

## Sensado móvil como estrategia de participación ciudadana en Ciudades Inteligentes

Juan Fernández Sosa <sup>1</sup> , Verónica Aguirre<sup>1</sup> , Leonardo Corbalán <sup>1</sup>   
Lisandro Delía <sup>1</sup> , Pablo Thomas <sup>1</sup> , Patricia Pesado <sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI). Facultad de Informática – Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina.  
Centro Asociado a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC)  
{jfernandez, vaguirre, corbalan, ldelia, pthomas, ppesado}@lidi.info.unlp.edu.ar

**Resumen.** Las ciudades inteligentes utilizan las Tecnologías de la Información y la Comunicación para mejorar la calidad de los servicios públicos y el bienestar general de sus habitantes. En este modelo de urbe, la participación ciudadana permite a los vecinos de la comuna involucrarse en la vida social, política y económica de la ciudad, exponiendo sus reclamos y propuestas. En este trabajo se presenta un nuevo sistema de sensado participativo para informar anomalías en la red de distribución de agua potable domiciliaria. Las imágenes capturadas y los reportes generados por los ciudadanos con sus propios dispositivos móviles se publican y comparten. Como resultado se genera un mapa colaborativo de la calidad del agua que expone las zonas donde el suministro es inadecuado o deficiente.

**Keywords:** Dispositivos móviles; Sensado móvil; Sensado participativo; Ciudades inteligentes; Participación ciudadana.

### 1. Introducción

El desarrollo de las tecnologías digitales, la expansión de Internet y el crecimiento de las redes de telefonía móvil han generado profundos cambios políticos, económicos y sociales a nivel global. Entre las ventajas más destacadas que ofrece la tecnología digital actual están las facilidades que brinda para mejorar la participación ciudadana en la gobernanza de las ciudades.

Las políticas de gobierno que hacen uso de las Tecnologías de Información y la Comunicación (TIC) ofrecen excelentes oportunidades para transformar a las administraciones públicas en instrumentos del desarrollo sustentable. Al conjunto de estas prácticas mediadas por la tecnología que llevan a cabo los organismos del Estado se las conoce con el nombre genérico de “Gobierno Electrónico” o *e-Government*.

Desde su aparición, el teléfono móvil ha sido generador de grandes y veloces cambios sobre aspectos fundamentales de la sociedad. Como consecuencia, la calidad de vida de los ciudadanos ha cambiado, mejorando la forma en que se relacionan y comunican con los demás, la manera de trabajar y el estilo de vida que llevan en general.

Los teléfonos inteligentes actuales, *smartphones* de aquí en adelante, tienen en promedio mayor capacidad tecnológica que el Apolo 11 cuando llegó a la Luna en 1969. Ninguna tecnología conocida, ni siquiera Internet, se ha impuesto con tanta rapidez, ni ha evolucionado tanto en tan poco tiempo como la tecnología móvil [1].

La penetración y utilización masiva de la telefonía celular ha permitido a los estados establecer canales de comunicación efectivos y bidireccionales con la población. Por medio de estos canales, las administraciones ofrecen servicios de manera cómoda, efectiva y económica para los ciudadanos. A su vez, en flujo

retroalimentativo, los ciudadanos pueden aportar información e ideas valiosas a los organismos estatales, las 24 horas del día, los 7 días de la semana, sin importar el lugar físico donde se encuentren. Al conjunto de estas prácticas de gobierno mediadas por la tecnología y los dispositivos móviles se las conoce con el nombre genérico de “Gobierno Móvil” o *m-Government*.

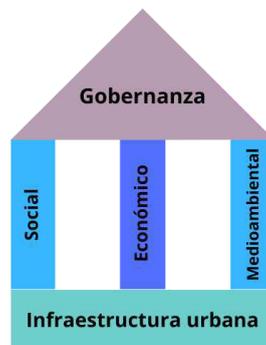
Las ciudades inteligentes y la innovación que supone el *m-Government* implican mejores servicios urbanos y un aumento en el bienestar ciudadano. La comunicación C2G (*citizen to government*) que ocurre en *m-Government*, es una de las formas más usuales de participación ciudadana. Las notificaciones que las personas envían a las administraciones estatales respecto de problemas en la vía pública, o sobre cualquier incidencia en el ámbito de los servicios públicos, son ejemplos de este tipo de comunicación.

Sin lugar a duda, la tecnología móvil, al servicio de las ciudades inteligentes, ofrece grandes oportunidades para la participación directa de los habitantes en cuestiones de gobernanza, lo que empodera a la comunidad.

