

Sistemas y tecnologías que facilitan el posicionamiento *Indoor*

Systems and Technologies that facilitate the Indoor positioning

Mainor Alberto Cruz Alvarado¹
Juan Carlos Sandí Delgado²

Recibido: 8-2-2017 Aprobado: 23-5-2017

Resumen

En los últimos años, la computación móvil ha impactado de manera considerable el sector de las tecnologías de información. Con el crecimiento de las plataformas móviles, uno de los avances más importantes es el posicionamiento de los dispositivos móviles, que consiste acciones relacionadas con la movilidad de los usuarios e involucra el proceso de sensado de posiciones a través de GPS y códigos QR (Lliteras, Challiol, & Gordillo, 2013). En este artículo se presentan los resultados de un estudio bibliográfico que permiten valorar el funcionamiento de los sistemas y las tecnologías que facilitan el posicionamiento en interiores (*indoor*). El trabajo es de índole cualitativa. Se resalta la importancia de generar lineamientos para el desarrollo de estas aplicaciones, así mismo continuar investigando en nuevos sistemas inalámbricos y sistemas de localización para elevar los grados de precisión con los que se cuenta actualmente.

Palabras clave: dispositivos móviles, sistemas de posicionamiento, tecnologías de posicionamiento, plataformas móviles, posicionamiento en interiores.

Abstract

In the last years, mobile computing has considerably impacted the area of information technologies. The growth of mobile platforms has brought one of the most important advancements: positioning of mobile devices which relates to the users mobility and involves the process of sensing positions, through GPS and QR codes (Lliteras, Challiol, & Gordillo, 2013). This article includes the results of a bibliographical study that allows assessing how the systems and technologies that facilitate *indoor* positioning work. The work is qualitative. It highlights the importance of generating guidelines to develop this apps, as well as to continue investigating new wireless systems and location systems to improve present precision levels.

Key words: Mobile devices; positioning systems; positioning technologies; mobile platforms; indoor positioning.

¹ Estudiante de Maestría en Informática Aplicada en Educación, Magister en Redes de Datos y del Doctorado en Ciencias Informáticas, ambos por la Facultad de Informática de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP), Argentina. Graduando de la Licenciatura en Ingeniería de Sistemas por la Universidad Estatal a Distancia (UNED), Costa Rica. Bachiller en Informática Empresarial por la Universidad de Costa Rica (UCR). Docente en el Programa Educación Continua de la Fundación de la Universidad de Costa Rica para la Investigación (FUNDEVI). Correo electrónico: MAINOR.CRUIZ@ucr.ac.cr ORCID: orcid.org/0000-0001-8736-0209

² Estudiante de Maestría en Informática Aplicada en Educación, Maestría en Redes de Datos y del Doctorado en Ciencias Informáticas, todos por la Facultad de Informática de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP), Argentina. Magister en Administración Universitaria. Licenciado en Diseño y Desarrollo de Espacios Educativos con las TIC. Bachiller en Informática Empresarial, todos por la Universidad de Costa Rica (UCR). Docente en la Sede del Atlántico de la Universidad de Costa Rica (UCR). Correo electrónico: JUAN.SANDIDELGADO@ucr.ac.cr, ORCID: orcid.org/0000-0003-3932-3045

I. Introducción

El tema de los sistemas de posicionamiento ya tiene muchos años de investigación. Se ha trabajado, en su mayoría, en sistemas de posicionamiento para exteriores, como es el caso del sistema de posicionamiento global o *Global Positioning System* (GPS, por su acrónimo en inglés) y el Sistema de Navegación Global por Satélite o *Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema* (GLONASS, por su acrónimo en Ruso), implementados en la mayoría de dispositivos móviles como celulares, tabletas y computadoras, ya que brindan una alta precisión de posicionamiento.

Sin embargo, los sistemas GPS y GLONASS no se podrían utilizar con precisión para posicionamientos en interiores, ya que son un tanto más complejos el uso de las señales satelitales para mapear e identificar sectores dentro de construcciones que podrían, inclusive, contar con diferentes pisos (en un aeropuerto, por ejemplo).

Por tanto, en los últimos años se ha trabajado continuamente en proyectos e investigaciones que brinden sistemas y técnicas que faciliten el posicionamiento en interiores, por medio de dispositivos electrónicos, como los teléfonos móviles, incluyendo los sistemas inalámbricos con dispositivos fijos, entre ellos, los *Access Points* (APs). Además, es importante mencionar las técnicas que se utilizan para colaborar en conjuntos con redes Wi-Fi, tales como las "huellas" ("*fingerprints*", por su nombre en inglés).

