimiento.

Módulo de Aprendizaje (MA): Se encarga de utilizar la información obtenida del módulo de Inyección de la Información para generar un conocimiento propio. Los métodos probados se detallan más adelante. Este módulo es el encargado de clasificar a cada una de las aplicaciones de acuerdo a una clasificación previamente establecida.

Módulo de Ejecución (ME): Utiliza el aprendizaje obtenido del módulo de ejecución, es un servicio que se inicia a pedido del usuario y se mantiene controlando el tiempo para hacer llamadas a otros 2 módulos para que ejecuten las medidas que generarían el ahorro de energía deseado. Los módulos llamados son: el de bloqueo de internet y el de cierre de aplicaciones.

Módulo de Bloqueo de Internet (MBI): Es el que se encarga de limitar el acceso de las aplicaciones a la web, utiliza la tecnología IP-Tables. Esta tecnología representa el Firewall de Linux a nivel de Kernel, funciona como un filtro que permite el acceso únicamente a las aplicaciones que cumplen las reglas establecidas.

Módulo de Cierre de Aplicaciones (MCA): Cierra las aplicaciones a pedido del módulo de ejecución desde línea de comandos.

3.2.2. Requisitos

En este apartado se presentan los requisitos definidos para la instalación de la solución en un dispositivo móvil.

3.2.2.1. Primer Requisito

Es requisito indispensable que el dispositivo móvil sea un dispositivo Android con una versión superior a 4.0 también llamada *Icecream Sandwich* que también se utilizará en

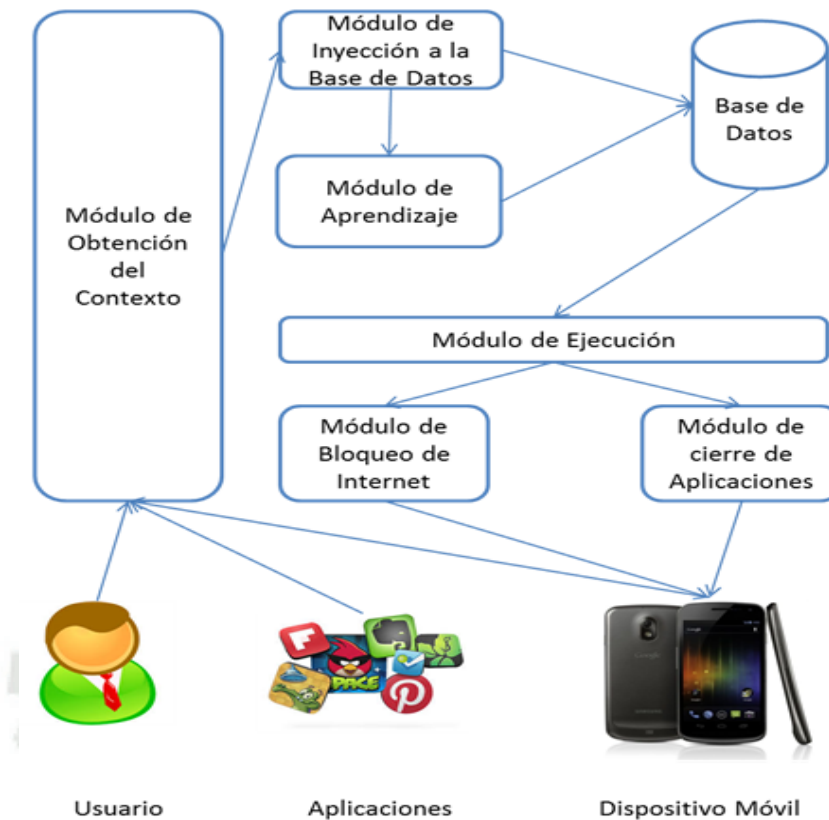


Figura 3.3: Diagrama de Módulos de la aplicación. Fuente: Elaboración propia.

Fuente: Elaboración propia

el proyecto SmartSalud. Actualmente, el 68,26% de los dispositivos Android cumplen con esta restricción. Ver figura 3.4.

3.2.2.2. Segundo Requisito

Es importante, para un mejor funcionamiento de la solución, que el dispositivo disponga acceso a Root, es decir poseer los privilegios de Administrador o Super Usuario (SuperUser) del sistema operativo Android.

Este concepto proviene del OS Linux y se utiliza en Android ya que comparte muchas características con este sistema operativo, en especial el Kernel.

El proceso de Root es necesario cuando se deben ejecutar ciertas aplicaciones que necesitan privilegios del directorio principal mejor conocido como ROOT DIRECTORY.

TOP 10 VERSIONES DE ANDROID	
Android 4.1	40,79%
Android 2.3.3 - 2.3.7	25,34%
Android 4.0.3 - 4.0.4	18,53%
Android 4.2	7,27%
Android 2.2	4,00%
Android 4.3	1,67%
Android 3.2	0,80%
Android 2.1	0,74%
Android 3.1	0,68%
Android 1.6	0,07%

Figura 3.4: Top 10 Versiones para Android. Fuente: Google Play Developer Console

Una forma de visualizar el Root Directory es considerarlo como la primera casilla de un organigrama.

De no poseer el acceso, no se asegura que las pruebas den el mismo resultado, puesto que la investigación se realizó solo en dispositivos que cumplen este requerimiento.

3.3. Implementación

En esta sección se muestra la viabilidad de la arquitectura propuesta, para ello, se presenta la implementación de los módulos descritos que la conforman.

Los módulos están restringidos por las capacidades de las tecnologías existentes, por esta razón se utilizaron las tecnologías más actuales para su implementación.

El módulo de Contexto está desarrollado empleando el IDE Eclipse agregándole los complementos de Google y por último el Android Software Development Kit, que en especial se utilizó las aplicaciones del ".ADB." "Android Debug Bridge" para envío de Intents personalizados y el "LogCat" para registro de eventos y advertencias, todo con

finés de Depuración.

Cada módulo fue empaquetado independientemente para un mejor manejo de código, se obtiene así un código más ordenado y se asegura una mejor reutilización de componentes.

El tiempo total que tomó la implementación de la solución fue de un mes y medio, siendo desarrollado por un único programador y sin utilizar ningún framework especial.

3.4. Detalles de la Implementación

Módulo tras módulo se detallará el funcionamiento de la solución recalando ciertos puntos y detalles de los mismos.

3.4.1. Módulo de Obtención del Contexto (MOC)

Para que la solución cumpla su cometido se necesita contar con una base de datos que se transformará en conocimiento posteriormente.

Es por ello, que el primer paso en el proceso de ahorro de energía es tener conocimiento del contexto que rodea al usuario y a su dispositivo móvil.

El Módulo de Obtención del Contexto está basado en una herramienta para dispositivos Android llamada PowerTutor.

PowerTutor estima el consumo de energía basándose en su propio modelo constituido por mediciones directas al hardware del dispositivo móvil, es decir al conectar voltímetros a los componentes del dispositivo móvil, para así determinar medidas del consumo de energía. Estas medidas son únicas para los dispositivos móviles donde los investigadores de PowerTutor hicieron sus pruebas.

Lamentablemente, solo existen medidas exactas para un número limitado de dispositivos. Como la mayoría de ellos son dispositivos antiguos y/o descontinuados, las mediciones tomadas con el PowerTutor no son exactas, sino referenciales.

