



Universidad del Azuay
Facultad de Administración
Escuela de Ingeniería de Sistemas

**REQUISITOS PARA EL MONITOREO PARTICIPATIVO CON
DISPOSITIVOS MÓVILES PARA VARIABLES AMBIENTALES
COMO ES LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA**

**MONOGRAFÍA PREVIA LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERA DE SISTEMAS**

Autora: Johanna Lucrecia Celi Contreras

Directora: Daniela Ballari (PhD)

CUENCA – ECUADOR

2015

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por darme la fortaleza que he necesitado para afrontar las adversidades de mi vida estudiantil.

Agradezco infinitamente a mi directora de miografía PhD. Daniela Ballari quien con su apoyo y sabiduría supo impulsar su conocimiento en mí para la culminación de mi trabajo de investigación.

Agradezco a mis padres Arnoldo Celi y Esperanza Contreras quienes con su apoyo y mucho sacrificio y amor me ayudaron a terminar nuestro grande y valioso sueño, a mis hermanas del alma Narcisa y Magaly quienes han sido mi motivación y fuerza para seguir, a mis dos pequeños Briana e Ismael que han sido mi motor y alegría en mi vida, y de manera única y especial a ti JuamPi por ser mi guía y por ser un hombre único he incomparable.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de Investigación principalmente a Dios a mis padres, abuelitos y a mi Familia que han sido un gran ejemplo de vida y de motivación.

Índice de Contenido

AGRADECIMIENTO	II
DEDICATORIA	II
Índice de Contenido	III
Resumen	IV
Abstract	V
1. Introducción	6
2. Marco Teórico	7
2.1. Herramientas en plataformas móviles	7
2.2. Conceptos básicos del sonido y del ruido	10
2.3. Medición del sonido	12
2.4. Aplicaciones de monitoreo de sonido en plataformas móviles	13
3. Método	14
4. Requisitos generales de hardware para el monitoreo del ruido.	15
4.1. Componentes de sonómetro (respuesta en frecuencia)	16
4.2. Detección de ubicación (GPS)	20
4.3. Almacenamiento de información	20
4.4. Conectividad	21
5. Requisitos generales de software para el monitoreo participativo	21
5.1. Arquitectura para el monitoreo participativo	22
5.1.1. Componentes del sistema de monitoreo participativo	24
5.2. Aplicación móvil	26
6. Requisitos para la participación	29
6.1. Enfoque de participación	30
6.2. Motivación para la participación	31
7. Conclusiones y recomendaciones	32
7.1 Resumen de requisitos	32
7.2. Conclusiones	35
7.3. Recomendaciones	37
REFERENCIAS	38

Resumen

Estudios relativos al uso de dispositivos móviles inteligentes para monitorear la actividad humana y el ambiente se han popularizado en la comunidad investigativa mundial. En el presente trabajo monográfico se hace una revisión bibliográfica de trabajos investigativos para exponer un conjunto general de requisitos necesarios para hacer uso de dispositivos móviles en el monitoreo de variables ambientales y específicamente del ruido. Estos son descritos desde el punto de vista de hardware de los dispositivos móviles, software y arquitectura, adicionando enfoques de la participación de los usuarios de dispositivos móviles y factores para motivar esta participación. El trabajo introduce tantos conceptos generales como el resumen de requisitos y las conclusiones y recomendaciones finales

ABSTRACT

Studies on the use of smart mobile devices to monitor human activity and the environment have become popular in the global research community. A bibliographic review of research work is performed in this monograph in order to present a group of general requirements for the use of mobile devices in monitoring environmental variables, specifically noise. These are described from the hardware, software and architecture device point of view, adding approaches that involve users of mobile devices and factors to motivate participation. The paper introduces many general concepts as a summary of requirements and the final conclusions and recommendations.




Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

REQUISITOS PARA EL MONITOREO PARTICIPATIVO CON DISPOSITIVOS MÓVILES PARA VARIABLES AMBIENTALES COMO ES LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

1. Introducción

El sonido es importante dentro de la vida de los seres humanos pues constituye un medio esencial para comunicarnos. Los sonidos nos pueden resultar pasivos y agradables (murmullos) o escandalosos y agresivos (ruidos), una de las diferencias entre el ruido y sonido es relativa, “ruido es todo sonido no deseado”.

Una de las mayores fuentes de ruido se da en los ambientes urbanos. No se puede detener la actividad diaria de las ciudades (Garcia et al., n.d.), por lo tanto es importante determinar el ruido ambiental existente para poder atacar los orígenes de este.

La contaminación acústica puede ser medida con redes de sensores o sonómetros que ayudan a medir su intensidad en un determinado lugar. Sin embargo no en todas las ciudades se puede disponer de esos costosos sistemas, es importante, entonces, considerar una alternativa para obtener datos actualizados y con alta resolución espacial. Hoy en día, esta alternativa la pueden proveer los dispositivos móviles (Smartphone), haciendo participe a la ciudadanía en el monitoreo de ruido ambiental (Garcia et al., n.d.).

Objetivo general:

Realizar una revisión literaria para identificar los requisitos necesarios para el monitoreo participativo por medio de dispositivos móviles que ayude a identificar variables ambientales como la contaminación acústica.

Objetivos específicos:

- Identificar y analizar las herramientas tecnológicas en las plataformas móviles para hallar fortalezas y debilidades en su utilización para el monitoreo variables ambientales.
- Analizar los requerimientos de arquitectura tecnológica aplicable para el monitoreo de variables ambientales.
- Determinar los requisitos para mejorar la participación en el monitoreo de variables ambientales mediante dispositivos móviles.

2. Marco Teórico

El monitoreo es actualmente una actividad muy importante que rodea muchos aspectos de nuestra vida, ha permitido conocer el estado del planeta, y sus tendencias de desarrollo. Los dispositivos móviles por su parte se han constituido en una herramienta adecuada que posibilita el monitoreo de casi cualquier parámetro cuantificable de variables ambientales (Management, 2013).

Los dispositivos móviles o teléfonos inteligentes tiene la potencia de procesamiento, sensores integrados, capacidad de almacenar gran cantidad de información y obtener veloces conexiones inalámbricas de red, estos constituyen sus funciones principales, los Smartphone no fueron específicamente construidos para la detección de variables ambientales sino para otros fines, sin embargo la sofisticación de los sensores actuales facilitan obtener buenos resultados al usarlos al usuario para monitoreo de variables ambientales (Christin, Reinhardt, Kanhere, & Hollick, 2011).

A continuación se profundiza en los elementos que posibilitan el monitoreo ambiental con dispositivos móviles

2.1. Herramientas en plataformas móviles

El panorama actual, las plataformas móviles que domina el mercado son Android e IOS, con una participación menor esta Windows y Blackberry y con por ultimo encontramos plataformas casi desaparecidas como Symbian y otros. En la tabla 2.1 se aprecia la participación de mercado de cada una:

Sistema Operativo	2014		2013	
	Volumen de envíos (millones)	Cuota de Mercado	Volumen de envíos (millones)	Cuota de Mercado
Android	255,3	84,70%	191,5	33,30%
iOS	35,2	11,70%	31,2	12,70%
Windows Phone	7,4	2,50%	8,2	9,40%
BlackBerry	1,5	0,50%	6,7	78,00%
Otros	1,9	0,60%	2,9	32,20%
Total:	301,3	100%	240,5	25,30%

Tabla 2.1 Envíos internacionales Participación en el mercado de la telefonía móvil de cada una de las plataformas móviles para teléfonos inteligentes. Fuente: IDC Worldwide Mobile Phone Tracker, August 14, 2014

La tabla 2.2 resume las características comunes y particulares de los sistemas operativos en las distintas plataformas móviles.

