

## Internet de las Cosas aplicada a la trazabilidad de la recolección de residuos en Ciudades Inteligentes

Difabio, Lucas Andrés; Vivas, Hector Luis.; Muñoz Abbate, Horacio

Laboratorio de Informática Aplicada - Universidad Nacional de Río Negro  
{ldifabio, lvivas, hmunoz}@unrn.edu.ar

**Resumen.** Este trabajo presenta el desarrollo de un software destinado a teléfonos inteligentes, también llamados smartphones, que cuenten con sistema operativo Android. Expone las ventajas de la utilización de las tecnologías como soluciones a problemas. En este caso se trata del servicio de recolección de residuos sólidos urbanos y las consecuencias de una eventual mala logística, que desemboca en contaminación, enfermedades, etc. Asimismo, se describen las funcionalidades con las que cuenta la aplicación móvil y las tecnologías utilizadas para implementarla, como también se expresa la relación que la vinculan con los conceptos de Internet de las cosas (IoT) y Ciudades Inteligentes (Smart Cities). Por último, se explican los aportes que ofrece, el sistema desarrollado, a los habitantes de la ciudad de Viedma (Río Negro) Argentina.

**Keywords:** Internet de las cosas, Ciudades Inteligentes, Smartphone, Aplicaciones móviles.

### 1 Introducción

Cuando se trata del cuidado del medioambiente y la limpieza de los espacios públicos, es aquí que la recolección de residuos toma un papel muy importante, ya que una buena logística y planificación de esta actividad podría evitar varias causas que derivan en la contaminación, enfermedades, entre otras.

En Argentina, existe la gestión integral de residuos sólidos (GIRS), la cual, tal como lo expresa la Ing. Gisela L. González en la cámara argentina de la construcción (2010) debe considerarse una disciplina asociada a la generación, almacenamiento, recolección, transferencia y/o transporte y disposición final de los residuos sólidos, para su correcto control, y en armonía con principios económicos, de higiene y salud pública, de ingeniería y de las correspondientes consideraciones ambientales para responder adecuadamente a las expectativas públicas.

Además, la Ing. menciona que gestionar los residuos sólidos urbanos (RSU) de una manera integral significa manipularlos correctamente desde la generación hasta la disposición, utilizando las tecnologías más compatibles con la realidad local, dándoles un destino final ambientalmente seguro, tanto en el presente como en el futuro [1].

Así mismo, la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS), dependiente del Ministerio de Salud y Ambiente de la Nación, ha diseñado en el año 2005 la Estrategia Nacional de Residuos Sólidos Urbanos (ENGIRSU), la cual es considerada como el inicio del desarrollo en Argentina de la Gestión Integral de RSU.

La SAyDS considera que dicha estrategia en el conjunto de medidas que tienden a implementar un Sistema de Gestión Integral de RSU en el territorio nacional, con el fin de contribuir al mejoramiento de la salud de la población y la preservación del ambiente.

Por otra parte, tanto los municipios como los propios ciudadanos, tienen la responsabilidad de hacer de este servicio de recolección una tarea más eficiente por lo

que se requiere un trabajo en conjunto. Para que dicho servicio se lleve a cabo es necesaria la intervención de los ciudadanos, quienes deben acondicionar los residuos adecuadamente y sacarlos a la calle en los días, sitios y horarios preestablecidos y viceversa.

De esta manera, si se logra que el ciudadano tenga una participación activa colaborando con la extracción de los residuos en el momento indicado, es decir, en el horario más próximo en el que pasara el recolector, para prevenir que las bolsas de residuos estén demasiado tiempo en los contenedores o cestos de basura a la espera de ser retirados, se evitaría que animales dañen las bolsas y terminen causando las consecuencias antes mencionadas. Es por esto, que se vio factible la posibilidad de desarrollar una aplicación móvil capaz de mostrar en un mapa el recorrido, en tiempo real de los recolectores, como así también ofrecer la funcionalidad de notificar cuando el camión recolector este acercándose a la vivienda del ciudadano que esté utilizando la aplicación.

## 2 El problema de la recolección de residuos

La gran cantidad de acumulación de residuos sobre las calles y veredas que presenta la ciudad de Viedma, desemboca en una gran problemática para sus habitantes debido a que estos desechos contribuyen a la contaminación del ambiente. Los principales recursos naturales afectados son el agua, el suelo y el aire, los mismos tienen la característica de ser no renovables y vitales para la subsistencia del ser humano en el planeta, por lo que poder controlar y colaborar con aquello que perjudica a nuestro medioambiente es considerada una buena iniciativa.