Esto, no limitará la base de conocimiento puesto que el comportamiento de los distintos dispositivos móviles no será igual pero si será muy parecido. Es decir, no se presentarán grandes cambios entre dispositivos.

Por ejemplo, cualquiera que sea el modelo y la marca del dispositivo móvil, la pantalla de un dispositivo siempre será el componente que presente un mayor consumo de energía.

Con base en el modelo de PowerTutor se obtiene el consumo de energía referencial por un plazo determinado de tiempo, este consumo está clasificado por cada una de las aplicaciones instaladas en el dispositivo móvil del usuario.

A su vez, el consumo de cada una de las aplicaciones se subdivide en base a los 4 componentes principales del dispositivo móvil: Pantalla, CPU, Wi-Fi, 3G. Estos datos son procesados y enviados al Módulo de Inyección de Información a la Base de Datos para ser almacenados.

3.4.2. Módulo de Inyección de Información a la Base de Datos (MII)

El Módulo de Inyección de Información a la Base de Datos se encarga de obtener los datos del Módulo de Obtención del Contexto para luego ingresarlos en la base de datos.

La base de datos solo tiene una tabla cuya estructura se presenta en la figura 3.5.

La información proveniente del Módulo de obtención del Contexto es inyectada a la Base de Datos dinámicamente hasta que recibe una última llamada del Módulo de Obtención del Contexto y es ahí donde se procede a hacer una llamada al Módulo de

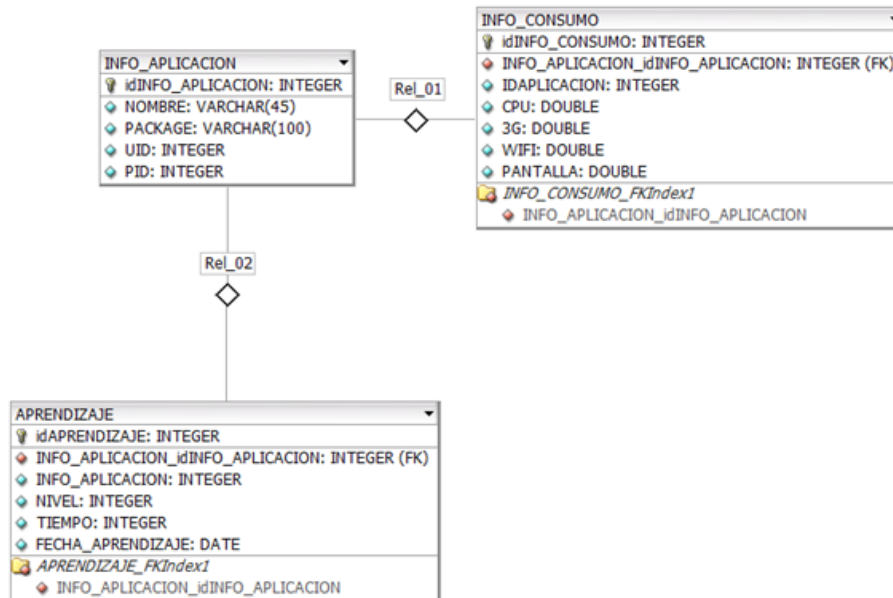


Figura 3.5: Diagrama de Base de Datos. Fuente: Elaboración propia

Aprendizaje para que efectúe el procesamiento de la información y posteriormente ingrese los resultados a la Base de Datos utilizando el Módulo de Inyección de Información a la Base de Datos.

3.4.3. Módulo de Aprendizaje (MA)

Luego de todo el proceso de obtener información y guardarla, en el aplicativo propuesto, se hace una llamada al Módulo de Aprendizaje para obtener resultados de la información obtenida.

El método escogido para realizar el aprendizaje es la división de las aplicaciones en estratos de consumo, es decir, a cada aplicación se le fija un nivel entre 1 y 10 y a cada nivel se le asigna un nivel de espera (ver figura 3.6) en el cual las aplicaciones serán desconectadas de internet o cerradas.

Se escogió este método porque, con otros métodos se podrían presentar tiempos de espera diferentes, lo que generaba un mayor tiempo de procesamiento en el Módulo de Ejecución.

Nivel	Se Bloquea por (en segundos)
1	30
2	60
3	90
4	120
5	150
6	180
7	210
8	240
9	270
10	300

Figura 3.6: Descripción del tiempo de espera por nivel. Fuente: Elaboración propia

Para asignar el nivel se suma el consumo total por cada aplicación y se compara con el consumo de pantalla. Un mayor consumo de pantalla significa que la aplicación pasó mayor tiempo en primer plano, es decir, siendo utilizada por el usuario.

En base al consumo total de la aplicación y al tiempo que es utilizada por el usuario, se le designa una importancia que se ve reflejada en el nivel que se le asigna. Mientras más bajo sea el nivel, la aplicación tiene mayor importancia para el usuario y por ende debe tener un menor tiempo de espera, de esta manera estará rápidamente disponible para el usuario.

3.4.4. Módulo de Ejecución (ME)

El módulo de ejecución es el más importante de la solución. Se le puede considerar el director de orquesta de la solución.

Luego de obtener toda la información, procesarla y finalmente conocimiento producto del aprendizaje, toda la información debe ser entregada al ejecutor quien se encargará de dirigir a dos módulos: Módulo de Bloqueo de Internet y Módulo de Cierre de Aplicaciones. Estos últimos son módulos tontos que solo cumplen ordenes del Módulo de Ejecución.

El ciclo del Módulo de Ejecución empieza luego de la petición del usuario. Allí se inicia un hilo que va iterando, cada 30 segundos el Módulo de Ejecución encarga a los Módulos de Bloqueo de Internet y de Cierre de Aplicaciones qué acciones tomar con algunas de las aplicaciones. Ver figura 3.7.

Iteración	Tiempo	Nivel Bloqueado
1	0	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
2	30	2,3,4,5,6,7,8,9, 10
3	60	1,3,4,5,6,7,8,9, 10
4	90	2,4,5,6,7,8,9, 10
5	120	1,2,3,5,6,7,8,9, 10
6	150	3,4,6,7,8,9, 10
7	180	1,2,3,4,5,7,8,9, 10
8	210	2,4,5,6,8,9, 10
9	240	1,3,4,5,6,7,9, 10
10	270	2,3,5,6,7,8, 10
11	300	1,2,3,4,5,6,7,8,9,
12	330	4,6,7,8,9, 10
13	360	1,2,3,4,5,6,7,8,9, 10
14	390	2,3,4,5,7,8,9, 10
15	420	1,3,5,6,7,8,9, 10
16	450	2,4,5,6,8,9, 10
17	480	1,2,3,4,5,6,7,8,9, 10
18	510	3,4,6,7,9, 10
19	540	1,2,3,4,5,6,7,8,9, 10
20	570	2,5,6,7,8, 10
...

Figura 3.7: Niveles bloqueados en cada iteración. Fuente: Elaboración propia

Las instrucciones que el Módulo de Ejecución envía pueden ser una de las siguientes:

- Quitar la conexión a internet a una aplicación.
- Cerrar una aplicación.
- Mandar un *intent* (clase de Android que es un *intento* de iniciar la aplicación) a una aplicación para que se abra nuevamente.
- Devolver el internet a una aplicación.