El resto de este trabajo se organiza de la siguiente manera: en el capítulo 2 se aborda el concepto de ciudades inteligentes y diferentes mecanismos que existen para la participación ciudadana, luego en el capítulo 3 se profundiza sobre los sistemas de sensado móvil y su aplicación en el ámbito de las ciudades inteligentes. En el capítulo 4 se presenta el diseño y descripción de un nuevo sistema de sensado móvil, propuesto para el monitoreo de la calidad de agua de la red de distribución domiciliaria. Finalmente se presentan conclusiones y trabajo futuro.

## 2. Ciudades inteligentes y participación ciudadana

Las ciudades inteligentes son aquellas que hacen uso de las TICs para mejorar el estilo de vida y la calidad de los servicios públicos ofrecidos a una comunidad. Este paradigma se construye en función de los cinco pilares que se grafican en la figura 1: *social, económico, medioambiental, gobernanza e infraestructura urbana* [2].



**Fig 1.** Pilares de una ciudad inteligente y sustentable.

La *infraestructura urbana* aporta las herramientas esenciales para satisfacer las necesidades de la comunidad, por ejemplo, el soporte para las comunicaciones informáticas. Sobre la infraestructura se apoyan los pilares *social, económico y medioambiental*. El primero está relacionado con la calidad de vida de las personas y tiene en cuenta factores tales como la salud, educación, seguridad y cultura, entre otros. El segundo pone el foco en el crecimiento económico responsable y la generación de oportunidades laborales. El tercer pilar se centra en la protección, monitoreo y restauración del medioambiente, además de la aplicación de prácticas eco-sustentables. Estos pilares se construyen a partir de políticas administradas por

la gobernanza estatal que formula e implementa marcos regulatorios, políticas públicas y sociales.

No basta con incorporar tecnología en las ciudades para que sean consideradas “inteligentes”. Estas tecnologías deben ser aprovechadas y explotadas por sus habitantes. La *Participación Ciudadana* es un nuevo modelo que ha surgido en los últimos años en el contexto de las ciudades inteligentes y que pone en valor las ideas y aportes de los ciudadanos [3]. Este modelo puede instrumentarse de tres formas diferentes: (1) ciudadanos como participantes democráticos, (2) ciudadanos como co-creadores y (3) ciudadanos como usuarios de las TICs.

En el primer caso, los ciudadanos forman parte de la toma de decisiones sobre las políticas a desarrollar en su ciudad. Este mecanismo de participación puede llevarse a cabo por ejemplo mediante sistemas de voto electrónico.

En el segundo caso de participación, los ciudadanos se convierten en generadores de ideas, informando a las administraciones locales sobre las necesidades reales de la sociedad. Un ejemplo de participación ciudadana para recolectar ideas y necesidades son los *focus groups*.

En el último caso de participación, se ponen a las TICs al servicio de los ciudadanos mediante:

- Aplicaciones orientadas al ciudadano y conectadas con la infraestructura tecnológica de la ciudad, que permiten reportar eventos en el tráfico, estado de las rutas, tratamiento de residuos, entre otros fenómenos de la ciudad.
- Infraestructura, integrando por ejemplo sensores e internet de las cosas en objetos de la vida cotidiana que son capaces de registrar y modificar el entorno.
- *Open data*, que consiste en difundir libre y abiertamente todos los datos que se producen en la ciudad: información del tráfico, el clima, el presupuesto del sector público, la información turística, entre muchos otros. Los desarrolladores pueden utilizar estos datos de libre acceso para crear aplicaciones de código abierto, que faciliten la colaboración entre los ciudadanos con el fin de resolver problemas a diferentes escalas (barrio, ciudad o incluso país).

### 3. Sensado con dispositivos móviles

Los *smartphones* son pequeños dispositivos móviles que además de las funciones básicas de un teléfono ordinario, ofrecen un conjunto de prestaciones tales como procesamiento de datos, cómputo, conectividad y acceso a Internet. Un conjunto de periféricos y sensores de *hardware* incrementan aún más estas capacidades. Actualmente, resultan cotidianos y se han convertido en herramientas fundamentales para la vida en sociedad. Es destacable la rapidez con la que se ha desarrollado la tecnología móvil, que llegó para instalarse definitivamente y promover al mismo tiempo, cambios sustanciales en los hábitos sociales y prácticas gubernamentales. Según estimaciones de la Universidad de las Naciones Unidas (UNU), en 2017 ya existían más cantidad de teléfonos móviles que habitantes en el mundo (7.700 millones de suscripciones a teléfonos móviles para una población mundial de 7.400 millones de personas) [4].