Durante el corriente año, más precisamente en el mes de Mayo, la Municipalidad de Viedma (Río Negro) puso en funcionamiento un nuevo sistema de servicio público de recolección y de transporte hasta el sitio de disposición final, de los residuos sólidos urbanos de la ciudad y El Cóndor. Este nuevo servicio será prestado con camiones 0km de último modelo y con una frecuencia semanal de seis días, permitiendo un mejoramiento sustancial de la prestación. Estos camiones, cuentan con un dispositivo de geolocalización instalados en su interior, para el futuro seguimiento satelital.

Del mismo modo, el municipio llevo a cabo la implantación del sistema denominado "cuadra limpia", que implica un compromiso del servicio, pero también de los vecinos. Ya que este consiste en que los recolectores retiren la basura contenida de menos de 5 kilogramos de peso. Es decir que solo se excluirá la basura voluminosa o la suelta, en donde se aplicaran las multas correspondientes. Todo lo demás, se juntará y llevará al camión. [2]

Es a partir de este suceso que se analiza la posibilidad de llevar a cabo el desarrollo de una aplicación móvil, aprovechando las tecnologías disponibles, abiertas y públicas con el fin de colaborar con el servicio de recolección de residuos, así como también con el cuidado del medioambiente. De esta manera se contribuiría con un recurso tecnológico más que ayudaría a Viedma a parecer más a una "Ciudad inteligente" para así poner en valor la importancia creciente de las tecnologías de la información y de la comunicación así como el capital social y medioambiental.

La definición más clara de "Ciudad Inteligente", del termino en ingles Smart City, es la de una comunidad que es eficiente, habitable y sostenible, tres aspectos que van de la mano. Una ciudad verdaderamente eficiente requiere no solo optimizar el rendimiento de cada sistema como lo son: agua, gas, electricidad, transporte, respuesta a emergencias, edificios, hospitales y servicios públicos. Una comunidad sostenible reduce las consecuencias ambientales de la vida urbana y suele ser resultado de las iniciativas orientadas a volver la ciudad más eficiente y habitable. Implementar operaciones eficientes, más limpias y sostenibles en todas esas áreas es vital para reducir al mínimo la huella ambiental de las ciudades. Asimismo, las ciudades deben prestar atención a otras estrategias para lograr la sostenibilidad, como la eficiencia en

SIE 2016, 10º Simposio de Informática en el Estado  
el uso de los recursos, la garantía de robustez de los sistemas y la incorporación de un diseño y una planificación armónica con el ecosistema natural [3].

La realidad es que avanzamos hacia una forma de entender la vida totalmente “conectada”, esto afectará a la forma de entender las ciudades y la forma de habitarlas. Y aquí, es donde se introduce el Internet de las Cosas (Internet of Things – IoT, por sus siglas en inglés). En un contexto tecnológico, el concepto Smart City y el de Internet de las cosas son dos términos que van muy unidos. Ambos conceptos tienen en las comunicaciones M2M (máquina a máquina) su fundamento y adelantan, con sus aplicaciones y usos, la que está llamada a ser la Internet del futuro. Precisamente esa Internet del futuro no solo consistirá en la conexión de cada vez más personas, sino en el planteamiento de un mundo digital en el que, idealmente, todo podrá estar conectado. Desde dispositivos, hasta objetos del mundo físico que habitualmente no disponían de esta conectividad; es el caso de los elementos urbanos, de los edificios, los coches, los electrodomésticos, los contadores, etc. y en general todo aquello que haya que gestionar o controlar. Sin duda, esta nueva “realidad en red” va a conllevar una nueva forma de gestionar una casa, cualquier infraestructura, una empresa, una comunidad, una ciudad o incluso la economía de un país [4].