Cuando el usuario decide detener el servicio, el módulo de ejecución se cierra. Previamente al cierre, para terminar el ciclo devuelve el internet y manda *intents* a cada una de las aplicaciones cerradas para retornar el dispositivo a su estado original.

Otra de las labores importantes del Módulo de ejecución es distinguir aplicaciones de Usuario, las que se instalan día tras día y que no afectan en nada al funcionamiento normal del dispositivo móvil, de las aplicaciones del sistema Android, las cuales no son manejadas por la solución puesto que una mala decisión sobre estas puede derivar en el reinicio del dispositivo. Para hacer esta distinción se usa el UID de cada aplicación.

3.4.5. Módulo de Cierre de aplicaciones

Este es uno de los módulos tontos que solo funcionan bajo la dirección del Módulo de Ejecución. Se encarga de cerrar y abrir aplicaciones.

Cada una de las aplicaciones, al ser instalada en el dispositivo, recibe una UID, un identificador único para esa aplicación en ese dispositivo móvil. Este identificador único es enviado a cada una de las funciones del módulo para ejecutar algún comando.

Para ejecutar las acciones se usan las instrucciones de la línea de comandos de Linux utilizando comandos como *Kill*, y para reabrir las aplicaciones se ejecutan *Intents* con el Package Name, el nombre de paquete de la aplicación, que también es un valor único.

3.4.6. Módulo de Bloqueo de Internet

El Módulo de Bloqueo de Internet es el segundo módulo tonto, se encarga de la conexión a internet por aplicación, basado en IPTables.

Iptables es el nombre de la herramienta implementada en el Kernel de Linux a través de la cual los administradores crean reglas para cada filtrado de paquetes. Iptables es la herramienta estándar de todas las distribuciones modernas de GNU/Linux.

Las Iptables son un conjunto de reglas guardadas en un archivo que el sistema revisa antes de cada envío de paquetes. De esta forma la herramienta filtra los paquetes de datos de las aplicaciones antes de salir a internet, por lo que las aplicaciones piensan que simplemente no tienen acceso a internet por lo que no realizan mayor consumo.

Para ejecutar las acciones se usa DroidWall, un firewall para Android basado en Iptables que provee un API para la creación del conjunto de reglas de para filtrar los paquetes.



Capítulo 4

PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Las personas que tienen contacto directo con los dispositivos electrónicos inteligentes pueden definirse colectivamente como usuarios, sin embargo; de forma individual tienen numerosas diferencias (edad, sexo, conocimientos previos, motivación, etc).

Estas diferencias llevaron a Sutcliffe (1988) a definir la siguiente clasificación:

Inexpertos: Son las personas que no tienen experiencia en el uso de máquinas y tecnología (algo muy raro de encontrar hoy en día).

Principiantes: Personas que han tenido algún contacto con maquinaria y tecnología.

Habilitados: Son usuarios competentes, pero que les falta algo (al nivel de conocimiento o comprensión) que les permitan ser clasificados como expertos. Se podría decir que la mayoría de los usuarios entran en esta categoría.

Expertos: Se trata de individuos que poseen tan vasto conocimiento sobre la maquinaria y tecnología, que serían capaces de desmontarla y volver a montarla si fuera necesario. Constituyen un grupo relativamente pequeño de personas.

Atendiendo las diferentes clases de usuarios, para efectos de probar el aplicativo se buscó inicialmente a un grupo de usuarios expertos, en cuyos dispositivos se instaló la aplicación.

Posteriormente, se amplió el grupo de usuarios para incluir usuarios principiantes y usuarios habilitados.

4.1. La Experimentación: Usuarios Expertos

Los objetos de estudio en que se sostiene esta investigación son arquitecturas móviles que soportan la plataforma de código abierto Android; sin embargo, aun cuando la experimentación se enfoca en una arquitectura móvil específica, las aportaciones y hallazgos podrían fácilmente extenderse a otras arquitecturas móviles.

Para obtener los usuarios de estudio, se recurrió a usuarios expertos.

La validación por expertos consiste, básicamente, en utilizar las opiniones y los diagnósticos de expertos humanos como criterio de validación.

Es conveniente, a la hora de realizar la validación, contar con las opiniones de una serie de expertos humanos. Esto conlleva una serie de ventajas:

- No se está limitado a una única opinión, que puede ser errónea.
- Permite comparar el grado de consistencia existente entre los expertos.

Según R. Durand (1971) y referenciado por (Crespo, 2007) se entiende como experto, tanto al individuo en si como a un grupo de personas u organizaciones capaces de ofrecer valoraciones conclusivas de un problema en cuestión y hacer recomendaciones respecto a sus momentos fundamentales con un máximo de competencia. Además de hacer pronósticos reales y objetivos sobre efecto, aplicabilidad, viabilidad y relevancia

que pueda tener en la práctica la solución que se propone y brindar recomendaciones de qué se hace para perfeccionarla.

Las cualidades que deben tener los expertos son las siguientes:

- Capacidad.
- Imparcialidad.
- Amplitud de enfoques.
- Independencia de Juicios.
- Tener disposición a participar en la encuesta.
- Capacidad de análisis
- Capacidad autocrítica.
- Efectividad de su actividad profesional.

Adicionalmente, para efectos de la investigación, se estableció como condiciones que:

- Su dispositivo móvil fuera un Teléfono Celular Samsung Galaxy con sistema operativo Android.
- Posean el dispositivo por más de 3 meses.
- Sean usuarios del sistema operativo por más de un año.
- Puedan instalar y desinstalar aplicaciones.
- Tengan conocimientos sobre programación de sistemas.

4.1.1. Dispositivos Utilizados en la Experimentación

Para efectos de las pruebas, se han utilizado los dispositivos cuyas características se detallan en el Cuadro 4.1.

Código Usuario	Modelo Celular	Versión Android	Nombre Versión	Tamaño Batería (mAh)	Tamaño Pantalla (plg)	Velocidad Procesador (MHz)
E-01	Samsung Galaxy Nexus	4.1	Jelly Bean	1750	4.65	1200
E-02	Samsung Galaxy Note	4	ICS	2500	5.30	1400
E-03	Samsung Galaxy Y	2.3	Gingerbread	1200	3.00	800
E-04	Samsung Galaxy Tab 2	4.1	Jelly Bean	4000	7.00	1000
E-05	Samsung Galaxy S	2.3	Gingerbread	1500	4.00	1000
E-06	Samsung Galaxy SIII	4.1	Jelly Bean	2100	4.80	1400
E-07	Samsung Galaxy Y	2.3	Gingerbread	1200	3.00	800
E-08	Samsung Galaxy Tab 2	4	ICS	4000	7.00	1000
E-09	Samsung Galaxy Note	4	ICS	2500	5.30	1400
O-01	Asus Nexus 7	4.2	Jelly Bean	4325	7.00	1300
O-02	LG L3 E400	4	ICS	1500	3.20	800
O-03	LG Optimus Me P350	2.2	Froyo	1280	2.80	600
O-04	Sony Xperia Play	2.3	Gingerbread	1500	4.00	1000
O-05	LG L3 E400	2.3	Gingerbread	1500	3.20	800
O-06	LG Optimus Me P350	2.2	Froyo	1280	2.80	600

Cuadro 4.1: Celulares utilizados para la experimentación: usuarios expertos (E-xx) y otros usuarios (O-xx).