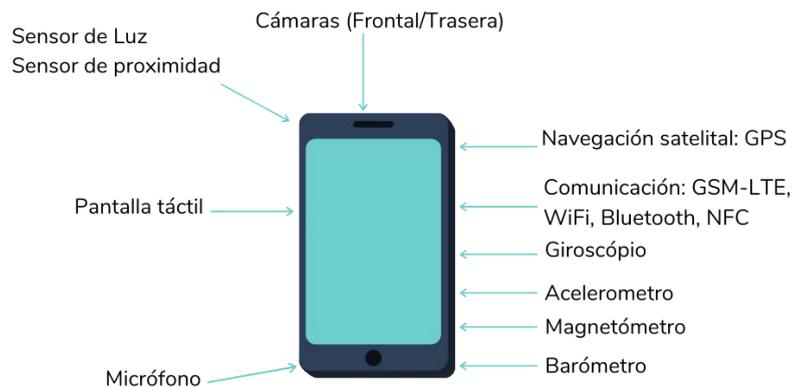
La cantidad de servicios y prestaciones ofrecidas por los *smartphones* se han incrementado de manera exponencial en los últimos años, apoyándose en el desarrollo y evolución de tres componentes fundamentales: el *hardware*, el *software* y las *tecnologías de comunicación inalámbrica*.

Respecto de los avances del *hardware*, se puede mencionar una mayor capacidad de procesamiento y de memoria, junto con la incorporación, en las últimas dos décadas, de diversos sensores que permiten a los *smartphones* “percibir” datos de diferente naturaleza. Asimismo, se ha ampliado la capacidad para anexas otros sensores externos de propósitos específicos.

Desde la perspectiva del *software*, se destaca la evolución de los actuales sistemas operativos que han permitido y promovido el desarrollo y ejecución de aplicaciones para dispositivos móviles. A través de estas aplicaciones se ofrecen infinidad de servicios a los usuarios.

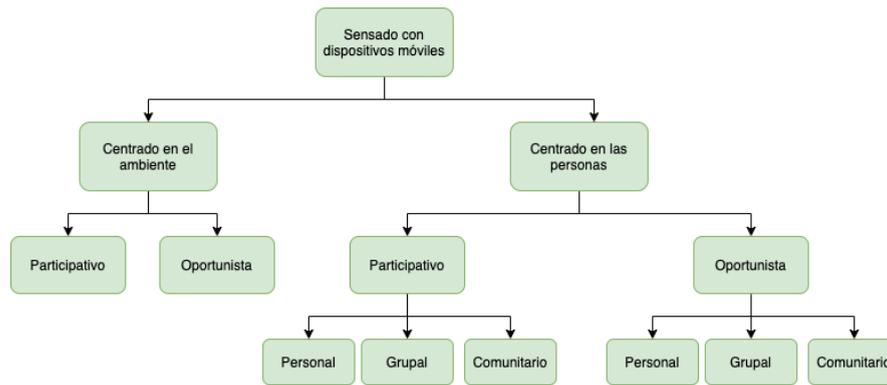
Por último, los avances en las *tecnologías de comunicación inalámbrica* han permitido una mejora sustancial para el acceso e intercambio de información a través de Internet, utilizando las redes 3G, 4G y 5G o por medio de WiFi. Además se han incorporado diferentes tecnologías de comunicación de bajo consumo energético como Bluetooth y NFC, entre otras.

Resulta especialmente interesante notar la cantidad de sensores que actualmente incorporan los *smartphones* (ver figura 2). Esto ha permitido el desarrollo de una nueva área de estudio conocida como *Sensado con dispositivos móviles* [5]. Aquí se explora la capacidad de percepción del entorno a partir de la creación de redes de sensado en diferentes niveles: *personal*, *grupal* y *comunitario*. Esta práctica genera oportunidades en diversas áreas como el comercio, el monitoreo del ambiente, de la salud, del comportamiento humano, del tránsito y en otras actividades dentro del contexto de las ciudades inteligentes [6].



**Fig 2.** Lista no exhaustiva de sensores incorporados en los *smartphones*.

La figura 3 presenta una clasificación para las redes de sensado con dispositivos móviles. En función del objeto de estudio, estas redes pueden estar centradas en las *personas* o en el *ambiente* [7, 8]. Son ejemplos del primer caso las redes orientadas a documentar actividades, controlar ejercicios físicos o monitorear la salud y bienestar de las personas. Por su parte, las redes centradas en el ambiente buscan obtener información sobre el espacio que rodea al usuario, por ejemplo la calidad del aire, condiciones de caminos, tráfico, etc.