Dentro de las herramientas de hardware de un dispositivo móvil tenemos los siguientes sensores:

- La cámara sirve como sensor de video y de imagen.
- El micrófono cuando no se utiliza en conversaciones de voz, se puede tomar como un sensor acústico.
- Los receptores GPS proveen información sobre la ubicación.
- Otros sensores embebidos como acelerómetros, giróscopos y sensores de proximidad e iluminación ambiental se pueden utilizar como aportadores de información contextual que ayuda a una persona a mejorar la experiencia de uso.

- Otros sensores podrían ser incorporados por medio de bluetooth, cable o redes de sensores, estos últimos permite la conexión con numerosos sensores inalámbricos estáticos (Christin et al., 2011).

	Apple iOS 6	Android 4.2	Windows Phone 7	BlackBerry OS 7	Symbian 9.5
COMPAÑÍA	Apple	Open Handset Alliance	Windows	RIM	Symbian Foundation
NUCLEOS DEL SO	Mac OS X	Linux	Windows CE	Mobile OS	Mobile OS
FAMILIA CPU SORPADA	ARM	ARM,MIPS,POWER,X86	ARM	ARRM	ARM
LENGUAJES DE PROGRAMACION	Objective-c, C++	Java, C++	C#, muchos	Java	C++
LICENCIA DE SOFTWARE	propietaria	software libre y abierto	propietaria	propietaria	software libre
AÑO DE LANZAMIENTO	2007	2008	2010	2003	1997
MOTOR DEL NAVEGADOR WEB	webkit	webkit	Pocket Internet Explorer	webkit	webkit
SOPORTE FLASH	No	Sí	No	Sí	Sí
HTML5	Sí	Sí	Sí	Sí	No
TIENDA DE APLICACIONES	App Store	Google Play	Windows Marketplace	BlackBerry App World	Ovi Store
NUMERO DE APLICACIONES	400.000	300.000	50.000	30.000	50.000
COSTE PUBLICAR	\$99 / año	\$25 una vez	\$99 / año	sin coste	\$1 una vez
PLATAFORMA DE DESARROLLO	Mac	Windows, Mac, Linux	Windows	Windows, Mac	Windows, Mac, Linux
ACTUALIZACIONES AUTOMATICOS DEL S.O.	Sí	depende del fabricante	depende del fabricante	Sí	Sí
SOPORTE DE MEMORIA EXTERNA	No	Sí	No	Sí	Sí
FABRIACANTE UNICO	Sí	No	No	Sí	No
VARIEDAD DE DISPOSITIVOS	modelo unico	muy alta	baja	baja	muy alta
TIPO DE PANTALLA	capacidad	capacitiva / resistiva	capacitativa	capacitiva / resistiva	capacitiva / resistiva
APLICACIONES NATIVAS	Sí	Sí	No	No	Sí

Tabla 2.2. Características de las diferentes plataformas móviles (2013),
Fuente: <http://androideric.blogspot.com/2013/01/12-comparativa-con-otras-plataformas.html>

Concluimos entonces que entre Android e IOS esta el 95% del mercado de dispositivos móviles (smarthphone), y que en ambas plataformas se tiene

herramientas que permiten su uso para la implantación de la solución deseada sin mayores diferencias que difieran la factibilidad en uno u otro caso. Es por ello que el presente trabajo se enfocara en estas dos plataformas principales.

2.2. Conceptos básicos del sonido y del ruido

Previo a tratar los requisitos para el monitoreo del ruido es importante introducir los conceptos básicos del sonido en general y del ruido en particular.

Sonido

Formalmente el sonido se define como una perturbación (onda mecánica) que se propaga a través de un fluido que se produce por cambios de presión localizados, velocidad de vibración o densidad. Esta vibración puede ser percibida por el ser humano cuando su frecuencia se encuentra entre los 20 Hz y los 20 KHz, las frecuencias inferiores se llaman infrasonidos y los superiores ultrasonidos. Dado que el oído humano responde a variación de presión generada por las ondas sonoras sobre el tímpano la unidad más usual para medirlo es el Pascal. (Gonzalo Castro., 2008)

$$Pa = N/m^2$$

Donde:

- Pa = Pascal
- N = Newton
- m^2 = metro cuadrado

Debido al rango de frecuencias que puede percibir el oído humano se utiliza una escala logarítmica para la amplitud o nivel de la presión sonora (NPS), este se define como:

$$NPS = 10 * \log\left(\frac{P^2}{P_{ref}^2}\right) = 20 * \log\left(\frac{P}{P_{ref}}\right) \quad (dB)$$

Donde:

- NPS = Nivel de presión sonora
- P = presión
- $P_{ref} = 2 * 10^{-5}$ = presión de referencia que es tomada a partir del umbral de audición humano a 1.000 Hz.
- dB = decibelios

El valor de la presión sonora depende del punto de medición, la fuente sonora, la potencia acústica radiada por esta y las características propias del entorno donde se lleva a cabo la medición (Gonzalo Castro., 2008).

En la figura 2.1 se presenta la presión sonora y los correspondientes niveles de presión sonora para distintas fuentes y ambientes sonoros.

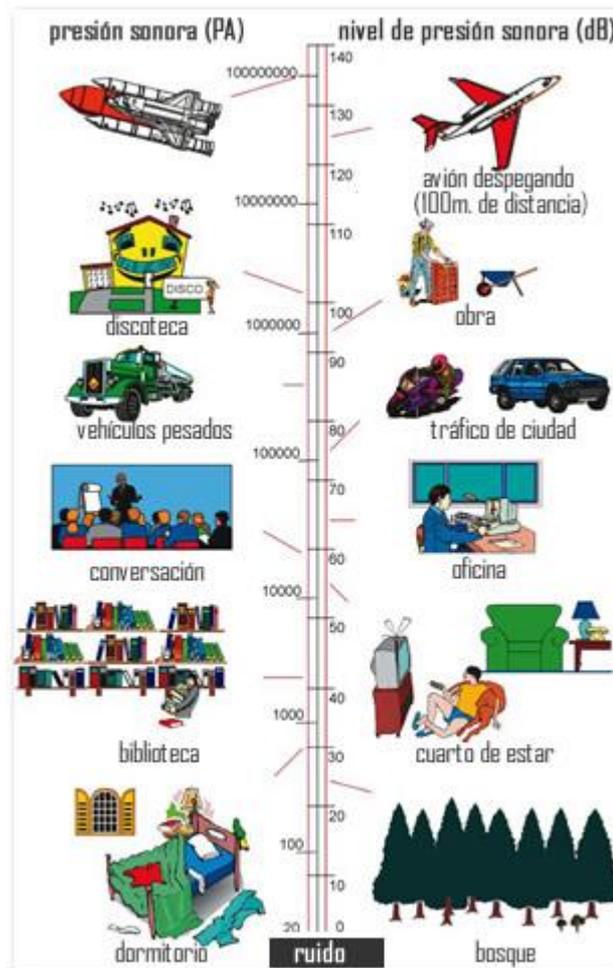


Figura 2.1.- Presión sonora y los correspondientes niveles de presión sonora para distintas fuentes y ambientes sonoros.

Fuente: <http://visionensaludocupacional.blogspot.com/2013/07/riesgos-fisicos.html>

Ruido

El ruido se define como todo sonido indeseado que interfiere con la señal que se desea percibir (Gonzalo Castro., 2008), de manera genérica se puede caracterizar y clasificar el ruido en el dominio de la frecuencia y del tiempo (Christin et al., 2011).