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Encuesta a los Expertos

Para reducir al mínimo los posibles sesgos en los datos, todos los voluntarios permanecen en el anonimato.

Una vez seleccionados los expertos, se hicieron pruebas iniciales a los dispositivos para obtener los datos base, con los que se compararán los resultados.

Posteriormente se dejó al módulo de aprendizaje corriendo por aproximadamente 1 día, con lo que la solución ya estaba lista para ser probada. Los expertos utilizaron sus dispositivos de una forma habitual por un tiempo menor a 10 horas.

Con el fin de evaluar la solución, la competencia y opinión de los expertos se recogió a través de la aplicación de la encuesta que se muestra en el Anexo A.

El Cuadro 4.2 muestra las características de los expertos evaluadores del aplicativo propuesto.

4.1.3. Competencia de los Expertos

Una vez seleccionados los expertos, y antes de someter el aplicativo a su valoración, se procedió a determinar la competencia de los expertos a través de una autoevaluación del mismo mediante la encuesta aplicada.

El método de la competencia de los expertos tiene como objetivo determinar el nivel de competencia de un candidato a experto (Evlanov y Kutusov, 1978). En esta metodología la competencia se determina por un coeficiente:

$$k = \frac{1}{2}(k_c + k_a) \quad (4.1)$$

donde k_c representa una medida del nivel de conocimientos sobre el tema investigado y k_a una medida de las fuentes de argumentación.

Código Usuario	Título o Grado	Cargo	Institución	Experiencia (años)
E-01	Ingeniero Sistemas	Analista	Bancaria	5
E-02	Mg. Ingeniería Sistemas	Jefe Desarrollo de Proyectos	Desarrollo de SW	12
E-03	Ingeniero Industrial	Analista-programador	Municipalidad	8
E-04	Ingeniero Informático	Desarrollador SW	Desarrollo de SW	6
E-05	Ingeniero Sistemas	Mantenimiento	Bancaria	4
E-06	Mg. Ingeniería Sistemas	Jefe Diseño Nuevos Productos	Bancaria	10
E-07	Bch. Ingeniería de Sistemas	Programador	Desarrollo de SW	3
E-08	Ingeniero Electrónico	jefe Planta	Telecomunicaciones	11
E-09	Bch. Ingeniería Electrónica	Mantenimiento redes	Desarrollo de SW	2

Cuadro 4.2: Características de los evaluadores expertos. Fuente: Elaboración propia

El coeficiente k de competencia permite clasificar a los expertos según su nivel de competencia en:

- Si $0,8 \leq K \leq 1,0$, entonces el coeficiente de competencia es alto.
- Si $0,5 \leq K < 0,8$, entonces el coeficiente de competencia es medio.
- Si $K < 0,5$, entonces el coeficiente de competencia es bajo.

El cálculo de k_c requiere de la autoevaluación del candidato en una escala de 0 a 10, donde el valor seleccionado se divide por 10 para lograr cierta normalización.

Respecto al cálculo de k_a , también es necesario que el encuestado se autoevalúe, pero

atendiendo a seis posibles fuentes de argumentación. La valoración se hace en base en una escala tipo Likert, que se muestra en el Cuadro 4.3.

Fuentes	Grado de Influencia		
	Alto(A)	Medio(M)	Bajo(B)
Investigaciones relacionadas	0.30	0.20	0.10
Experiencia obtenida	0.50	0.40	0.20
Lectura especializada, autores nacionales	0.05	0.05	0.05
Lectura especializada, autores extranjeros	0.05	0.05	0.05
Conocimiento sobre la problemática	0.05	0.05	0.05
Intuición	0.05	0.05	0.05

Cuadro 4.3: Escala tipo Likert para el cálculo de k_a

Una vez efectuadas las autoevaluaciones es posible calcular el valor individual de k . Los resultados se muestran en el Cuadro 4.4.

De manera que el coeficiente de competencia para el aplicativo propuesto es de 0.84 (Competencia Alta) considerando la selección de los expertos y procesando las preguntas 1 y 2 de la encuesta.

Si se analiza el Cuadro 4.4 relacionado con la competencia de los expertos se tiene que:

- Competencia alta: 6.
- Competencia media: 3.
- Luego mas del 65 % de los expertos es altamente competente.

Si se analiza el Cuadro 4.2 relacionado con los expertos se tiene que:

- Grado- Título: 2 magister y 7 ingenieros.
- Experiencia: 3 con menos de 5 años, 3 con experiencia entre 5 y 10 años y 3 con experiencia mayor a 10 años.

Código Usuario	k	Competencia
E-01	0.95	alta
E-02	0.95	alta
E-03	0.85	alta
E-04	0.85	alta
E-05	0.75	media
E-06	0.90	alta
E-07	0.70	media
E-08	0.90	alta
E-09	0.75.	media
Promedio	0.84	alta

Cuadro 4.4: Coeficiente de competencia de los usuarios expertos.

Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Análisis de los Resultados de la Encuesta

Las respuestas a la tercera parte de la encuesta, que es la parte de la valoración que hacen estos expertos acerca del aplicativo propuesto, se presentan en el Cuadro 4.5.

El método de consistencia interna basado en el alfa de Cronbach permite estimar la fiabilidad de un instrumento de medida .

La validez de un instrumento se refiere al grado en que el instrumento mide aquello que pretende medir. Y la fiabilidad de la consistencia interna del instrumento se puede estimar con el alfa de Cronbach. La medida de la fiabilidad mediante el alfa de Cronbach asume que los ítems (medidos en escala tipo Likert) miden un mismo constructo y que están altamente correlacionados (Welch & Comer, 1988).

El Alfa (Cronbach). Es un modelo de consistencia interna, que se basa en la correlación Inter - elementos promedio. Por lo que se puede decir que es el nivel de concordancia (fiabilidad) de los criterios de los expertos respecto a cada una de las preguntas del instrumento aplicado. a partir de las varianzas, el Alfa de Cronbach se calcula mediante:

Usuario	Aspecto				
	P1	P2	P3	P4	P5
E-01	8	9	8	8	9
E-02	8	9	9	8	9
E-03	9	8	9	9	8
E-04	9	9	8	9	9
E-05	8	8	9	8	8
E-06	9	10	9	9	10
E-07	10	10	9	10	9
E-08	8	8	7	7	8
E-09	9	9	8	8	8

Cuadro 4.5: Resultados de la valoración hecha por los usuarios expertos.

Fuente: Elaboración propia

$$\alpha = \left[\frac{k}{k-1} \right] \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S_t^2} \right] \quad (4.2)$$

donde:

- S_i^2 es la varianza del ítem i .
- S_t^2 es la varianza de los valores totales observados.
- k es el número de preguntas o ítems.

Al calcular el alfa de Cronbach para la encuesta realizada en esta investigación se obtuvo un valor $\alpha = 0,8494$.

Como criterio general, George y Mallery (2003, p. 231) sugieren las recomendaciones siguientes para evaluar los coeficientes de alfa de Cronbach:

- Coeficiente alfa $> 0,9$ es excelente.

- Coeficiente alfa $> 0,8$ es bueno.
- Coeficiente alfa $> 0,7$ es aceptable.
- Coeficiente alfa $> 0,6$ es cuestionable.
- Coeficiente alfa $> 0,5$ es pobre.
- Coeficiente alfa $< 0,5$ es inaceptable.