**Fig 3.** Taxonomía de los sistemas de sensado con dispositivos móviles

Dependiendo del grado de compromiso de los usuarios que participan en estas redes, surgen dos nuevas categorías: las redes *participativas* y las *oportunistas* [5, 6]. Las primeras requieren del rol activo del usuario quien debe elegir conscientemente qué datos recopilar, cómo, dónde, etc. Tal es el caso de un sistema para la recolección de muestras de ruido ambiental donde el usuario debe tener la iniciativa de tomar su *smartphone* y realizar la captura de audio correspondiente. Este tipo de paradigma de sensado permite detectar eventos y realizar operaciones complejas, apelando a la inteligencia y criterio de las personas. En contrapartida, la calidad de la información recopilada dependerá del entusiasmo de la persona en formar parte de la red de sensado. Por ello es necesario estudiar procesos de reclutamiento e incentivos adecuados.

En redes oportunistas, el usuario asume un rol pasivo como portador del dispositivo que de manera autónoma recolecta datos en *background*. Tal es el caso de las aplicaciones que buscan continuamente redes WiFi en el entorno por donde se mueve el usuario o que monitorean su actividad física (cantidad de pasos dados, escalones subidos/bajados, etc). Los problemas que aquí se presentan están relacionados con las dificultades para conocer el contexto de la recolección de los datos. Por ejemplo, una aplicación que registra en *background* el nivel de ruido presente en el entorno del usuario, debería descartar las muestras recolectadas cuando el dispositivo se encuentre guardado en el bolsillo.

Finalmente, las redes se clasifican según la escala o nivel de sensado en las siguientes categorías [5, 9]:

- *Personal*: Recolectan datos del portador del dispositivo. Ejemplos: Monitoreo del sueño, patrones de movimiento, medios de transporte utilizados, etc.
- *Grupal*: Recolectan y comparten información dentro de un grupo de individuos que persiguen un objetivo o interés común. Ejemplos: redes de trabajo, vecinales, universitarias, etc.
- *Comunitario*: Interviene un gran número de personas. La recolección, análisis e intercambio de datos se realiza para beneficiar a una comunidad entera. Ejemplos: aplicaciones para conocer el avance de una enfermedad, congestionamientos de tránsito, mapas de ruido, etc.

### 3.1 Sensado con dispositivos móviles en Smart Cities

En el contexto de las ciudades inteligentes, el sensado con dispositivos móviles ofrece a sus habitantes nuevas formas de participación en cuestiones relevantes de la vida social, política y económica de su comunidad. Algunos dominios de aplicación

son el transporte, monitoreo ambiental, salud pública, seguridad urbana, economía y educación [10].

Para aplicaciones que requieren la recolección de grandes volúmenes de datos, tales como el monitoreo ambiental, la industria o el gobierno suelen desplegar redes de sensores inalámbricas (WSN por sus siglas en inglés). Estas redes se construyen a partir de la interconexión de dispositivos electrónicos con capacidad de sensado, cómputo y conectividad inalámbrica [11]. Dichos dispositivos colaboran entre sí monitoreando algún fenómeno específico [12].

Como se mencionó anteriormente, los *smartphones* fueron adquiriendo mayores capacidades de cómputo y de sensado con el paso de los años. Gracias a ello, son posibles las redes de sensado móvil, donde los *smartphones* se erigen como nodos brindando ventajas y nuevas oportunidades en comparación con las WSN tradicionales [13]:

- El mantenimiento de cada nodo está a cargo del dueño del terminal. Esto incluye la recarga de batería, reparación y recambio del equipo por uno de mayores prestaciones.
- Se pueden formar redes de mayor tamaño y cobertura, aprovechando que estos dispositivos ya se encuentran desplegados en la sociedad.
- Para escalar el sistema sólo se debe reclutar nuevos usuarios.
- Un mismo dispositivo es capaz de producir datos de diferente naturaleza, y puede ejecutar múltiples apps para cubrir diferentes necesidades.

El sensado que se lleva a cabo utilizando los dispositivos móviles de los ciudadanos permite mejorar la visualización de los eventos urbanos. Ello posibilita informar sobre situaciones sociales o ambientales que antes requerían del despliegue de redes de sensores estáticas, costosas de mantener y escalar.

Existen varias aplicaciones que emplean el sensado móvil participativo y comunitario para el monitoreo ambiental. Un ejemplo de ello se presentó en [14] por medio de un *framework* para monitorear la contaminación ambiental. Este fue puesto a prueba en la ciudad de Dhaka, Bangladesh. El sistema está compuesto por una aplicación de *software* que se ejecuta en los dispositivos móviles de los participantes, un servidor central encargado del procesamiento de los datos recibidos y una aplicación web para visualizar la información, dirigida especialmente a quienes tienen poder de decisión al respecto.

La aplicación móvil permite a los usuarios tomar fotografías, grabar audios y video de accidentes de contaminación junto con la información de geolocalización provista por el dispositivo. Estos datos, y los de otros usuarios, pueden visualizarse en un mapa embebido en la app. Los reportes incluyen distintas categorías como desechos, contaminación sonora, lumínica, del agua, del aire etc.