Clasificación por frecuencia:

- **Ruido Blanco.**- tiene un espectro plano es decir la misma energía en todas las frecuencias.
- **Ruido Rosa.**- su característica principal es que decae a razón de 3 dB/octava.
- **Ruido Tonal.**- tiene una alta componente tonal por la presencia de armónicos de la frecuencia fundamental.

Clasificación por tiempo:

- **Ruido Estacionario.**- caracterizado por tener presión sonora contante en el tiempo
- **Ruido Fluctuante.**- presión sonora variante de forma periódica o no
- **Ruido intermitente.**- aparece solo en instantes
- **Ruido Impulsivo.**- tiene cortos impulsos aislados o repetitivos de nivel, superior al ruido de fondo.

Con mayor especificidad de frecuencias y tiempos se puede obtener clasificaciones más extensas del ruido según la necesidad de estudio (Gonzalo Castro., 2008). El ruido es medido con dispositivos llamados sonómetros que serán detallados en secciones subsiguientes.

2.3. Medición del sonido

El equipo utilizado para la medición del nivel de presión sonora es el sonómetro estos equipos tiene un aspecto como el mostrado en la figura 2.2



Figura 2.2 Aspecto físico de un sonómetro

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Sonómetro>

Los sonómetros están compuestos básicamente con tres partes principales, un micrófono de excelentes características de respuesta en frecuencia en todo el espectro sonoro y muchas veces especializado para medir un tipo de ruido específico, la electrónica para el procesamiento digital de la señal de audio y una pantalla en el cual visualiza las magnitudes. Los sonómetros más sofisticados permiten ponderar las mediciones con curvas que mejoran la medición de la respuesta del oído humano ante distintas escalas de intensidad sonora, estas se detallan en la tabla 2.3.

Curva	Uso
A	sonidos de baja intensidad
B	sonidos de intensidad media
C	sonidos de intensidad alta
D	sonidos de intensidad muy elevada (generalmente aviones)

Tabla 2.3 Curvas de ponderación para medición de la respuesta del oído humano a distintas escalas de intensidad sonora.

Para ilustrar el tipo de curva utilizado se usa la letra correspondiente de la curva como subíndice junto a la unidad dB así se tiene dB_A , dB_B , dB_C , dB_D

2.4. Aplicaciones de monitoreo de sonido en plataformas móviles

En la actualidad en las tiendas de aplicaciones tanto de Android como de iOS existen muchas aplicaciones de monitoreo en general, como de monitoreo de ruido ambiental en particular, se destacan entre otras en el caso de iOS (Whiting, 2013):

- Adv Decibel Meter
- Decibel Meter Pro

- iSPL Pro
- Noise Hunter
- NoiSee
- Sound Level Meter
- SoundMeter
- (Real) SPL Meter
- SPL Pro
- SPLnFFT

Las aplicaciones enlistadas tienen especial importancia para proyectos investigativos por contar con prestaciones especiales como permitir la calibración manual.

En el caso de Android, generalmente las aplicaciones de monitoreo de ruido no alcanzan el nivel de calidad de las mencionadas para iOS, debido a la fragmentación que presenta esta plataforma tanto en fabricantes de dispositivos móviles como en versiones del mismo sistema operativo y por las expectativas de los usuarios de precios muy bajos o incluso gratis (Whiting, 2013).

En la actualidad los mayores problemas identificados en el uso de aplicaciones móviles para el monitoreo participativo del ruido se relacionan a la privacidad, conseguir y mantener la participación de los usuarios, confiabilidad de los datos y los mecanismos de almacenamiento y acceso a estos últimos (Whiting, 2013).

3. Método

El método utilizado para la elaboración del presente trabajo monográfico consistió en investigación bibliográfica y documental sobre plataformas y dispositivos móviles, así como de arquitecturas aplicables a estos. Todo esto en el contexto de monitoreo de ruido.

Se realizó una recopilación y revisión de bibliografía especializada en plataformas y dispositivos móviles y publicaciones referentes a su uso para monitoreo participativo. De igual manera se procedió a estudiar los dispositivos móviles tanto en software como en hardware para establecer una base común de prestaciones entre diferentes plataformas con miras al monitoreo participativo del ruido.

También se revisó diferentes tecnologías para determinar la posible arquitectura aplicable en una solución de monitoreo participativo con dispositivos móviles en función del monitoreo que se pretenda tener y orientada a ser participativa. Para esto se revisó publicaciones y literatura actual y especializada en el tema de arquitectura de redes y SIG. También se analizó soluciones ya implementadas sobre las plataformas móviles antes estudiadas para tomar sus buenas prácticas.

En base de la información anterior se elaboró un conjunto de requerimientos que permita, en un futuro, la implementación de una solución de monitoreo participativo de ruido con dispositivos móviles considerando la misma. Los requisitos son presentados respecto a las necesidades de hardware, software y de monitoreo participativo.

4. Requisitos generales de hardware para el monitoreo del ruido.

En principio el hardware de cualquier dispositivo móvil (ya sea Smartphone, Tablet, e incluso laptops) sería suficiente y adecuado para el monitoreo de ruido, partiendo de la base que prácticamente todos estos dispositivos están equipados con un micrófono e incluso muchos cuentan un micrófono secundario para cancelación de ruido durante las conversaciones. Esto implica que el dispositivo tiene implementada de forma nativa la detención del ruido y es capaz de separarlo del espectro de la voz en tiempo real. La capacidad para la medición de otras variables ambientales dependerá del equipamiento de cada dispositivo. En la figura 4.1 se aprecian los elementos que tiene un dispositivo móvil.



Figura 4.1. Componentes de un dispositivo móvil.

Fuente: <http://www.vadejuegos.com/imagenes/2012/09/21/desmontando-iphone5.jpg>

Considerando que los dispositivos móviles serán el centro de un sistema de monitoreo participativo estos desempeñarán el rol de un sonómetro o cuantificador de sonido con prestaciones adicionales que le permitan además de medir la magnitud del nivel de presión sonora, registrar la ubicación en la cual esta es tomada, almacenar esta información y compartirla a través de una red móvil o WAN. Los requisitos de hardware para satisfacer estas funciones son:

- Componentes de sonómetro (respuesta en frecuencia)
- Detección de ubicación (GPS)
- Almacenamiento de información
- Acceso a internet (datos móviles o WiFi)

A continuación se profundiza en cada uno de estos requisitos.

4.1. Componentes de sonómetro (respuesta en frecuencia)

La respuesta en frecuencia es la capacidad de un dispositivo de responder por igual a las frecuencias en un rango determinado. En el caso de la medición de sonido es necesario que todos los componentes del equipo de medición tengan una capacidad de respuesta en frecuencia plana en todo el espectro sonoro para una adecuada medición. La figura 3.2 muestra diagrama de bloque general de un sonómetro.