Por tanto, se puede decir que el nivel de concordancia (fiabilidad) de los criterios de los expertos respecto a cada una de las preguntas del instrumento aplicado es excelente.

Habiendo realizado la prueba de fiabilidad de la encuesta a los usuarios expertos como instrumento de medida y obtenido un resultado muy favorable, el siguiente paso es analizar la evaluación dada por los expertos.

Como se observa en el el Cuadro 4.5, la votación de los expertos varía en el rango de 7 a 10. Al contar el número de expertos por evaluación para cada aspecto se obtiene el Cuadro 4.6.

Evaluación	Aspecto				
	P1	P2	P3	P4	P5
Puntuación 7	0	0	1	1	0
Puntuación 8	4	3	3	4	4
Puntuación 9	4	4	5	3	4
Puntuación 10	1	2	0	1	1

Cuadro 4.6: Cantidad de usuarios expertos por evaluación para cada aspecto.

Fuente: Elaboración propia

Del Cuadro 4.6 se concluye:

- El aspecto más valorado es la precisión al determinar las aplicaciones que consumen mayor cantidad de energía.

- Al valorar la pertinencia del aprendizaje hubo mayor variabilidad en las respuestas.
- Hay consistencia en afirmar que se logró ahorro de energía.
- Se valora muy bien el aspecto relativo a la imperceptibilidad con que actúa el aplicativo.

4.2. La Experimentación: Diversidad Usuarios

Considerando los resultados obtenidos en las pruebas realizadas con los usuarios expertos, y con objeto de validar el ahorro de energía con el uso del aplicativo propuesto, se decidió añadir algunos usuarios dentro de las categorías de principiantes y habilitados.

4.2.1. Dispositivos Utilizados en la Experimentación

Constantemente están saliendo al mercado nuevas plataformas y dispositivos móviles, sin embargo, con el afán de atraer al público los diversos fabricantes incorporan en sus modelos características particulares, propiciando que no exista uniformidad entre ellos.

En particular, los teléfonos celulares inteligentes, se presentan en diversos tamaños y con diferentes capacidades de procesamiento, memoria, almacenamiento y comunicación.

Esta diversidad de dispositivos y plataformas móviles pone en evidencia la necesidad de probar la propuesta en diferentes dispositivos y con diferentes usuarios.

Para efectos de las pruebas, se han utilizado los dispositivos cuyas características se detallan en el Cuadro 4.1.

4.2.2. Resultados de las Pruebas

Inicialmente antes de instalar el aplicativo propuesto se ha levantado información, sobre cada uno de los usuarios, relacionada con el tiempo de uso y el consumo de energía. Los resultados se presentan en el Cuadro 4.7.

Código Usuario	# Núcleos	# Horas Uso	# Joules	% Batería Utilizado
E-01	2	8	4784	25
O-01	4	8	4912	10
O-02	1	8	2482	29
E-02	2	5	3241	18
E-03	1	5	2911	36
E-04	2	6	3512	11
E-05	1	4	2293	29
O-03	1	3	1694	34
E-06	4	2	1308	21
O-04	1	10	5945	29
E-07	1	5	2875	36
E-08	2	6	3498	11
E-09	2	5	3241	18
O-05	1	8	2305	29
O-06	1	3	1702	35

Cuadro 4.7: Consumo de energía de los usuarios antes de instalar el aplicativo.

Fuente: Elaboración propia

En cada uno de los dispositivos de prueba se instaló la aplicación desarrollada, la actuación de la misma fue transparente para los usuarios.

Para evitar cualquier cambio en el comportamiento del usuario, la aplicación está diseñada para ser tan discreta como sea posible. Se inicia automáticamente después de la instalación y consume una mínima cantidad de los recursos del sistema.

Para identificar un potencial de optimización del uso de energía, se pidió a los usuarios realizar las mismas actividades que en el periodo inicial de observación. En el Cuadro 4.8, se presenta la información relacionada con el tiempo de uso y el consumo de energía de los usuarios después de instalado el aplicativo y el ahorro logrado.

Código Usuario	# Horas Uso	# Joules	% Batería Utilizado	# Joules ahorrados	% Batería ahorrado
E-01	8	4404	16	380	9
O-01	8	4519	6	393	4
O-02	8	2180	21	302	8
E-02	5	2981	11	260	7
E-03	5	2678	24	233	12
E-04	6	3231	7	281	4
E-05	4	2109	19	184	10
O-03	3	1558	23	136	10
E-06	2	1203	14	105	7
O-04	10	5495	17	450	12
E-07	5	2714	26	161	10
E-08	6	3245	7	253	4
E-09	5	2976	11	255	7
O-05	8	2045	23	260	6
O-06	3	1502	22	200	13

Cuadro 4.8: Consumo de energía de los usuarios después de instalar el aplicativo.

Fuente: Elaboración propia

4.3. Estimación del Ahorro de Energía Obtenido

Casi invariablemente, las técnicas estadística utilizadas para el análisis de datos se basan en el supuesto de normalidad de las variables aleatorias en estudio.

4.3.1. Normalidad de los datos

En los casos en que la variable en estudio no tiene distribución normal se trata de garantizar que el número de datos trabajados sea suficientemente grande de modo que se pueda utilizar el Teorema Central del Límite que lleva a una distribución aproximadamente normal.

Existen, también, pruebas o test de normalidad que se realizan para comprobar si se verifica la hipótesis de normalidad necesaria para que el resultado de algunos análisis sea fiable.

El Test de Shapiro-Wilks se usa para contrastar la normalidad de un conjunto de datos, sean estos de una muestra o población.

Es considerado uno de los test más potentes para el contraste de normalidad, sobre todo para muestras pequeñas ($n < 30$).

Se plantea como hipótesis nula que una muestra proviene de una población normalmente distribuida.

Para efectuar este test se calcula la media y la varianza muestral, y se ordenan las observaciones de menor a mayor. A continuación se calculan las diferencias entre: el primero y el último; el segundo y el penúltimo; el tercero y el antepenúltimo, etc. y se corrigen con unos coeficientes tabulados por Shapiro-Wilks.

Se rechazará la hipótesis nula de normalidad si el estadístico W es menor que el valor crítico proporcionado por la tabla, elaborada por Shapiro-Wilks, para el tamaño muestral y el nivel de significación dado.

Para el ahorro en joules, en el Cuadro 4.9 se presentan los resultados obtenidos utilizando este test a un nivel de significación del 0,01; por tanto con una confianza del 99% se puede afirmar que el ahorro en joules sigue un modelo $\mathcal{N}(\mu = 257,20, \sigma = 92,96)$.

Para el % de ahorro de batería, en el Cuadro 4.10 se presentan los resultados obtenidos

n	15
$[\sum(a_i * (x_{n-i+1} - x_i))]^2$	124664.4272
$\sum(x_i - \bar{x})^2$	129632.4
W	0.961676
$W_{n,\alpha=0,05}$	0.881
$W_{n,\alpha=0,01}$	0.835

Cuadro 4.9: Resultados del Test Shapiro-Wilks aplicado al ahorro en joules obtenido por los usuarios expertos después de instalar el aplicativo.