En [15] y [16] se presentan dos iniciativas aplicadas al monitoreo del ruido ambiental: “Ear-Phone” y “NoiseTube” respectivamente. Dichas aplicaciones procesan las mediciones del micrófono de los dispositivos móviles para obtener el valor del nivel de ruido existente. Ambos proyectos de sensado participativo y comunitarios poseen dos componentes: una aplicación de *software* que se ejecuta en los *smartphones* de los participantes y un servidor central. Los datos recolectados por los dispositivos móviles son enviados junto con información georeferenciada para la construcción de un mapa de ruido.

## 4. Diseño propuesto para sistema de monitoreo de la calidad del agua en la red de distribución domiciliaria

En este capítulo se presenta el diseño de un nuevo sistema para el reporte de incidencias en la red de distribución de agua potable de una ciudad. Más adelante se exponen los detalles de implementación y aspectos técnicos abordados durante el desarrollo de su componente más distintivo: *la aplicación móvil*. Esta aplicación, instalada en los *smartphones* de los participantes, conforma la red de sensado móvil comunitaria que da soporte a la propuesta. Así, cualquier ciudadano puede reportar una variación en la calidad del servicio de distribución de agua domiciliaria utilizando la cámara y GPS de su dispositivo móvil.

### 4.1 Motivación y presentación del sistema

La red pública de distribución de agua potable se encarga de suministrar a los domicilios este elemento vital, asegurando condiciones de cantidad y calidad. Existen diferentes factores que pueden degradar esta calidad, como por ejemplo la presencia de metales pesados, microbios y sedimentos. Ello impacta directamente en la salud pública, exponiendo a la comunidad a brotes de enfermedades intestinales y otras infecciones [17]. Por lo tanto, es importante alertar a las autoridades y a las empresas responsables del servicio, ante cualquier cambio observable en las características del agua suministrada.

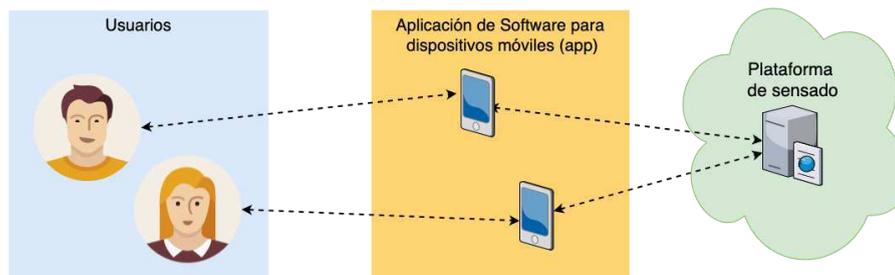
Sobre este escenario, se implementa un sistema de sensado participativo para reportar anomalías en el suministro domiciliario de agua. El conjunto de reportes contribuye a la construcción de un mapa de la calidad del agua, exponiendo zonas en donde el servicio no es el adecuado.

Los reportes, enviados a un servidor central a través de Internet, incluyen la siguiente información:

1. Una imagen obtenida con la cámara del dispositivo móvil del participante que expone la incidencia detectada.
2. La puntuación asignada por el usuario a la calidad del agua observada en un rango de 0 a 10. Este dato ayudará en la sistematización de la información y en la visualización de los reportes en el mapa.
3. Las respuestas del usuario a preguntas sobre características específicas del agua suministrada (color, olor, nivel de transparencia, etc.)
4. Información georeferenciada del dispositivo para ubicar el reporte en un mapa y también para alertar a otros participantes de la zona, quienes a su vez pueden realimentar al sistema generando sus propios reportes.

### 4.2 Aspectos técnicos

La solución desarrollada utiliza la arquitectura típica propia de los sistemas para el sensado móvil, donde se destacan tres componentes principales: los usuarios participantes, la aplicación de *software* para dispositivos móviles y un servidor central [18] (ver figura 4). Los usuarios interactúan con el sistema enviando reportes a través del aplicativo, instalado previamente en sus dispositivos móviles. La plataforma de sensado se encarga, en principio, de procesar, almacenar e informar dichos reportes.



**Fig 4.** Componentes del sistema de sensado presentado.

El código fuente que implementa las interfaces de usuario y los casos de uso que dan soporte a los requerimientos funcionales de acceso a los sensores y GPS, se encuentran accesibles de manera pública en un repositorio de GitLab en [19].