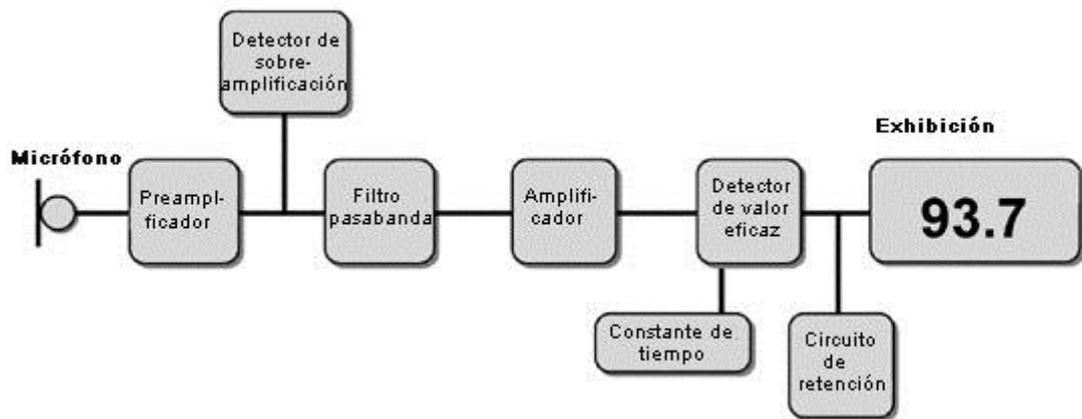


Figura 4.2 diagrama general de bloque de un sonómetro

Fuente: <http://www.academiatesto.com.ar/cms>

Todos los componentes de un sonómetro, excepto el micrófono y la pantalla, pueden ser implementados por software en una aplicación para dispositivos móviles que actualmente cuentan con la capacidad de procesamiento para suplir completamente la respuesta en frecuencia de la electrónica de un sonómetro común. De igual manera la pantalla de un dispositivo móvil puede reemplazar sobradamente la de un sonómetro promedio, dejándonos como único elemento de análisis el micrófono.

El micrófono es el elemento transductor, encargado de transformar las variaciones de energía acústica en señal eléctrica y actualmente es el elemento en el que más cuesta tener una respuesta en frecuencia adecuada en los equipos de medición (Gonzalo Castro., 2008). La mayoría de dispositivos móviles están equipados con un micrófono, sin embargo es necesario determinar la idoneidad de estos para ser utilizados en el monitoreo del ruido. En la tabla 4.1 se comparan los micrófonos de medida utilizados en los sonómetros y el micrófono que incorporan los dispositivos móviles (celulares).

Micrófono	De medición	De dispositivos móviles
-----------	-------------	-------------------------

Aspecto físico		
Uso	Cuantificación de sonido dentro del espectro audible	Registro de sonido en dentro del espectro de la voz
Respuesta	lineal	no lineal
Tipo	Condensador	Condensador Electrec
Sensibilidad	20Hz a 20kHz	50Hz a 15kHz

Tabla 4.1. Comparativa entre micrófonos de medida y de celular, Fuente: (Gonzalo Castro., 2008)

Se aprecia que el micrófono de un dispositivo móvil promedio no tiene las prestaciones de un micrófono de medición en respuesta ni sensibilidad de frecuencias audibles, por lo que en principio partimos de una medición de menor calidad en un dispositivo móvil. Sin embargo, se puede considerar el uso de micrófonos externos que pueden ser conectados a los dispositivos móviles mejorando las características de recepción de sonido.



Figura 4.3. Dispositivo móvil equipado con micrófono externo marca Barma Fuente: http://www.instalia.eu/es/notices/2012/05/barma_profesional_audio_inicia_la_distribucion_de_una_nueva_marca_de_microfonos_micw_especializada_e_2253.php

Un ejemplo de micrófono externo para dispositivos móviles lo tiene la marca BARMA en el modelo i436 mostrado en la figura 4.3. Este es un micrófono profesional clase 2 bajo norma IEC 61672 pensado para medición de nivel de presión sonora en iPhones.

Calibración.

Calibrar un dispositivo de medición de sonido es ajustar este a un sonido de referencia para garantizar que los niveles de presión medidos sean correctos. Para ello generalmente se utiliza un calibrador acústico o pistófono que se aplica directamente sobre el micrófono del equipo de medida. El pistófono proporciona una señal de nivel de presión sonora conocido, esta será el nivel de referencia, el mismo valor que el equipo de medición debe registrar si está bien ajustado (Gonzalo Castro., 2008).

La calibración constituye una herramienta para compensar de cierta manera las deficiencias de respuesta en frecuencia que tienen los micrófonos y para adecuar el equipo a las condiciones sonoras del ambiente donde se hará la medición.

Idealmente la calibración debería hacerse antes de cualquier medición, pero esto resulta poco práctico y más aún en un esquema de monitoreo participativo con dispositivos móviles, debido a la gran diversidad de marcas y modelos cada uno con características constructivas y calidad diferente. Una alternativa para solventar esto podría ser el uso de archivos de calibración específicos para distintos modelos de dispositivos móviles, sin dejar de lado la posibilidad de la calibración manual dentro de la aplicación (Whiting, 2013).

Normativa

En general cualquier solución para monitoreo de ruido puede usar como referencia las normas y legislación vigente a nivel internacional y también nacional e incluso local. No es obligatorio que una solución de monitoreo de ruido ambiental se ate a una normativa específica, pero referirse a ellas permite que sea más útil para su uso en el área donde esta esté vigente.

En general las normas tienen un fundamento común de terminologías, indicadores y metodologías de cálculo, pero en algunos casos difieren en

los límites permitidos de nivel de ruido, los cuales se adecuan a la realidad de cada ciudad o país.

La norma IEC 61672 establece las especificaciones para sonómetros que generalmente es tomada por los fabricantes para uniformar las mediciones independientemente de las marcas o modelos. Esta norma debería tomarse como referencia en desarrollo de las aplicaciones orientadas al monitoreo de ruido ambiental.

4.2. Detección de ubicación (GPS)

La totalidad de dispositivos móviles actuales permiten detectar su ubicación, pero la precisión depende de las características, conectividad del equipo y de otros factores ambientales. Considerando que la detección de la ubicación es fundamental en el monitoreo de ruido ambiental se debe establecer niveles de precisión válidos en función de la resolución espacial deseada, para poder filtrar posibles datos erróneos y/o incompletos.

4.3. Almacenamiento de información

Los datos tomados por los usuarios que colaboran en el monitoreo deberán ser almacenados en el dispositivo para uso propio y para ser compartidos en la red de monitoreo. Esto no representa un inconveniente puesto que el volumen de información no será excesivo y los dispositivos móviles actuales cuentan con capacidad suficiente para almacenarlos.

También los datos tomados por los participantes o colaboradores deberán ser almacenados en una base de datos para ser procesadas, presentadas y devueltas a los usuarios. En este caso la capacidad de almacenamiento variará en función del alcance que tenga la solución implementada y de la información derivada del post procesado de los datos enviados por los usuarios, por lo que se debe primero establecer las particularidades del monitoreo que se quiere realizar.

4.4. Conectividad

En la tabla 4.2 se aprecian las velocidades de las diferentes tecnologías de telefonía móvil y estándares de conexión WiFi

Telefonía Móvil		
Tecnología	Velocidad	
GSM	9 kbps	
GPRS	171 kbps	
UMTS	2 Mbps	
HSDPA	DL:14.4 Mbps -UL:2 Mbps	
HSUPA	DL:326 Mbps -UL:86.4 Mbps	
LTE	DL:14.4Mbps -UL:5.8 Mbps	
4G	superior a 1 Gbps	
WiFi		
Estándar	Velocidad Máxima	Velocidad Típica
IEEE 802.11a/h	54 Mbps	22 Mbps
IEEE 802.11b	11Mbps	6 Mbps
IEEE 802.11g	54 Mbps	22 Mbps
IEEE 802.11n	> 300 Mbps	> 100 Mbps

Tabla 4.2. Velocidades de conexión de tecnologías de telefonía móvil y estándares WiFi. .

Los dispositivos móviles actuales cuentan con conexión WiFi compatibles con los estándares IEEE 802.11abgn, y capacidad de conexión UTM (3G) o superior garantizando velocidades de conexión superiores a 1 Mbps que es suficiente para acceder a servicios WebGIS que requieren el uso de protocolos web abiertos como servicios Web XML, SOAP y REST, y HTML (ArcGis, 2014). Por lo que el requisito de conectividad estaría solventado.