Fuente: Elaboración propia

utilizando este test a un nivel de significación del 0,01; por tanto con una confianza del 99 % se puede afirmar que el % de ahorro de batería sigue un modelo $\mathcal{N}(\mu = 8,27, \sigma = 2,93)$.

n	15
$[\sum(a_i * (x_{n-i+1} - x_i))]^2$	120.36942
$\sum(x_i - \bar{x})^2$	128.93333
W	0.933579
$W_{n,\alpha=0,05}$	0.881
$W_{n,\alpha=0,01}$	0.835

Cuadro 4.10: Resultados del Test Shapiro-Wilks aplicado al % de ahorro de batería obtenido por los usuarios expertos después de instalar el aplicativo.

Fuente: Elaboración propia

4.3.2. Estimación del Ahorro en Joules

En el Cuadro 4.11 se presentan las medidas estadísticas necesarias para estimar el ahorro en Joules obtenido por los usuarios expertos utilizando el aplicativo desarrollado.

Considerando estas medidas se puede afirmar:

Media Aritmética	257.20
Desviación Estándar	92.96
Coefficiente de Variación	0.361
N	15
Alfa	0.05
Semi-amplitud	47.09
Extremo Superior	304.24
Extremo Inferior	210.16

Cuadro 4.11: Medidas Estadísticas para el ahorro en Joules.

Fuente: Elaboración propia

- En promedio el ahorro fue de 257.20 joules.
- La variación del ahorro en joules como un porcentaje de su media es del orden del 36.1 %.
- Con una confianza del 95 % se puede afirmar que el ahorro en Joules varía entre 210.16 y 304.24.

4.3.3. Estimación del % de Ahorro de Batería

En el Cuadro 4.12 se presentan las medidas estadísticas necesarias para estimar el % de ahorro de Batería obtenido por los usuarios expertos utilizando el aplicativo desarrollado.

Análogamente al caso anterior, considerando estas medidas se puede afirmar:

- En promedio el ahorro en la carga de la batería fue del 8.427
- La variación del % de ahorro de batería como un porcentaje de su media es del orden del 35.5 %.

Media Aritmética	8.27
Desviación Estándar	2.93
Coefficiente de Variación	0.355
N	15
Alfa	0.05
Semi-amplitud	1.48
Extremo Superior	9.75
Extremo Inferior	6.79

Cuadro 4.12: Medidas Estadísticas para el % de ahorro de batería.

Fuente: Elaboración propia

- Con una confianza del 95 % se puede afirmar que el % de ahorro de batería varía entre el 6.79 % y el 9.75 %.

4.4. Modelando el ahorro de Energía

Para desarrollar el modelo, se utilizan las mediciones obtenidas de los dispositivos que se han utilizado en la experimentación.

La idea general es encontrar la relación de dependencia estadística entre el tiempo de uso del dispositivo y el ahorro en el consumo de energía.

En este trabajo se utilizará el método de mínimos cuadrados para la determinación de los parámetros necesarios.

Mínimos cuadrados es una técnica de análisis numérico enmarcada dentro de la optimización matemática, en la que, dados un conjunto de pares ordenados: variable independiente, variable dependiente, y una familia de funciones, se intenta encontrar la función continua, dentro de dicha familia, que mejor se aproxime los datos (un mejor ajuste), de acuerdo con el criterio de mínimo error cuadrático.

El procedimiento consistirá en:

1. Elegir un tipo de función o curva que relacione de mejor manera a las dos variables.
2. Obtener una medida del grado de asociación entre las variables consideradas. Esto proporcionará fiabilidad a las predicciones que se hagan con la ecuación.
3. Obtener la ecuación de la curva que mejor se adapte al conjunto de observaciones bivariadas.

4.4.1. Una Aproximación Gráfica

El objetivo es investigar como influye una variable sobre la otra y si se presenta una dependencia causa efecto, para este caso si el uso del aplicativo propuesto durante un determinado un tiempo determinado causa o no ahorro en el consumo de la energía de la batería del dispositivo móvil.

Utilizando un sistema de coordenadas cartesianas, para representar la distribución bidimensional, se obtiene un conjunto de puntos conocido como diagrama de dispersión, cuyo análisis permite estudiar cualitativamente, la relación entre ambas variables tal como se ve en la figura 4.1.

El siguiente paso es la determinación de la relación funcional entre ambas variables que mejor ajusta a la distribución bidimensional.

Observando la figura 4.1, es posible afirmar que sin coincidir exactamente los puntos con la gráfica de una función matemática, se aproximan a una línea recta con cierta intensidad; por lo que se analizará la validez de ajustar los datos a un modelo de regresión lineal. Ver figura 4.2.

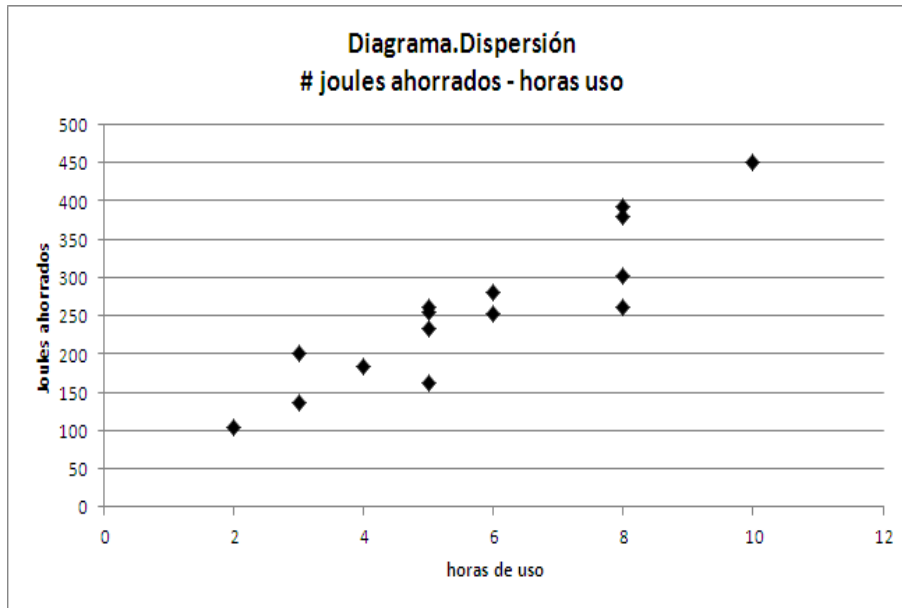


Figura 4.1: Diagrama de dispersión: Ahorro de energía en joules - Tiempo de uso en horas. Fuente: Elaboración propia

4.4.2. Midiendo la Asociación

Se denomina correlación a la medida del grado de asociación entre variables. El coeficiente de correlación es otro parámetro para el estudio de una distribución bidimensional.

El coeficiente de correlación r es un número que establece una medida del grado de asociación lineal entre la variable respuesta y la recta de regresión estimada. Se obtiene mediante la fórmula:

$$r = \frac{n(\sum x_i y_i) - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{[n(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2][n(\sum y_i^2) - (\sum y_i)^2]}} \quad (4.3)$$

El coeficiente de correlación toma valores $-1 \leq r \leq 1$.

- Cuando $r = 1$, la correlación lineal es perfecta, directa.
- Cuando $r = -1$, la correlación lineal es perfecta, inversa.