La razón fundamental de conocer los sistemas y tecnologías que brindan soporte al posicionamiento *indoor*, consiste en que en los ambientes interiores no se cuenta con una cobertura completa de los sistemas de posicionamiento (GPS o GLONASS), por lo que es de suma importancia brindar detalles de los avances alcanzados hasta ahora en sistemas, tecnologías y técnicas de posicionamiento *indoor*, además, resaltar la importancia y las ventajas que brindan la utilización de los sistemas inalámbricos para lograr el posicionamiento en interiores.

La investigación bibliográfica realizada tiene como objetivo hacer una valoración de los sistemas y tecnologías que permiten determinar el posicionamiento *indoor* de un usuario o dispositivo. Estos sistemas y tecnologías ayudarían a enriquecer gran variedad de espacios, pues permiten al usuario tener mayor información sobre puntos de interés, como lo pueden ser el interior de un centro comercial o de un aeropuerto.

II. Estado del arte

Debido a que en los últimos años se ha estado trabajando en sistemas y tecnologías relacionadas con los dispositivos móviles, en consecuencia en particularidades tecnológicas, agregando sistemas y técnicas que permitan el posicionamiento tanto *outdoor* como *indoor*, es importante referirse a la base conceptual que permite contextualizar el proceso que encierra el posicionamiento en interiores con dispositivos móviles. Entre ellos están los siguientes.

2.1. Dispositivos móviles

Los grandes avances en la tecnología han permitido el ingreso a nuestra sociedad del uso de dispositivos móviles. Cuando se piensa en un dispositivo móvil se realiza la analogía con un teléfono móvil, esto por ser el más popular y común entre las personas, pero en realidad también se puede contar con tabletas, computadoras personales portátiles, entre otros.

Según Morillo (2011) para que un dispositivo sea realmente un móvil debe tener las siguientes características:

- ✓ Son aparatos pequeños.
- ✓ La mayoría de estos aparatos se pueden transportar en el bolsillo del propietario o en un pequeño bolso.
- ✓ Tienen capacidad de procesamiento.
- ✓ Tienen conexión permanente o intermitente a una red.

- ✓ Tienen memoria (RAM, tarjetas MicroSD, *flash*, etc.).
- ✓ Normalmente se asocian al uso individual de una persona, tanto en posesión como en operación, la cual puede adaptarlos a su gusto.
- ✓ Tienen una alta capacidad de interacción mediante la pantalla o el teclado. (Morillo, 2011, p.7)

En suma, Morillo (2011) indica que los dispositivos móviles tienen la esencia de poder diferenciarse de otros dispositivos, que pueden parecer dispositivos móviles, pero que no cuentan con ciertas características, tales como la “Movilidad, tamaño reducido, comunicación inalámbrica, interacción con las personas (p.7)”, características esenciales en los dispositivos móviles que brindan soporte a las aplicaciones y sistemas basados en el posicionamiento *indoor*.

2.2. Sistemas de posicionamiento indoor (IPS)

Los sistemas de posicionamiento *indoor*, son aquellos dispositivos que permiten establecer en el interior de un edificio la posición de un dispositivo (Midtbø, Nossun, Haakonsen & Nordan, 2012). Este proceso se realiza por medio de señales inalámbricas, como lo pueden ser Bluetooth y *Wi-Fi*.

Midtbø, Nossun, Haakonsen & Nordan (2012) indican que los IPS cuentan con anclajes cercanos (nodos en una posición conocida) en lugar de utilizar los satélites, debido a que los sistemas de navegación global no son indicados para el uso en interiores. Esto ocurre porque las microondas se dispersan al tener contacto con techos, paredes y otros objetos. Por consiguiente, con el fin de hacer que la señal de posicionamiento se pueda conseguir en todas partes, la integración entre sistemas de posicionamiento (GPS o GLONASS) y posicionamiento en interiores puede ser realizada mediante el uso de cualquier tecnología inalámbrica, ya que se componen de dispositivos transmisores y receptores. Además, estos dispositivos se encuentran codificados para estar interconectados o apareados

para que el sistema inalámbrico se comunique únicamente entre ellos, sin que exista interferencia alguna con otro dispositivo.