5. Requisitos generales de software para el monitoreo participativo

Los requisitos de hardware de los dispositivos móviles presentados en los puntos anteriores se orientan a conseguir mediante la participación de los usuarios la recolección de información, el almacenamiento, procesamiento y presentación de dicha información. Esto requiere el análisis de una

arquitectura que permita el acceso y explotación de un servicio Web-GIS, el que permite la creación y presentación de mapas a través de la web. La estructura de un servicio Web-GIS se muestra en la figura 5.1.

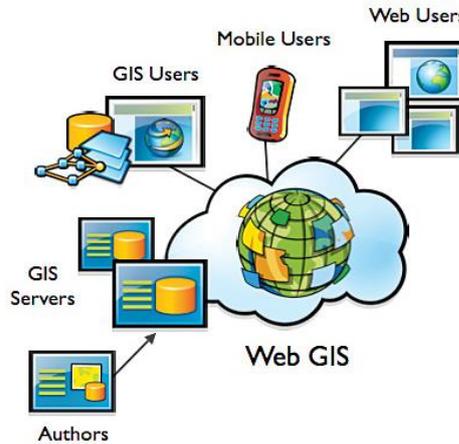


Figura 5.1 Estructura de un servicio Web-GIS, Fuente: <http://www.esri.com/news/arcnews/winter0809articles/gis-geography-in-action.html>

5.1. Arquitectura para el monitoreo participativo

La figura 5.2 presenta el esquema general de una solución de monitoreo participativo, compuesto por los participantes que toman y envían los datos de las variables monitoreadas y su ubicación a un servidor que procesa y presenta la información que es devuelta a los participantes y dispuesta para otros usuarios. La creación y presentación de mapas relativos a la variable monitoreada resulta relativamente sencillo con el uso de un servicio GIS. (Bugs, Granell, Fonts, Huerta, & Painho, 2010).



Figura 5.2. Visualización de la estructura para una aplicación de monitoreo participativo, Fuente: (Christin et al., 2011)

La arquitectura lógica que describe la estructura del sistema de software para la estructura de la figura 5.2, se observa en la figura 5.3. Esta se compone de tres partes fundamentales: el servidor, formado por la base de datos y la lógica de la aplicación (procesado y presentación), el middleware que conecta los servicios de red y las aplicaciones, y finalmente los clientes del sistema (Journal et al., 2010).

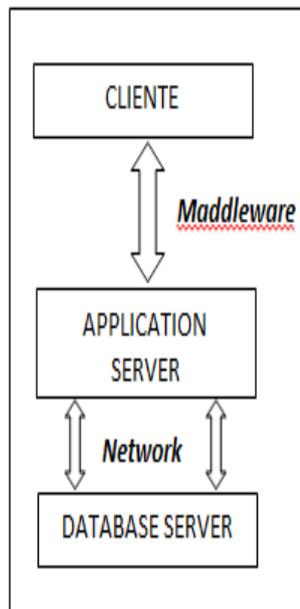


Figura 5.3. Arquitectura cliente servidor

- Cliente.- es el dispositivo móvil usado por un participante para realizar la captura de información (valor de la variable ambiental) y también la información geográfica que es envía al servidor y recibe de este la información procesada y presentada.
- Middleware.- En el sistema donde los datos viajan desde los dispositivos móviles (clientes) hasta el servidor. Para realizar esta comunicación se estandariza en un servidor web: XML-RCP, (Rodr, Pece, & Escudero, n.d.).
- Servidor.- El servidor está formado por dos partes principales:
 - Base de datos: donde el servidor almacena los mapas de valor de la variable ambiental correspondientes a las

coordenadas del entorno con las que se envían desde los clientes.

- Lógica de aplicación: se compone principalmente de acceso a la base de datos, módulos de localización y servidor XML-RPC, (Rodr et al., n.d.).

5.1.1. Componentes del sistema de monitoreo participativo

Los componentes del sistema de monitoreo se pueden organizar generalmente en una arquitectura cliente-servidor que interactúa con el proceso de monitoreo para cumplir el objetivo final de presentar los resultados a los usuarios finales que en primera instancia serían los propios participantes. (Christin et al., 2011). La figura 5.4 presenta los componentes de un sistema de monitoreo participativo y sus interacciones.

EL servidor interactúa con el dispositivo móvil (cliente) y con el participante, independientemente del tipo o modelo que sea o del sistema operativo que use, con aplicaciones específicas pero que realizan las mismas acciones de cara al servidor. A continuación se describen las acciones de cada componente.

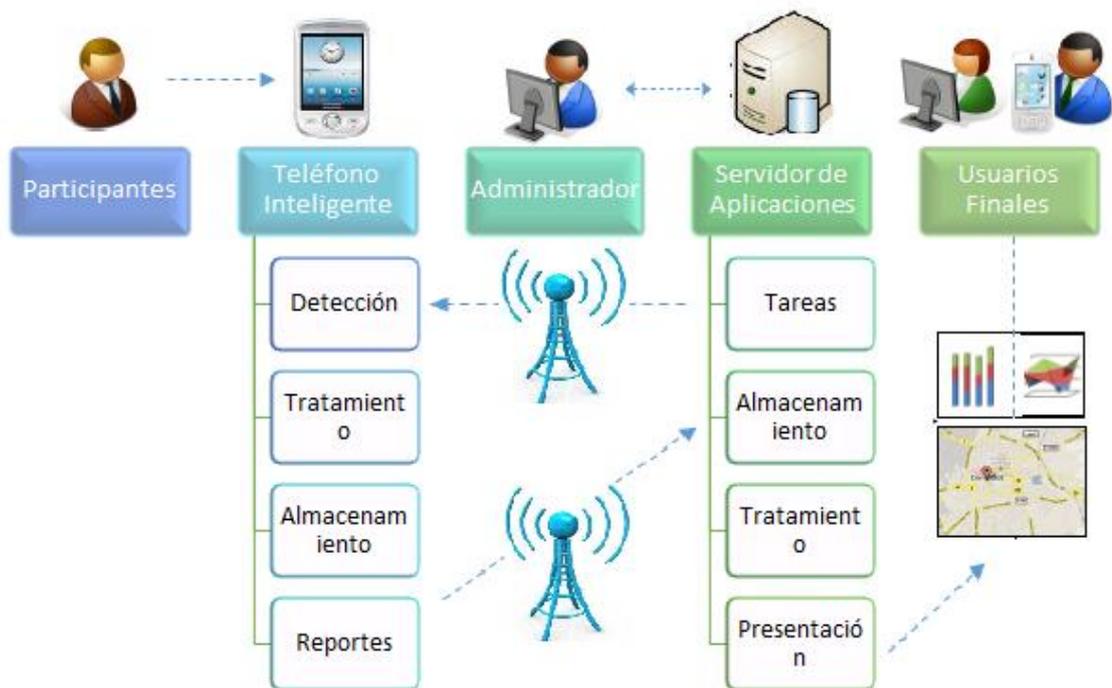


Figura 5.4 Componentes de una arquitectura cliente-servidor orientada a monitoreo participativo

- El componente de tareas se puede usar para especificar tareas de detección para los dispositivos móviles participantes. Estas tareas pueden especificar las modalidades de monitoreo basadas en los requisitos del sistema de monitoreo, incluyendo criterios para iniciar una lectura, utilizando los sensores y definiendo la frecuencia de muestreo por ejemplo.
- El componente de reportes debe asegurar la transmisión de las lecturas de los sensores recogidos por el componente de detección al servidor. Las transferencias de datos en su mayoría hacen uso de la infraestructura de comunicación disponibles para los teléfonos móviles, como LAN inalámbrica, o conectividad 2G/3G/4G.
- El componente de almacenamiento del dispositivo móvil debe asegurar que los datos tomados en el teléfono móvil son reportados en el servidor, este último en cambio gestiona el almacenamiento a largo plazo de los datos recibidos, mientras que el dispositivo móvil

asegura el almacenamiento a corto plazo de los datos que se procesa o transmite al servidor. En el lado del servidor, los datos se almacenan comúnmente en bases de datos relacionales o bases de datos especialmente adaptados a la gestión de las lecturas de los sensores.