La construcción de aplicaciones de *software* para dispositivos móviles incluye básicamente dos enfoques distintos: el *desarrollo nativo* y el *desarrollo multiplataforma* [20, 21]. El enfoque nativo consiste en el desarrollo de una aplicación específica para cada uno de los sistemas operativos soportados. En contraposición, el enfoque multiplataforma permite desarrollar un proyecto único generando desde el mismo código fuente las aplicaciones que se ejecutarán en las distintas plataformas o sistemas operativos. Mientras que en el enfoque nativo se utilizan las herramientas de desarrollo -SDK- provistos por cada una de las plataformas, en el enfoque multiplataforma los aplicativos pueden ser desarrollados empleando una gran diversidad de tecnologías.

Para el desarrollo de la aplicación de este sistema de sensado móvil, se adoptó un enfoque multiplataforma, de modo que permitiera, a partir de un único código fuente, generar las aplicaciones para los sistemas operativos destino, en este caso Android e iOS. Se utilizó Ionic [22], un *framework* que permite la construcción de Apps utilizando tecnologías web (HTML, CSS y JS). Dicho *framework* brinda acceso a diferentes características de los dispositivos por medio de *plugins* de código abierto creados por la comunidad [23].

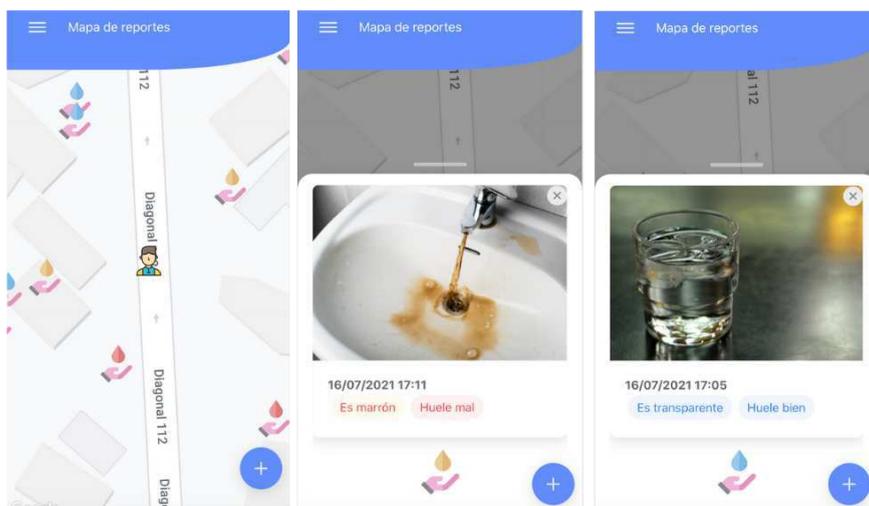
El desarrollo de la aplicación requirió instalar los siguientes *plugins* y librerías:

- Camera [24]: *plugin* especializado para la captura de imágenes o videos. Se utiliza para tomar fotografías del estado del agua domiciliaria.
- Geolocation [25]: este *plugin* permite obtener la ubicación del dispositivo, en términos de latitud y longitud. Así es posible anexar al reporte la información necesaria para poder ubicar la incidencia en el mapa y alertar a usuarios en las cercanías.
- API de Javascript de Google Maps [26] para la visualización y personalización del mapa, con los diferentes reportes enviados por los participantes del sistema de sensado.

### 4.3 Interfaz de usuario

La aplicación móvil presenta una interfaz simple y amigable de modo que cualquier usuario pueda utilizarla, independientemente de su experticia. En la figura 5 se visualiza la pantalla principal. En ella se puede observar el mapa con diferentes reportes creados por otros participantes de la red. El mapa toma en consideración los datos del GPS del dispositivo para centrarse en esa ubicación. Presionando sobre los reportes en el mapa se accede a una descripción detallada de éstos conformada por

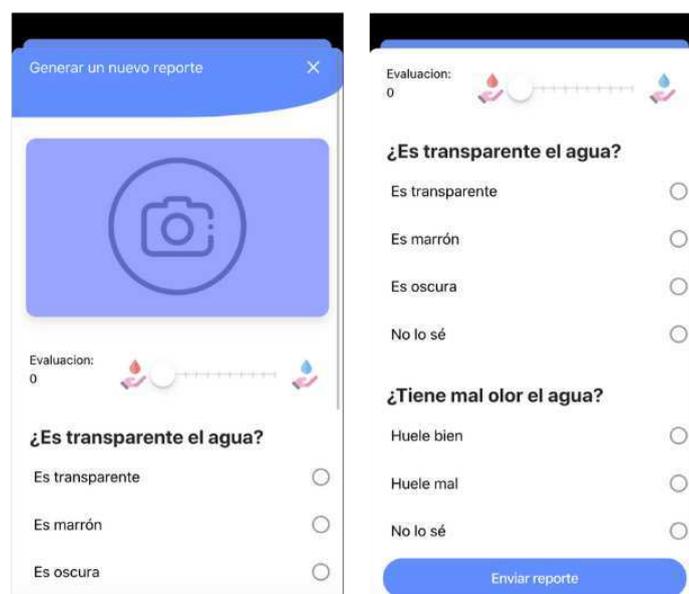
una imagen, etiquetas que describen el fenómeno reportado e información de la fecha y hora en que se recolectó esta información.