Por su parte, los investigadores Descamps-Vila, Pérez-Navarro & Conesa (2013) indican textualmente que:

Los sistemas inalámbricos usan ondas electromagnéticas para obtener la localización del usuario. Se envían señales entre sensores estáticos (emisores) y el objeto a ser localizado (receptor). La posición del receptor se determina con respecto a los emisores, ya que la posición de los emisores es conocida de antemano. Por lo tanto, son necesarias dos herramientas diferentes para usar estos sistemas: 1) un receptor de señal inalámbrica ubicado en el objeto en movimiento y 2) sensores estáticos instalados en diferentes partes del edificio. (Descamps-Vila, Pérez-Navarro & Conesa, 2013, p.4)

Estos mismo investigadores agregan que “dependiendo de la frecuencia de las ondas electromagnéticas, estas tecnologías se clasifican en: infrarrojos, radio frecuencia (RFID, *Wi-fi*, Bluetooth, UWB) y ultrasonidos (p.4)”. Por ello, los sistemas inalámbricos, en especial las redes *Wi-Fi*, son el mejor aliado para los sistemas de posicionamiento en interiores.

2.3 Plataformas móviles

El ingreso, crecimiento e impacto de la computación móvil en el área de las TIC ha generado que empresas como Apple, Blackberry, Google o Microsoft, se interesen por la creación de diferentes plataformas para los dispositivos móviles.

Por lo anterior, se menciona que “el mercado de plataformas de dispositivos móviles se encuentra repartido entre los 5 principales estándares: Android, iOS de Apple, Blackberry OS de RIM, Microsoft’s Windows Phone y Symbian, este último ya en

desuso (Arias-Aranda, & Jaría-Chacón, 2012, p.7)”, los cuales corresponden a las empresas mencionadas en el párrafo anterior.

Estas plataformas de dispositivos móviles sirven como base para la ejecución de diversos tipos de software, además de que hacen posible la interacción de software con hardware, permitiendo el funcionamiento de sistemas y tecnologías que se utilizan para determinar posicionamiento de usuarios o dispositivos.

III. Metodología

El artículo se desarrolló por medio de un estudio bibliográfico con la temática de los sistemas y tecnologías de posicionamiento *indoor*. En suma, un análisis y descripción de las tecnologías actuales que han colaborado para realizar el posicionamiento en interiores. Con la finalidad de valorar el funcionamiento de estas tecnologías y sintetizar el estado del arte de las mismas.

El estudio se realiza por medio de análisis de fuentes documentales encontrados en internet, entre ellos, artículos presentados en congresos arbitrados, revistas científicas internacionales y tesis, en los que se exponen los diferentes sistemas y tecnologías que facilitan el posicionamiento en interiores.

Se debe agregar que la búsqueda de las fuentes documentales se realizó por medio de los siguientes lineamientos:

- ✓ Lineamientos para el desarrollo de aplicaciones de posicionamiento *indoor*
- ✓ Posicionamiento en interiores basados en dispositivos móviles
- ✓ Tecnologías inalámbricas para posicionamiento
- ✓ Sistemas hardware para posicionamiento en interiores

Por consiguiente, se analizaron los resultados obtenidos a partir de los lineamientos establecidos para la búsqueda de fuentes documentales y se presentaron características de los sistemas y tecnologías que se deben tener en cuenta para realizar aplicaciones que faciliten posicionamiento en interiores, en suma, se alcanzaron conclusiones de la importancia de conocer la variedad de sistemas y tecnologías, ventajas y desventajas de su utilización, además, planificar criterios de selección de los mismos con base al producto que se desea implementar.

IV. Sistemas y tecnologías que facilitan el posicionamiento indoor

Los dispositivos móviles con los que se cuentan en la actualidad se sustentan de tecnologías inalámbricas. En consecuencia, los sistemas de posicionamiento *indoor* se basan en estas infraestructuras y han logrado cierta popularidad, ya que cuentan con tecnologías como *Wi-Fi* y *Bluetooth*, además de que incorporan sensores como giroscopios, brújulas y acelerómetros.

4.1 Tecnologías de posicionamiento

Para Descamps-Vila, Pérez-Navarro, & Conesa (2013) las tecnologías para localizar usuarios por medio de “*smartphone*” o cualquier dispositivo móvil, son los sistemas inalámbricos, sistemas de navegación inercial y campos magnéticos.

En la tabla 1, se pueden apreciar algunas de las ventajas y desventajas que se han identificado según las tecnologías disponibles para el posicionamiento *indoor* en dispositivos móviles (Descamps-Vila, Pérez-Navarro, & Conesa, 2013).