- El componente de tratamiento, procesa las lecturas de los sensores, ya sea directamente en los teléfonos móviles a escala individual o en el lado del servidor en mayor escala accediendo a servicios Web-GIS y preparando la información para el componente de presentación.
- El componente de presentación muestra los resultados obtenidos por los componentes de tratamiento a los usuarios finales. Los resultados pueden reflejarse de forma local en los dispositivos móviles de los participantes o se podrían presentar a través de portales web a un público más amplio. Los resultados se pueden presentar en forma de datos, gráficos, ubicaciones cartográficas, e información detallada de monitoreo en mapas (Christin et al., 2011).

5.2. Aplicación móvil

Actualmente existe algunas aplicaciones creadas para el monitoreo de ruido tanto con fines comerciales como investigativos, por lo que el desarrollo de una nueva no representaría un reto más allá de lo que un desarrollador experimentado de aplicaciones ya sea para Android o iOS pueda solventar. Por lo tanto el nuevo reto es conseguir la resolución espacial y temporal requerida, así como conseguir y mantener la participación de los usuarios.

Los requisitos para conseguir la aceptación de una aplicación para una plataforma móvil (Android, iOS) entre los usuarios, aunque dependen en gran parte del área de aplicación, funcionabilidad, utilidad, practicidad entre otros factores, el desarrollo de una aplicación para monitoreo participativo de variables ambientales debe tener en cuenta aspectos adicionales como:

- Interfaz amigable, atractiva, intuitiva y fácil de utilizar
- Gamificación orientada a motivar y mantener la participación
- Permitir calibración del dispositivo móvil.
- Uso optimizado de los recursos de hardware del dispositivo móvil
- Versatilidad para ser mejorada mediante actualizaciones

Para el caso específico de una aplicación de monitoreo de ruido se puede apegar en lo posible las especificaciones de la norma IEC 61672 sobre Electroacústica y Sonómetros.

En la implementación de una aplicación para dispositivos móviles se debe considerar que los componentes del sistema de monitoreo pueden pertenecer a la aplicación y ser implementado en el teléfono o podrían ser implementada en el servidor (Rossi et al., 2013). Hacerlo de una u otra manera depende de los resultados deseados y los recursos disponibles, utilizar la potencia de cálculo de los dispositivos individuales permitirá reducir recursos en los servidores pero complicara el desarrollo de la aplicación móvil debido a la gran variedad de hardware existente en los dispositivos móviles. La figura 5.5 muestra una propuesta de los componentes con los que se puede implementar una aplicación para monitoreo de ruido ambiental.

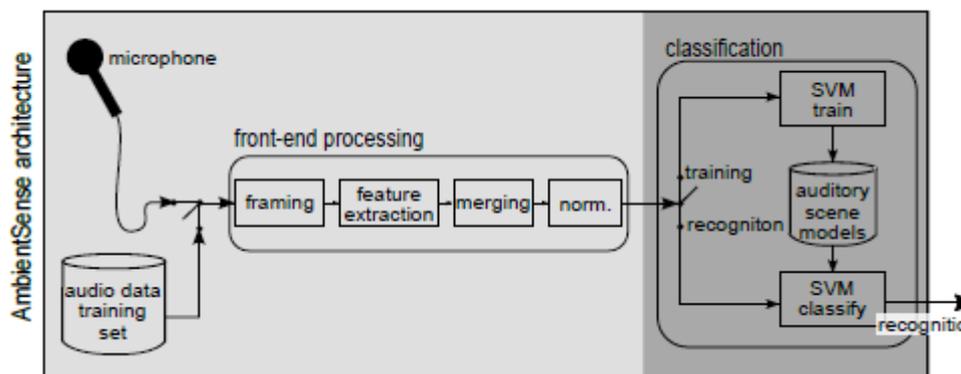


Figura 5.5 Componentes de una propuesta de arquitectura para una aplicación de monitoreo de ruido Fuente: (Rossi et al., 2013)

De los tres tipos de aplicación Nativa, web o Híbrida (nativa y web), se debería optar por implementar una nativa o una híbrida, considerando que

se requerirá acceso nativo a los sensores y a una plataforma GIS a través de web (Rossi et al., 2013).

En cada plataforma se tiene distintos lenguajes, herramientas y entornos de desarrollo, cuyo uso constituye un requisito para el desarrollo de la aplicación móvil, estos se resumen en la tabla 5.1.

	iOS	Android	Blackberry	Windows
Lenguajes	Obj-C, C, C++	Java (Some C, C++)	Java	C#, VB.NET, etc
Herramientas	Xcode	Android SDK	BB Java Eclipse Plug-In	Visual Studio, Windows Phone Dev Tools
Archivo ejecutable	.app	.apk	.cod	.xap
Tienda	Apple iTunes	Google Play Store	BlackBerry App World	Windows Phone Market

Tabla 5.1 Recursos para el desarrollo de aplicaciones móviles en las distintas plataformas. Fuente: (GeoSpatial Training Services., 2014).

Aplicaciones como Noise Nuisance, NoiseWatch, NoiseSpy, Ear-Phone y NoiseTube se utilizan para estimar el ruido y presentan características comunes entre ellas. La última de estas surgió de un proyecto investigativo desarrollado en el 2009 por un grupo integrado de las Universidades Europeas (Francia, Bélgica y los países bajos) (Management, 2013) y utilizada en otros proyectos. Es una de las alternativas más serias que existen en la actualidad. A continuación se hace una revisión de las características de esta aplicación y su plataforma

- **Aplicación móvil.-** Es de libre descarga en las tiendas de Android y iOS, la adecuada medición (compatibilidad) está limitada ciertos modelos específicos de dispositivos móviles, usa información del micrófono, GPS y entrada manual del usuario, esta información se registra en el dispositivo y es enviada al servidor de la comunidad de NoiseTube en tiempo real. El nivel de sonido se calcula con un algoritmo de procesamiento de señales con una frecuencia de muestreo de 1 segundo y es visualizado numéricamente y en histograma.

- **Geoetiquetado.-** Cada medición de ruido es etiquetada con coordenadas geográficas con el sistema WGS84 mediante el uso del GPS.
- **Etiqueta manual.-** Permite al usuario ingresar manualmente la fuente del sonido de cada medición.
- **Memoria de comunidad.-** recursos TIC que permiten almacenar la información que constituye un recurso común para todos los miembros, este es un servidor web que recoge y realiza el post procesado de la información y contrala un sitio web que permite a los usuarios el accesos a la información.
- **Post procesado.-** se insertan etiquetas automáticas de hora del día, día de la semana y lugar; se corrige la posición de las coordenadas GPS desplazando todas las mediciones (cuya ubicación no corresponde a una calle) hacia la ubicación de la calle más cercana.
- **Prestaciones para los usuarios.-** tras el post prost-procesado se añade las mediciones a un registro personal del usuario llamado "Registro de exposición", las mediciones también pueden ser visualizadas en Google Earth. Se crean mapas de ruido por ciudad con las mediciones de toda la comunidad que tienen capas en función de las etiquetas hechas por los usuarios danto mayor significado y contexto a las mediciones. (Stevens, Hondt, & Maisonneuve, 2009).