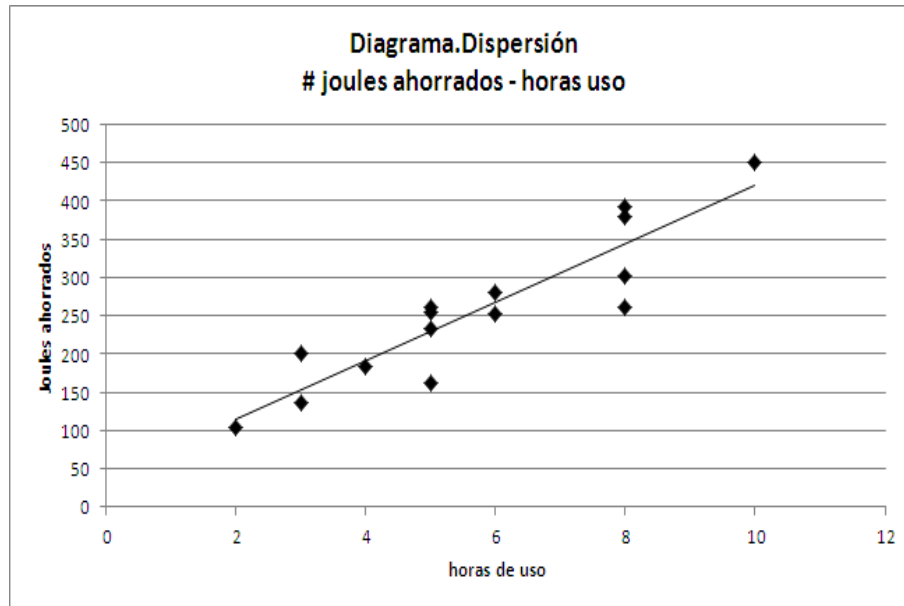


Figura 4.2: Diagrama de dispersión con línea de tendencia. Fuente: Elaboración propia

- Cuando $r = 0$, no existe correlación alguna, hay independencia total de los valores de X e Y.
- Cuando $r \rightarrow 1$, existe correlación lineal directa.
- Cuando $r \rightarrow -1$, existe correlación lineal inversa.

Para efectos de medir la asociación o el grado de dependencia entre el consumo de energía y el tiempo de uso, se designa como:

VariableIndependiente(X): Número de horas de uso del dispositivo

VariableDependiente(Y): Número de joules ahorrados en el consumo de energía de la batería del dispositivo

luego, el coeficiente de correlación encontrado es $r = 0,91$, lo cual significa que el modelo lineal describiría convenientemente los datos.

4.4.3. Estimando el Modelo

Las técnicas de regresión tiene por objeto modelar , es decir, encontrar una función que aproxime lo máximo posible la relación de dependencia estadística entre las variables y poder de esa manera predecir los valores de una de ellas: Y (variable dependiente) a partir de las otra X (variable independiente).

La regresión entre variables además de ser un método de pronóstico es una herramienta útil para a través de cambios controlados en una variable, poder inferir en el resultado de otra.

A pesar de que se sabe, por el empirismo, que es complicado encontrar procesos que sigan comportamientos perfectamente lineales, la ecuación de la recta es la forma más sencilla en la que se puede modelar un entorno.

Se denomina regresión lineal cuando la función o curva de ajuste es lineal, es decir, requiere la determinación de dos parámetros: la pendiente y la ordenada en el origen de la recta de regresión.

El método de mínimos cuadrados determina los valores de los parámetros a (ordenada en el origen) y b (pendiente) de la recta a través de las fórmulas:

$$a = \frac{n(\sum x_i y_i) - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2} \quad (4.4)$$

$$b = \frac{(\sum y_i) - a(\sum x_i)}{n} \quad (4.5)$$

Considerando los datos consignado en el Cuadro 4.8, se obtienen los parámetros de la regresión. Ver Cuadro 4.13.

Luego la recta de regresión que modela convenientemente el ahorro de energía en función de las horas de uso, es:

$$\hat{y} = 37,349 + 38,288x \quad (4.6)$$

Ordenada en el origen (a)	37.349
Pendiente (b)	38.288
Desviación Estándar de la Regresión (σ_{XY})	41.796
N	15

Cuadro 4.13: Parámetros de la regresión. Fuente: Elaboración propia

Recta que puede utilizarse para predecir un valor puntual o un valor dentro de un rango en el ahorro de energía.



CONCLUSIONES

1. Se logró identificar las aplicaciones que presentaban un mayor consumo de energía. Luego de identificarlas se les pudo evaluar y analizar en la búsqueda de optimizar el consumo de energía.
2. Se consiguió registrar, de forma imperceptible para el usuario, su comportamiento respecto al uso de las aplicaciones de su dispositivo móvil. Se reconoció al usuario como un factor crítico y determinante en el consumo de energía y se intentó estudiarlo de una manera inapreciable. El resultado fue un estudio que conllevaba un uso de energía mayor a lo esperado durante el tiempo de aprendizaje.
3. Se pudo analizar y entender el comportamiento del usuario en el uso del dispositivo móvil, lo que se refleja en un correcto aprendizaje del uso de las aplicaciones instaladas en el dispositivo móvil.
4. Se definieron e implementaron dos mecanismos que lograban exitosamente optimizar el consumo de energía del dispositivo móvil: estos mecanismos fueron deshabilitar la conexión a Internet y cerrar aplicaciones en segundo plano.
5. Cada aplicación pudo ser definida en un perfil dinámico, dependiendo del consumo que presentaba en el tiempo de aprendizaje. Este perfil dinámico está orientado hacia qué acción tomar (si cerrarla o bloquearle el internet) y hacia cuánto tiempo tiene que estar en espera.

RECOMENDACIONES

Para trabajos futuros en relación a este trabajo de investigación se hacen las siguientes recomendaciones:

Mejorar el consumo de energía en Tiempo de Aprendizaje: Mejorar la actuación del Módulo de Aprendizaje optimizando su consumo de energía. Considerar:

1. En tiempo de aprendizaje la solución incrementa el consumo de energía para registrar el contexto del usuario.
2. En el tiempo en que se ejecuta el Módulo de Ejecución ya no se presenta el problema.
3. Este consumo extra en el tiempo de aprendizaje se debe a que la herramienta PowerTutor esta diseñada para que la estimación del consumo sea lo más exacta posible.
4. Esta característica no es determinante en la solución presentada puesto que la estimación de los datos es igualmente útil.

Mejorar la discriminación de Aplicaciones de CPU: En una prueba personal se notó que la discriminación para las aplicaciones de CPU no es la más precisa, a pesar de que si cumple su cometido. Considerar:

1. Pueden existir casos en los que el cerrar la aplicación no es la acción que se necesita en el momento.

2. Por ejemplo, en las pruebas sucedió con un reproductor de música. Se le asignó un nivel de prioridad muy bajo debido a su corto tiempo en primer plano, sin embargo, esta aplicación era importante para el usuario.
3. Situaciones como esta, pueden superarse haciendo una mejor discriminación de aplicaciones.