### **3 La aplicación: “Recolección de residuos Viedma”**

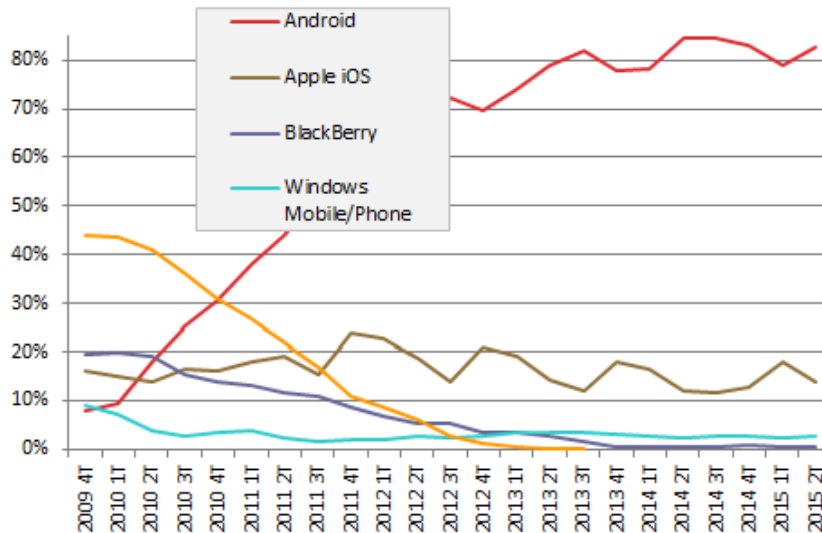
Pensar cómo lograr contribuir con el cuidado del medioambiente fue el objetivo primordial. En este punto la tecnológica toma un papel muy importante ya que haciendo un buen uso de esta es que se puede lograr un mejor servicio de recolección, considerando el mismo importante para nuestra salud y medioambiente.

Una posible solución tecnológica a este problema de desechos sin recoger, es el de poder alertar al ciudadano con anticipación antes que el recolector se aproxime a su vivienda. Gracias a que los camiones recolectores cuentan con dispositivos GPS, es posible saber con exactitud la posición de cada uno de ellos y de esta manera poder llevar a cabo las acciones necesarias.

Es así que se pensó y se desarrolló una aplicación bajo una arquitectura destinada a teléfonos inteligentes, que, entre otras ventajas, cuenta con la de estar siempre en la mano o en el bolsillo del usuario. Esto es un gran punto a favor, ya que implica una mayor conexión con el ciudadano y evita que este esté pendiente de ser el quien tenga que chequear temporalmente la aplicación.

El teléfono inteligente, también llamado Smartphone es un tipo de teléfono móvil construido sobre una plataforma informática móvil, con gran capacidad de almacenar datos y realizar actividades, semejante a la de una minicomputadora, y con una mayor conectividad que un teléfono móvil convencional. Casi todos los teléfonos inteligentes permiten al usuario instalar programas adicionales, hecho que brinda a estos teléfonos de muchísimas aplicaciones de diferentes categorías. Entre otros rasgos comunes está la función multitarea, el acceso a Internet mediante Wi-Fi o redes 4G, 3G o 2G, GPS, acelerómetros, etc. [5].

En la actualidad existen diversos tipos de plataformas para dispositivos móviles. Entre las principales se encuentran la de los sistemas operativos móviles como Android, iOS, BlackBerry OS, Windows Phone, entre otros. Como se puede observar en la Figura 1, estos son los dominantes del mercado según las estadísticas publicadas por la empresa Gartner Group durante el año 2015. En la cual lidera Android, que ha ido incrementando sus ventas en los últimos años de manera exponencial y lo escolta iOS que ha tenido ventas que oscilan entre el 10% y el 20% del mercado, casi de manera lineal con algunos picos como se puede apreciar en la imagen [6].



**Fig. 1.** Porcentaje de teléfonos inteligentes vendidos en todo el mundo hasta el segundo trimestre de 2015, según su sistema operativo (fuente: Gartner Group).

Por ser Android una plataforma que domina el mercado de los Smartphones, ya que venden más que las ventas combinadas de Windows Phone e IOS, es motivo por el cual se decide llevar a cabo el desarrollo, de la aplicación en cuestión, para dispositivos que cuenten con este sistema operativo instalado.

Por esta razón, es que se pensó en una solución que intenta acercar la tecnología al ciudadano y no que el ciudadano se quien se acerque a ella. Desde un principio, el municipio planteo una solución informática, brindando los datos de los recolectores en una página web en la cual, es necesario que sea el ciudadano quien acceda desde una computadora, tablet o celular a un navegador web e ingrese la URL para lograr visualizar el recorrido de los camiones.