6. Requisitos para la participación

La recopilación de información y/o análisis de datos mediante la participación de las personas conectadas en red se lo denomina como crowdsourcing (Stevens & D'Hondt, 2010). Con la proliferación de dispositivos móviles inteligentes el concepto de computación ubicua se ha fortalecido por lo que actualmente estos conceptos se están difundiendo y ampliando,

orientándose a conseguir su uso en el monitoreo de variables ambientales de una manera práctica y económica.

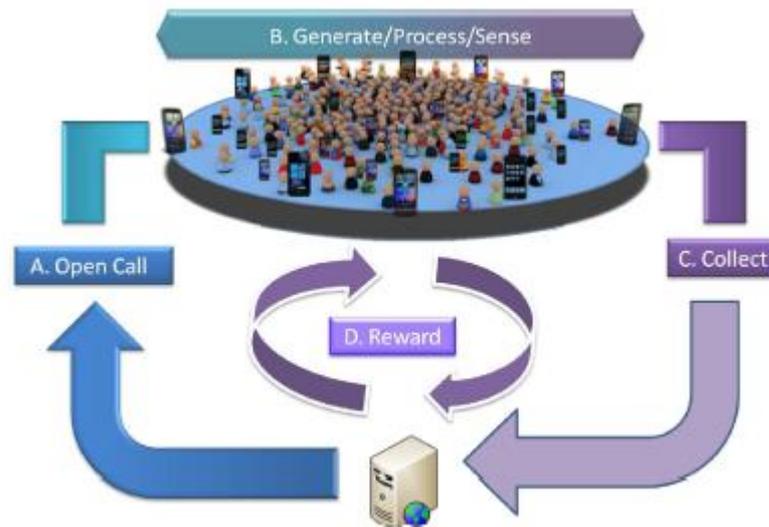


Figura 6.1 Esquema de crowdsourcing Fuente:(Chatzimilioudis, Konstantinidis, Laoudias, & Zeinalipour-yazti, n.d.)

El crowdsourcing es un proceso continuo de convocar a los participantes, recolectar información y recompensar a los participantes devolviéndoles el conglomerado de información recolectada (Chatzimilioudis, Konstantinidis, Laoudias, & Zeinalipour-yazti, n.d.). Sin bien esto motiva la participación, esta motivación solo se obtiene si la información recolectada y devuelta a los usuarios les resulta curiosa o útil. Por ello es importante concienciar a los potenciales participantes del monitoreo sobre la utilidad del mismo.

6.1. Enfoque de participación

La participación de los usuarios de dispositivos móviles para el monitoreo de variables ambientales y del ruido específicamente puede enfocarse de dos maneras:

- 1.- Centrarse en las mediciones de los usuarios como única fuente de información procurando una concentración y dispersión espacial y temporal alta y minimizando los errores de medición.

2.- Usar el monitoreo participativo como complemento de un sistema de monitoreo estándar y tomar las medidas de los usuarios como verificadoras o complementarias para tener mayor dispersión espacio - temporal (Stevens & D'Hondt, 2010). Lo que requiere mayores recursos que el enfoque anterior pero vuelve el monitoreo más confiable.

A partir de ello, lo primero que debe hacerse es definir el enfoque de participación para definir los recursos y con ello los requisitos necesarios para implantar el sistemas de monitoreo.

6.2. Motivación para la participación

Los principales enfoques de motivación para alcanzar la participación del usuario promedio de dispositivos móviles son:

1.- Poner en su manos de las personas una herramienta que les permita determinar los niveles de ruido a los que está expuesto y a la vez contribuir a la elaboración y constante actualización de un mapa de ruido al que también él puede tener acceso (Maisonneuve & Stevens, 2009). El principal obstáculo para este método de motivación es la cantidad de personas que realmente le interesa o preocupa su exposición al ruido como para dedicarle un mínimo de tiempo a su determinación.

2.- Para conseguir la participación es importante concienciar a los participantes de la importancia del monitoreo participativo como una herramienta para lograr el desarrollo equilibrado entre comodidad y salud, la que no puede ser solventada únicamente por los gobiernos locales, pues también requiere de la activa participación de los ciudadanos involucrados ya sea como generadores de ruido o como afectados por el mismo (Stevens & D'Hondt, 2010). Creado un sentido de pertenencia a una causa común.

Considerando estos factores se debería enfocar las campañas de motivación y concienciación para lograr la participación.

7. Conclusiones y recomendaciones

En el presente capítulo se resumen el conjunto de requisitos para el monitoreo participativo con dispositivos móviles, así como las conclusiones y recomendaciones sobre el tema.

7.1 Resumen de requisitos

El monitoreo participativo de variables ambientales como el sonido, haciendo uso de dispositivos móviles presenta un conjunto diverso de requisitos, mismos que dependerán del enfoque que se quiera dar a la solución. Estos requisitos se los ha separado en tres tipos, relacionados al hardware, al software y los relacionados a la participación. A a continuación se enlistan por cada tipo.

Hardware

Los dispositivos móviles requeridos para ser usado en el monitoreo participativo deben presentar las siguientes características:

- 1.-Un micrófono interno o externo con respuesta adecuada en frecuencias audible, capacidad que puede mejorar mediante la calibración con uso de normativa específica relacionada a sonómetros.
- 2.- Capacidad de detectar la ubicación mediante GPS, con una precisión razonable.
- 3.- Capacidad de almacenamiento y conectividad WiFi y/o móvil 2G o superior.

Software

Los requisitos de software se enfocan en dos elementos principales, la arquitectura del sistema de monitoreo y la aplicación a ser utilizada en los dispositivos móviles.

Requisitos de arquitectura

La arquitectura deberá tener un enfoque cliente servidor y su capacidad dependerá del alcance que tenga el sistema de monitoreo, en él se deberá contemplar un conjunto de interacciones entre los usuarios con los dispositivos móviles como clientes y el servidor. Los componentes de software en dispositivo móvil serán:

- **Detección.**-Encargado de tomar los valores del monitoreo definido por el usuario o por instrucciones del servidor.
- **Tratamiento.**- Encargado del procesamiento de la información tomada en la detección.
- **Almacenamiento.**- para el almacenamiento en el propio dispositivo de la información monitoreada y procesada.
- **Reportes.**- para enviar la información al servidor.

Por su parte el servidor deberá tener básicamente bloques de:

- **Tareas.**- para determinar los modos de monitoreo y transmitirlos a los dispositivos móviles para que los ejecuten.
- **Almacenamiento.**- esta sería la base de datos donde se almacenen tanto los datos obtenidos y enviados por los participantes y los resultantes del procesamiento de la información.
- **Tratamiento.**- encargado de post procesar la información, aquí se establecería el acceso a servicios GIS que permitan la su explotación para la creación de mapas.
- **Presentación.**- para presentar la información y permitir el acceso a los usuarios finales.

Requisitos de la aplicación móvil.

La aplicación móvil será el principal medio por el cual los usuarios interactuaran con el sistema de monitoreo por lo tanto resulta vital para su éxito, los requisitos generales a considerar en su desarrollo serán:

- Interfaz amigable, atractiva, intuitiva y fácil de utilizar

- Gamificación orientada a motivar y mantener la participación
- Permitir calibración del dispositivo móvil.
- Uso optimizado de los recursos de hardware del dispositivo móvil
- Versatilidad para ser mejorada mediante actualizaciones
- Para el caso específico de una aplicación de monitoreo de ruido se le puede agregar, apegarse en lo posible las especificaciones de la norma IEC 61672.

Adicionalmente se deberá considerar aspectos como:

- Implementar los componentes de cálculo y procesamiento en el dispositivo o en el servidor
- Determinar el tipo de aplicación nativa, web o híbrida
- Definir lenguajes y herramienta para desarrollo de la aplicación

Participación

Para orientar la participación de las personas en el monitoreo se debe considerar dos enfoques.