**Fig 5.** Pantalla principal de la app y detalles de algunos reportes de incidencias

El botón que se encuentra en el borde inferior derecho de la pantalla principal permite la generación y posterior envío de un nuevo reporte por medio del cuestionario que se visualiza en la figura 6. Aquí se debe suministrar la siguiente información:

1. Una fotografía que refleje el fenómeno reportado. La aplicación solicita acceso a la cámara del dispositivo para poder realizar la captura.
2. Un puntaje para evaluar la calidad del agua, entre 0 (mala) y 10 (buena). Este dato surge de la observación y percepción del usuario.
3. Una evaluación sobre el aspecto y olor del agua por medio de una selección entre múltiples opciones preconfiguradas.



**Fig 6.** Pantalla para envío de reporte.

## 5. Conclusiones y Trabajo Futuro

El nuevo modelo para el diseño y desarrollo de la urbe moderna, la *ciudad inteligente*, hace uso de las *Tecnologías de Información y la Comunicación* para transformar a las administraciones públicas en instrumentos del desarrollo sustentable, al mismo tiempo que mejora la prestación de servicios y el bienestar general de sus habitantes. La *participación ciudadana*, promovida por este nuevo modelo, empodera a la comunidad otorgándole facultades para intervenir en cuestiones de gobernanza.

Una forma de participación ciudadana, la *comunicación C2G* (desde el ciudadano hacia el gobierno), permite a los vecinos de una comunidad informar a las autoridades sobre cualquier incidente que pudiese afectarles directa o indirectamente. El uso de la tecnología móvil juega aquí un papel destacado debido a que facilita considerablemente este tipo de comunicación.

Existen millones de dispositivos móviles desplegados actualmente en la sociedad. En los últimos años, han experimentado mejoras sustanciales en sus capacidades de cómputo, almacenamiento y prestaciones de servicios. La incorporación de una gran cantidad de sensores otorga a estos dispositivos la habilidad para “percibir” el contexto donde se encuentran. Las posibilidades que de aquí se desprenden son enormes y se estudian bajo el nombre de *sensado móvil*. Los resultados competen directamente a las ciudades inteligentes y son aplicables en áreas tales como la salud, educación, transporte, comercio y monitoreo ambiental entre muchas otras.

Los sistemas de sensado móvil típicamente utilizan tres componentes principales: los usuarios participantes, una aplicación de *software* instalada en sus dispositivos y una plataforma de sensado desplegada en la nube. De esta forma los ciudadanos participan en actividades comunales con sus propios dispositivos, generalmente un *smartphone*, monitoreando fenómenos ambientales y urbanos e informando a las autoridades estatales sobre ellos y otros tipos de incidencias de interés para la comunidad.

En este artículo se presentó un sistema de sensado móvil participativo. Su implementación permite al ciudadano monitorear la calidad del agua de red que llega a su domicilio. El resultado de su participación junto con la de otros vecinos, se obtiene a partir del sistema en forma de un mapa colaborativo que expone aquellas zonas donde el suministro presenta anomalías. De esta manera es posible alertar a toda la comunidad, a las empresas responsables del servicio y a las autoridades gubernamentales que tienen capacidad de acción para corregir el problema.

La aplicación móvil que se desarrolló permite generar el reporte de la anomalía observada y publicarlo para ser compartido en la nube. La información enviada al servidor central consiste en una fotografía tomada con el *smartphone* del usuario, la puntuación asignada a la calidad del agua, y la descripción de las características observadas. Los datos de geolocalización, aportados por el GPS del dispositivo, son adjuntados automáticamente en cada envío. La aplicación también permite la consulta por área geográfica de aquellos reportes generados por el propio usuario u otros participantes de la comunidad.

Se plantea como trabajo futuro la realización de pruebas de usabilidad para evaluar y eventualmente mejorar la interfaz de la aplicación desarrollada. Se incorporará la opción para generar un reporte extendido, con mayor cantidad de información, luego de un segundo examen más minucioso de la anomalía observada en el suministro de agua. También se extenderá la aplicación para dar soporte a dispositivos que no cuenten con GPS, permitiendo que el usuario elija manualmente

la ubicación del incidente en el mapa. Asimismo se dará soporte a la pérdida momentánea de conexión, almacenando el reporte localmente hasta que se pueda realizar el envío al servidor central.