Ante este panorama, se pensó en una solución que posteriormente se vio trasferida al desarrollo de la aplicación “Recolección de Residuos Viedma”. Esta, cuenta con la particularidad de acercar a los habitantes de la ciudad de Viedma la información brindada desde la municipalidad sobre el recorrido de los camiones recolectores. De esta manera, sería la aplicación la encargada de alertar mediante notificaciones a los habitantes que cuenten con este software instalado en sus smartphones, logrando así, evitar que sea el ciudadano quien se tenga que ocupar de ingresar periódicamente a la página web para chequear el recorrido de los recolectores.

El software desarrollado consiste en obtener, a partir de los servicios web brindados por la página del Municipio, datos sobre cada camión recolector tales como la velocidad a la que se moviliza, el dominio, la calle por la que circula y los valores de geolocalización (latitud y longitud). Estos servicios son también conocidos como servicios RESTful, los cuales envían y reciben objetos en formato JSON. Estos objetos se pueden ver en la Figura 2, en la cual se puede observar una lista que contiene cuatro elementos. Cada elemento representa un recolector con sus atributos: fecha, dominio, posición, velocidad, etc.

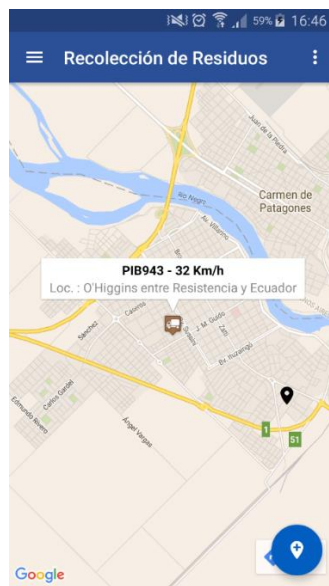
```

{
  - lista: [
    - {
      ingrunbo: "D",
      fecha: "2016-06-07 18:47:24",
      dominio: "ZBF1121",
      interno_dominio: "AA053UD - ZBF1121",
      posicion: "Loc. Viedna: Bº Parque Industrial, 205 entre 206 y 208",
      velocidad: "0",
      idestado: "1",
      latitud: "-40.8389133333333",
      longitud: "-62.96596",
      idcliente: "1775"
    },
    - {
      ingrunbo: "D",
      fecha: "2016-06-07 18:42:37",
      dominio: "ODC959",
      interno_dominio: "ODC959",
      posicion: "Loc. Viedna: Bº Parque Industrial, 205 entre 206 y 208",
      velocidad: "0",
      idestado: "1",
      latitud: "-40.8389816666667",
      longitud: "-62.96611",
      idcliente: "1775"
    },
    - {
      ingrunbo: "D",
      fecha: "2016-06-07 18:25:23",
      dominio: "PIB943",
      interno_dominio: "PIB943 - PIB943",
      posicion: "Loc. Viedna: Bº Parque Industrial, 205 entre 206 y 208",
      velocidad: "0",
      idestado: "1",
      latitud: "-40.838635",
      longitud: "-62.965885",
      idcliente: "1775"
    },
    - {
      ingrunbo: "D",
      fecha: "2016-06-07 17:35:13",
      dominio: "95703",
      interno_dominio: "AA053UA - 95703",
      posicion: "Loc. Viedna: Bº Parque Industrial, 205 entre 206 y 208",
      velocidad: "0",
      idestado: "1",
      latitud: "-40.8390733333333",
      longitud: "-62.96614",
      idcliente: "1775"
    }
  ]
}

```

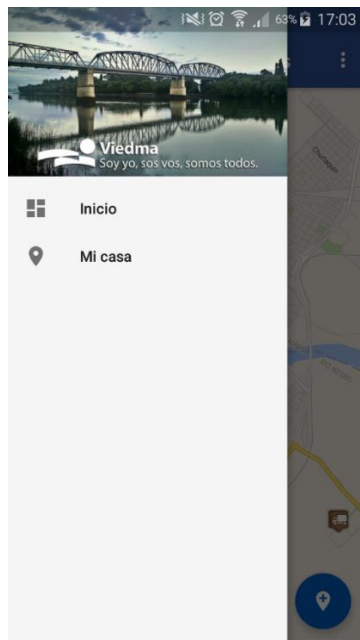
Fig. 2. Lista de objetos en formato JSON.

La aplicación cuenta con una pantalla principal, donde se pueden observar los camiones en movimiento por la ciudad de Viedma. De la misma manera, si se presiona el icono de unos de estos recolectores, se mostrará en una ventana con información como el dominio del vehículo, la velocidad a la que se moviliza en ese momento y la intersección de las calles por las que va circulando como se muestra en la Figura 3.