- Centrarse en las mediciones tomadas únicamente por los usuarios y enfocarse en conseguir la una resolución espacial y temporal adecuadas minimizando los errores.
- Usar las mediciones de los participantes como complemento de un sistema de monitoreo convencional como medio para verificar las mediciones de este sistema y/o para alcanzar mayor resolución espacial temporal (Stevens & D'Hondt, 2010).

Para logra la participación se debe motivar y concienciar a los potenciales parientes enfocándose en dos aspectos principales:

- Las ventajas de tener una herramienta que permita determinar su exposición a factores ambientales negativos como el ruido.

- La necesidad de su participación activa para dar soluciones a problemas ambientales conjuntamente con las autoridades gubernamentales (Stevens & D'Hondt, 2010).

Buenas practicas tomadas de soluciones de monitoreo existentes

Las características vistas en aplicaciones de monitoreo existentes presentan una sólida base para la implementación de una solución de monitoreo, por lo tanto se exponen para su consideración como requisitos para la implantaciones de soluciones nuevas.

- Aplicación móvil de libre descarga y compatible con diversidad de modelos de dispositivos.
- Uso de geo etiquetado y etiquetado manual para que el usuario pueda añadir información.
- Post procesado de la información para depuración de errores a añadir información contextual tomada de fuentes distintas al dispositivo móvil como clima del lugar y a la hora de la toma de la medición.
- Presentación de la información a los participantes de forma que estos se sienta bien recompensados por su participación y creando sentido de pertenencia con los objetivos del sistema de monitoreo.

7.2. Conclusiones

Tras la realización del presente trabajo monográfico se ha llegado a las siguientes conclusiones:

-Se realizó una revisión bibliográfica y documental extrayendo requisitos generales de Hardware, Software y Arquitectura, que se han presentado junto a enfoques y factores motivantes para la participación.

-Actualmente existe bastante investigación orientada al uso de los dispositivos móviles para contribuir al monitoreo de la sociedad y el ambiente, por el alcance de la población y la facilidad de acceso y uso de herramientas para la explotación de su potencial.

-Existen suficientes recursos de software y hardware en dispositivos y plataformas móviles así como en servidores y acceso a servicios (GIS en este caso) para desarrollar soluciones de monitoreo participativo, sin embargo se plantean nuevos retos a superar para que estas alcancen el éxito los principales son:

- Conseguir y mantener la participación que permita una cobertura adecuada del monitoreo en espacio y en tiempo.
- Depurar los errores derivados de información generada en el monitoreo de forma aleatoria y masiva con dispositivos móviles de diversas características y calidad.
- Seguridad de la información personal de los participantes principalmente historial de ubicaciones que se envían en el monitoreo.

-El principal obstáculo a superar en el hardware de los dispositivos móviles como requisito para el monitoreo de ruido son los errores introducidos por las diferentes micrófonos que equipan estos dispositivos, cuya calidad varía en función del dispositivo. La primera propuesta en este sentido es el uso de micrófonos externos de mayor calidad y archivos de calibración dedicados a cada modelo de dispositivo.

-Existen varios proyectos investigativos para desarrollar soluciones de monitoreo de variables ambientales entre ellas el ruido, muchas de ellas ya se han puesto en marcha y se puede hacer uso de sus experiencias y buenas prácticas para emprender el desarrollo de una nueva solución de monitoreo.

7.3. Recomendaciones

Como recomendaciones para futuros trabajos se planean las siguientes:

-Realizar estudios específicos para abordar soluciones a los problemas de privacidad de los participantes y depuración de la información generada en un sistema de monitoreo, así como para motivar la participación.

-Estudio detallado de los micrófonos que usan los dispositivos móviles para establecer cuantitativamente las diferencias con los micrófonos de medición y presenta alternativas de calibración.

-Estudio de la norma IEC 61672 y determinar la forma de integrarla en el procesamiento interno de una aplicación móvil, de modo de lograr mediciones más estandarizadas de niveles de presión sonora.

-Determinar mediante un estudio la penetración de los dispositivos móviles y sus diversificación en sistemas operativos (y sus diferentes versiones), marcas y modelos y el perfil de los usuarios en el área geográfica donde se pretenda implantar el sistema de monitoreo, para identificar el potencial número de participantes y estrategias para motivar la participación y para determinar los recursos y estrategias de desarrollo del propio sistema de monitoreo.

REFERENCIAS

- Bugs, G., Granell, C., Fonts, O., Huerta, J., & Painho, M. (2010). An assessment of Public Participation GIS and Web 2.0 technologies in urban planning practice in Canela, Brazil. *Cities*, 27(3), 172–181. doi:10.1016/j.cities.2009.11.008
- Chatzimilioudis, G., Konstantinidis, A., Laoudias, C., & Zeinalipour-yazti, D. (n.d.). Crowdsourcing with Smartphones, 1–7.
- Christin, D., Reinhardt, A., Kanhere, S. S., & Hollick, M. (2011). *A survey on privacy in mobile participatory sensing applications*. *Journal of Systems and Software* (Vol. 84, pp. 1928–1946). doi:10.1016/j.jss.2011.06.073
- García, I., Rodríguez, L. E., Benedito, M., Trilles, S., Beltrán, A., Díaz, L., & Huerta, J. (n.d.). Aplicación móvil para la monitorización de la contaminación acústica en entornos urbanos a través de técnicas de Gamification.
- Journal, L. L. T., Invitados, E., Romero, D., Molina, A., Chirino, V., Especial, E., ... Pimenta, P. (2010). R evista I beroamericana de T ecnologías del / da A prendizaje / A prendizagem A publication of the IEEE Education Society, 159.
- Maisonneuve, N., & Stevens, M. (2009). Citizen noise pollution monitoring. *Proceedings of the 10th* Retrieved from <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1556198>
- Management, A. S. T. (2013). Deakin Research Online, 172–187.
- Rodr, M., Pece, J. P., & Escudero, C. J. (n.d.). Blueps : sistema de localizaci ´ on en interiores utilizando Bluetooth.
- Rossi, M., Feese, S., Amft, O., Braune, N., Martis, S., & Troster, G. (2013). AmbientSense: A real-time ambient sound recognition system for smartphones. *2013 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops, PerCom Workshops 2013*, 230–235.
- Stevens, M., & D'Hondt, E. (2010). Crowdsourcing of pollution data using smartphones. *Proceedings of the Workshop on Ubiquitous Crowdsourcing, UbiComp2010*, 1 – 4. Retrieved from <http://soft.vub.ac.be/Publications/2010/vub-tr-soft-10-15.pdf>
- Stevens, M., Hondt, E. D., & Maisonneuve, N. (2009). Participatory Sensing for Sustainable Urban Life, 2009, 34721.
- Whiting, C. (2013). So How Good are These Smartphone Sound Measurement Apps?, 25(3).

REFERENCIAS WEB:

Gonzalo Castro. "GUÍA DE AISLAMIENTO ACÚSTICO. "webs.uvigo.es. 2008 .
Universidad de Vigo. 15/10/2014
http://webs.uvigo.es/gcastro/PFC/PROYECTO_ZALO.htm.

ArcGis. "Un recorrido rápido por los mapas Web y los servicios SIG:."
<http://help.arcgis.com>. 2014. ArcGis. 5/12/2014
<http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/00sp000000w000000>
0.

Geospatial Training . " Tipos de aplicaciones móviles.
<http://geospatialtrainings.com/>. 2014. GeoSpatial Training Services. 2/12/2014
<http://geospatialtrainings.com/recursos-gratuitos/tipos-de-aplicaciones-moviles/>.