Bibliografía

- Abowd, G., D. A. (1999). Towards a better understanding of context and context-awareness. *in Proceedings of the 1st international symposium on Handheld and Ubiquitous Computing.*
- Abowd, G. (2000). Charting past, present, and future research in ubiquitous computing. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.*, 7(1):29–58.
- Anderson, J., R. L. (2008). The future of the internet iii. In *Pew Internet and American Life Project.*
- Anind, D. (2001). Understanding and using context. *College of Computing GVVU Center Georgia Institute of Tecnology.*
- Carroll, A. (2010). An analysis of power consumption in a smartphone. *Proceeding USENIXATC'10 Proceedings of the 2010 USENIX conference on USENIX annual technical conference*, pages 21–24.
- Caserotto, G. (2012). Computación ubicua, sensibilidad al contexto y mashups. Master's thesis, Universidad Nacional de La Plata.
- Claburn, T. (2009). Images era of mobile supercomputers. Technical report, Google CEO Information Week.
- Cruz, M. y Martínez, M. (2012). Perfeccionamiento de un instrumento para la selección de expertos en las investigaciones. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 14(2):167–179.

- Estévez Solano, R. (2008). Proyecto de software educativo en infecciones de transmisión sexual (its) para la atención primaria de salud (aps). Master's thesis, Universidad Central Marta Abreu de las Villas.
- Eungyeong K., H. Y. (2008). The user preference learning for multiagent based on neural network in ubiquitous computing environment. *KES-AMSTA '08 Proceedings of the 2nd KES International conference on Agent and multi-agent systems: technologies and applications*, pages 547–556.
- Fangwei Ding, F. X. (2011). Monitoring energy consumption of smartphones. *IEEE International conferences on internet of things, and cyber, physical and social computing*, pages 610–613.
- Fickas, S., K. G. (1997). Software organization for dynamic and adaptable wearable systems. *1st International Symposium on Wearable Computers*.
- Frege, G. (1984). Die Grundlagen der Arithmetik. *Koebner, Breslau*.
- Giunchiglia F., B. P. (1996). Introduction to contextual reasoning: an artificial intelligence perspective. *in Perspectives on Cognitive Science, B. Kokinov*, pages 138 – 159.
- Guzmán Rios, R. (2012). Arquitectura de servicios web semánticos sensible al contexto para dispositivos móviles. Master's thesis, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, México.
- Gwizdka, J. (2000). What's in the context? *in Computer Human Interaction 2000 (CHI2000)*.
- Hull, R., N. P. (1997). Towards situated computing. *in Proceedings of the 1st IEEE International Symposium on Wearable Computers*.
- Kanti Datta, B. C. (2012). Android power management: Current and future trends. *in the first IEEE workshop on enabling technologies for smartphone and internet of things*.

- Milner, R. (2006). Ubiquitous computing: Shall we understand it? *Comput. J.*, 49(4):383–389.
- Mosqueira-Rey, E. y Moret-Bonillo, V. (2000). Validation of intelligent systems: a critical study and a tool. *Expert Systems with Applications*, 18(1):1–16.
- Restrepo Medina, S. (2012). Modelo de inteligencia ambiental basado en la integración de redes de sensores inalámbricas y agentes inteligentes. Master's thesis, Universidad Nacional de Colombia Facultad de Minas, Departamento de Ciencias de la Computación y de la Decisión.
- Sainz González, D. (2009). *Un análisis sobre aplicaciones distribuidas dependientes del contexto*. PhD thesis, UNIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO EUSKAL HERRIKO UNIBERTSITATEA.
- Schilit, B., T. M. (1994). Disseminating active map information to mobile hosts. *IEEE Network*.
- Schilit B., W. R. (1994). Context-aware computing applications. *1st International Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*, pages 85–90.
- Tomás Gironés, J. (2012). *El gran Libro de Android*. Editorial Marcombo.
- Yi-Fan Chung y Chun-Yu Lin, C.-T. K. (2011). Aneprof: Energy profiling for android java virtual machine and applications. *IEEE 17th International Conference on Parallel and Distributed systems*, pages 372–379.
- Zhang L., T. B. (2010). Accurate online power estimation and automatic battery behavior based power model generation for smartphones. *Proceedings of the eighth IEEE/ACM/IFIP international conference on Hardware/software codesign and system synthesis*, pages 105–114.

ANEXO A: LISTA DE ABREVIATURAS

CPU: Central Process Unit - Unidad central de procesamiento.

HCI: Human Computer Interaction - Interacción Humano - Computador.

IA: Inteligencia Artificial.

TIC: Tecnologías de la Información y de la Comunicación.

PDA: Personal Digital Assintant.

GPS: Global Positioning System (sistema de posicionamiento global).

CM: Cómputo Móvil.

MOC : Módulo de Obtención del Contexto.

MII : Módulo de Inyección de Información a la Base de Datos.

MA: Módulo de Aprendizaje.

ME: Módulo de Ejecución.

MBI: Módulo de Bloqueo de Internet.

MCA: Módulo de Cierre de Aplicaciones.



ANEXO B: ENCUESTA A EXPERTOS

Apreciado(a) Usuario:

Usted ha sido seleccionado(a), por su cualificación científico-técnica, sus años de experiencia y los resultados alcanzados en su labor profesional, como experto(a) para valorar los resultados teóricos de esta investigación.

El OBJETIVO de la presente encuesta es valorar el Aplicativo en la efectividad que se espera alcanzar en cuanto al ahorro de energía de la batería de su dispositivo móvil.

Información sobre el Experto: La siguiente información servirá para registrar las características por las que se le ha elegido:

- Edad:
- Título o Grado:
- Cargo que desempeña:
- Tipo de Institución donde labora:
- Años de Experiencia:

Evaluación del Experto: Cree usted que este trabajo contribuirá a ahorrar la energía de la batería de su dispositivo móvil?

1. Marque una cruz (X) en la tabla siguiente, la casilla que refleja su nivel de conocimiento acerca del problema que se aborda en la propuesta. Considere que la escala que se le presenta es ascendente, es decir, el número 10 corresponde al mayor nivel, 9 al siguiente y así sucesivamente hasta el número 0 que corresponde al menor nivel de conocimiento.

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10

2. Realice una evaluación del grado de influencia que cada una de las fuentes que se presentan a continuación, ha tenido en su conocimiento y criterios sobre el consumo de energía de la batería de su dispositivo. Marque con una cruz (X), según corresponda, en A (alto), M (medio) o B (bajo).

Fuentes	Grado de Influencia		
	Alto(A)	Medio(M)	Bajo(B)
Investigaciones relacionadas			
Experiencia obtenida			
Lectura especializada, autores nacionales			
Lectura especializada, autores extranjeros			
Conocimiento sobre la problemática			
Intuición			

Opinion del Experto: Es necesario constar con su opinión especializada para evaluar el aplicativo propuesto. Cada uno de los elementos debe ser evaluado en una escala ascendente de 1 a 10, es decir, el número 10 corresponde al mayor nivel, 9 al siguiente y así sucesivamente hasta el número 0 que corresponde al menor nivel de pertinencia.

	Aspecto	Evaluación
P1	¿Existe necesidad del aplicativo?	
P2	¿Se acertó al determinar las aplicaciones más consumidoras?	
P3	¿Fue adecuado el aprendizaje?	
P4	El aplicativo propuesto ¿ cumplió con el propósito de ahorrar energía?	
P5	Luego de instalado el aplicativo, ¿Se presentó algún problema en el uso de su dispositivo? (10: ningún problema – 0: muchos problemas	

Opinion expresa del Experto: Mencione los que considera puntos fuertes y débiles de la solución.

Puntos Fuertes	Puntos Débiles