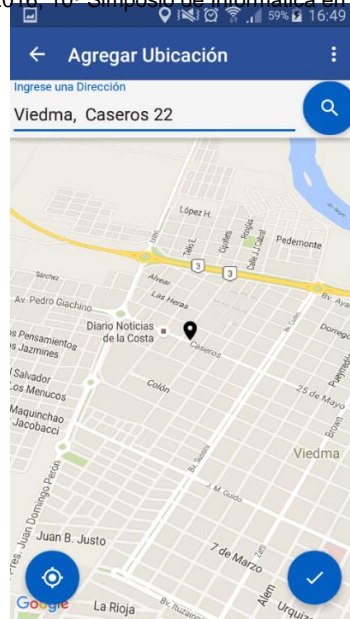


Para poder llevar a cabo la visualización de los recolectores se utilizó la API de Google Maps, la cual permite la interacción con su mapa, pudiendo agregar marcadores personalizados a gusto del desarrollador. Google Maps es un servidor de aplicaciones de mapas en la web que pertenece a Alphabet Inc, el cual ofrece imágenes de mapas desplazables, así como fotografías por satélite del mundo e incluso la ruta entre diferentes ubicaciones o imágenes a pie de calle con Google Street View [7]. Millones de sitios web y aplicaciones usan esta API para ofrecer a sus usuarios experiencias relacionadas con la ubicación, motivo por el cual se decidió utilizarla entre otras existentes.

Además, presenta una barra desplegable que muestra un menú de opciones (como se ve en la Figura 4), Donde, entre otras cosas, se podrá acceder a la opción “Mi casa” la cual abrirá otra instancia de la aplicación donde permitirá agregar la ubicación de la casa del usuario, de dos maneras: una ingresando la dirección y la otra haciendo clic en el botón que representa la obtención mediante GPS, la cual hace uso del mismo en el Smartphone. Esto se puede observar en la Figura 5.

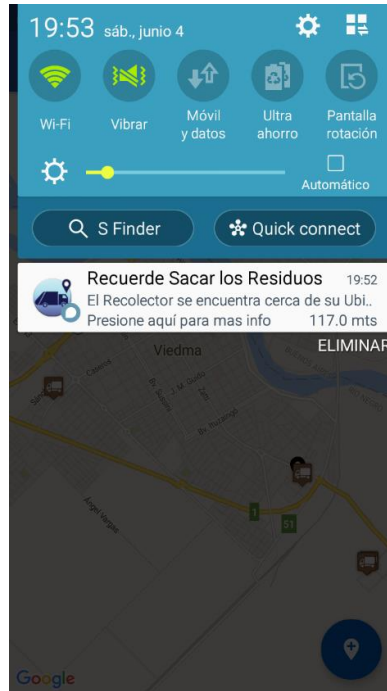


**Fig. 4.** Pantalla principal – Menú. Captura de pantalla de la aplicación.



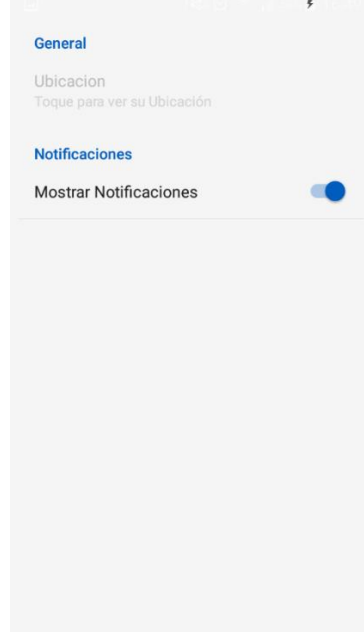
**Fig. 5.** Agregar ubicación – “Mi casa”. Captura de pantalla de la aplicación.

Luego de haber cargado la ubicación en la cual se encuentra la vivienda del ciudadano, el sistema está preparado para poder alertar mediante notificaciones cuando el camión este a menos de doscientos metros (200 mts) de esta. En la Figura 6 se puede apreciar cómo se muestran las notificaciones en el teléfono inteligente, indicando la distancia, en metros, a la que se encuentra el recolector de su casa y un mensaje para hacerlo recordar de sacar los residuos.



**Fig. 6.** Notificación recibida. Captura de pantalla de la aplicación.

Por otra parte, el software cuenta con una pantalla de Ajustes desde la cual se podrá, por ejemplo: activar o desactivar las notificaciones como se ve en la Figura 7.