## Referencias

- [1] Carrasco, C. A. P., & Ipanaqué, C. I. V. (2014). Adopción del m-government en el sector público. *Quipukamayoc*, 22(41), 155-164.
- [2] Muñoz, R., Pasini, A. C., & Pesado, P. M. (2020). Innovación en el sector público para ciudades inteligentes sostenibles. In XXVI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC)(Modalidad virtual, 5 al 9 de octubre de 2020).
- [3] Simonofski, A., Asensio, E. S., & Wautelet, Y. (2019). Citizen participation in the design of smart cities: Methods and management framework. *Smart Cities: Issues and Challenges*, 47-62.
- [4] Baldé, C. P., Forti, V., Gray, V., Kuehr, R., & Stegmann, P. (2017). The global e-waste monitor 2017: Quantities, flows and resources. United Nations University, International Telecommunication Union, and International Solid Waste Association
- [5] Lane, N. D., Miluzzo, E., Lu, H., Peebles, D., Choudhury, T., & Campbell, A. T. (2010). A survey of mobile phone sensing. *IEEE Communications magazine*, 48(9), 140-150.
- [6] Khan, W. Z., Xiang, Y., Aalsalem, M. Y., & Arshad, Q. (2012). Mobile phone sensing systems: A survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 15(1), 402-427
- [7] Laport-López, F., Serrano, E., Bajo, J., & Campbell, A. T. (2020). A review of mobile sensing systems, applications, and opportunities. *Knowledge and Information Systems*, 62(1), 145-174.
- [8] Kanhere, S. S. (2013, February). Participatory sensing: Crowdsourcing data from mobile smartphones in urban spaces. In *International Conference on Distributed Computing and Internet Technology* (pp. 19-26). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [9] Ganti, R. K., Ye, F., & Lei, H. (2011). Mobile crowdsensing: current state and future challenges. *IEEE communications Magazine*, 49(11), 32-39.
- [10] Xiao, Z., Lim, H. B., & Ponnambalam, L. (2017). Participatory sensing for smart cities: A case study on transport trip quality measurement. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 13(2), 759-770.
- [11] Akyildiz, I. F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y., & Cayirci, E. (2002). Wireless sensor networks: a survey. *Computer networks*, 38(4), 393-422.
- [12] Ali, S., Khusro, S., Rauf, A., & Mahfooz, S. (2014). Sensors and mobile phones: evolution and state-of-the-art. *Pakistan journal of science*, 66(4), 385
- [13] Ma, H., Zhao, D., & Yuan, P. (2014). Opportunities in mobile crowd sensing. *IEEE Communications Magazine*, 52(8), 29-35.
- [14] Ahmed, A. A. N., Haque, H. F., Rahman, A., Ashraf, M. S., Saha, S., & Shatabda, S. (2017). A participatory sensing framework for environment pollution monitoring and management. *arXiv preprint arXiv:1701.06429*.
- [15] Rana, R. K., Chou, C. T., Kanhere, S. S., Bulusu, N., & Hu, W. (2010, Abril). Ear-phone: an end-to-end participatory urban noise mapping system. In *Proceedings of the 9th ACM/IEEE international conference on information processing in sensor networks* (pp. 105-116).
- [16] Maisonneuve, N., Stevens, M., Niessen, M. E., & Steels, L. (2009). NoiseTube: Measuring and mapping noise pollution with mobile phones. In *Information technologies in environmental engineering* (pp. 215-228). Springer, Berlin, Heidelberg.

- [17] Edition, F. (2011). Guidelines for drinking-water quality. WHO chronicle, 38(4), 104-108.
- [18] Restuccia, F., Das, S. K., & Payton, J. (2016). Incentive mechanisms for participatory sensing: Survey and research challenges. *ACM Transactions on Sensor Networks (TOSN)*, 12(2), 1-40.
- [19] <https://gitlab.com/jffs/trabajoespecialista-sensadomovil.git>
- [20] Delia, L., Galdamez, N., Thomas, P., Corbalan, L., & Pesado, P. (2015, Mayo). Multi-platform mobile application development analysis. In *2015 IEEE 9th International Conference on Research Challenges in Information Science (RCIS)* (pp. 181-186). IEEE.
- [21] Delia, L., Thomas, P., Corbalan, L., Sosa, J. F., Cuitiño, A., Cáseres, G., & Pesado, P. (2018, Julio). Development approaches for mobile applications: comparative analysis of features. In *Science and Information Conference* (pp. 470-484). Springer, Cham.
- [22] <https://ionicframework.com/>
- [23] <https://ionicframework.com/docs/native/community>
- [24] <https://ionicframework.com/docs/native/camera>
- [25] <https://ionicframework.com/docs/native/geolocation>
- [26] <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/overview?hl=es>