**Fig. 7.** Ajustes. Captura de pantalla de la aplicación.

Por último, para que la aplicación esté disponible y al alcance de los habitantes de la ciudad de Viedma, se publicó la misma en la tienda de aplicaciones correspondiente. Esta tienda recibe el nombre de Google Play Store (anteriormente Android Market), la cual es una plataforma de distribución digital de aplicaciones móviles para los dispositivos con sistema operativo Android, así como una tienda en línea desarrollada y operada por Google. Esta plataforma permite a los usuarios navegar y descargar aplicaciones (desarrolladas mediante Android SDK), juegos, música, libros, revistas y películas [8]. Es por esta razón que se tomó la decisión de publicar la aplicación en la tienda, para que los ciudadanos puedan acceder a la misma, descargándola gratuitamente en sus teléfonos celulares, la cual se puede encontrar con el nombre “Recolección de Residuos Viedma” o accediendo al siguiente link: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.recoleccion>.

### 3 Conclusión y Trabajos futuros

A lo largo de este artículo se presentó el desarrollo de una aplicación móvil que tiene como objetivo colaborar con el servicio de recolección de residuos. Quedo expresado el motivo por el cual el software es de gran colaboración para la recolección de residuos sólidos, al brindar a los vecinos la posibilidad de tener al alcance de sus manos datos certeros de por dónde están circulando los camiones recolectores y a su vez recibiendo alertas cuando están próximos a pasar por sus viviendas. Para lograr esto se publicó la aplicación en Google Play Store, permitiéndoles a los ciudadanos descargarla de manera gratuita en sus teléfonos inteligentes.

Asimismo, quedo expuesta que la utilización de la tecnología, una vez más, es un gran recurso a la hora de solucionar problemas tales como el cuidado del medioambiente. Esto se ve reflejado al momento de implementar en la aplicación las tecnologías abiertas brindadas por el municipio, logrando un uso más adecuado para la situación, evitando que el ciudadano tenga que ingresar periódicamente a una página web y, por el contrario, sea el software quien se encargue de notificar para que este pueda retirar los residuos con tiempo.

Por otra parte, quedaría pendiente como trabajo a futuro refinar el cálculo de la distancia entre el recolector de residuos y la ubicación de la vivienda del ciudadano, ya que por el momento la aplicación notifica cuando el camión se encuentra a



doscientos metros a la redonda. Esto sería posible, si se guardara un registro de los recorridos que a diario hacen los camiones recolectores, de esta manera se podría predecir por donde va continuar su recorrido y alertar de manera más precisa al ciudadano.

Finalmente, otro punto a mejorar, sería abarcar un mayor número de habitantes, es decir a quienes cuenten con otro tipo de sistema operativo que no sea Android, para lo cual sería necesario desarrollar la misma aplicación para otras plataformas móviles, como los son iOS, Blackberry y Windows Phone.

## Referencias

1. González, G. (2010). Residuos sólidos urbanos Argentina, Tratamiento y disposición final. Situación actual y alternativas futuras. Cámara Argentina de la Construcción. Área de Pensamiento Estratégico.
2. Diario La Palabra. Recolección de residuos: otra vez COTRAVILI. Recuperado de:  
<http://www.diariolapalabra.com.ar/noticia/95981/Recoleccion-de-residuos-otra-vez-COTRAVILI> (accedido 10/05/2016).
3. Charbel Aoun. (2012). La piedra angular de la ciudad inteligente: la eficiencia urbana. Informe técnico.
4. Telefónica, F. (2011). Smart Cities: un primer paso hacia la Internet de las Cosas. Fundación Telefónica.
5. Alegs. (2016). Teléfono inteligente.  
<http://www.alegsa.com.ar/Dic/smartphone.php> (accedido 15/05/2016).
6. Gartner Group. (2016). Android.  
<http://www.gartner.com/newsroom/id/3169417> (accedido 15/05/2016).
7. Glosario Mercadotecnia. (2016). Google Maps.  
<http://www.headways.com.mx/glosario-mercadotecnia/definicion/google-maps/> (accedido 16/05/2016).
8. Alegs. (2014). Google Play.  
<http://www.alegsa.com.ar/Dic/google%20play%20store.php> (accedido 16/05/2016).
9. Moreno, L., & Gutiérrez, A. (2012). Ciudades Inteligentes: Oportunidades para generar soluciones sostenibles.