Tabla 1. Ventajas y desventajas-tecnologías disponibles para posicionamiento *indoor*

Tecnologías de posicionamiento	Ventajas	Desventajas	Aplicaciones	Sistemas para implementar en aplicaciones
Tecnologías inalámbricas(Wi-Fi y Bluetooth)	Facilidad de implementación	Necesidad de infraestructura	Google Maps Floor Plans	WifiSlam
Sistema Navegación Inercial(INS)	No requiere infraestructura	Baja precisión y exactitud	-	-
Campo magnético	No requiere infraestructura	Vulnerable a cambios del entorno	-	IndoorAtlas

Fuente: tabla adaptada de Descamps-Vila, Pérez-Navarro, & Conesa (2013, “Comparativa entre tecnologías disponibles para posicionamiento *indoor*”, p.7.)

En la tabla 1, se destaca la aplicación *Google Maps Floor Plans* para las tecnologías de posicionamiento inalámbricas (*Wi-Fi* y *Bluetooth*). *Google Maps Floor Plans* realizan una combinación de algoritmos para la localización de puntos de interés que se le llama *Ground Truth* (Boncompagni, 2014). Del mismo modo, “permiten a los usuarios subir fotos de los planos que luego serán procesadas por google” (Trevisan & Pérez, 2017, p.12). Así mismo, es importante mencionar que *Google Maps Floor Plans* se encuentra disponible al público en las plataformas; Android, iOS, Web y, Servicios web.

Por consiguiente, para implementar una app de localización *indoor*, es importante considerar cuáles son las tecnologías con las que se cuenta en el lugar. Además, se debe analizar el alcance que se le quiere dar a la app y decidir si se implementan otras tecnologías. Se deben valorar los cambios en precisión para el posicionamiento y los costos de dinero y tiempo.

4.2 Algoritmos de localización o posicionamiento

No lejos de los sistemas inalámbricos se encuentran los algoritmos o técnicas de localización, los cuales son la base fundamental de los sistemas de posicionamiento para determinar distancias, ya sean basadas por medio de triangulación o análisis de escenas.

Según Gorrita, Sierra, & Montejo (2012) entre los algoritmos basados en triangulación están:

✓ **Potencia de señal recibida (RSS):**

La RSS es la potencia recibida de una señal que viaja entre dos nodos (estaciones móviles o estaciones base) y constituye un parámetro con información relativa a la distancia entre esos nodos, aplicable en señales de tipo radioeléctrico o acústico (Gorrita, Sierra, & Montejo, 2012, p.47)

La ventaja de esta técnica es que no es necesario la sincronización entre emisor y receptor para su cálculo, es de bajo coste y de fácil implementación. (Piedra Vega, 2016, p.16)

Las técnicas RSS se basan en la medida de la potencia recibida, medida que cualquier sistema de comunicaciones inalámbrico puede llevar a cabo sin la necesidad de incluir ningún tipo de hardware. (Egea Roca, 2012, p.44)

✓ **Tiempo de arribo (TOA)**

Es el tiempo que demora una señal en viajar de un nodo a otro y provee información relativa a la distancia entre esos nodos. En ausencia de errores, al igual que las mediciones de tipo RSS, el TOA estimado provee una región de incertidumbre en forma de círculo alrededor del nodo que realiza la estimación. (Gorrita, Sierra, & Montejo, 2012, p.47)

Sin embargo, anchos de banda más grandes requieren mayor velocidad de procesamiento de señal, altos costos de tecnología y también de la energía empleada en la transmisión. (Gorrita, Sierra, & Montejo, 2012, p.49)

✓ **Diferencia de tiempo de arribo (TDOA):**

La TDOA es la diferencia entre los tiempos de arribo de la misma señal a dos nodos diferentes. En ausencia de sincronización entre el nodo objetivo y los nodos de referencia, la estimación TDOA puede realizarse si hay sincronización entre los nodos de referencia, y determina la posición del nodo objetivo en una hipérbola, con el foco en los dos nodos de referencia. (Gorrita, Sierra, & Montejo, 2012, p.49)

✓ **Ángulo de arribo (AOA):**

El parámetro AOA de una señal proporciona información acerca de la dirección en la que se encuentran los nodos vecinos en lugar de la distancia a la que están los mismos, por lo cual constituye un complemento de las mediciones de tipo RSS y TOA. Para calcular la posición utilizando esta técnica, se requiere como mínimo que dos nodos realicen mediciones, de esta forma ambas rectas (entre el nodo cuya posición se quiere estimar y los dos nodos de referencia) se cortarán en un punto y no existirá ambigüedad en la ubicación. (Gorrita, Sierra, & Montejo, 2012, p.49)

El problema es que necesita de un hardware muy complejo y voluminoso, incrementando el precio y la escalabilidad. (Ruiz, 2012, p. 7)

En esta misma línea, Ruiz (2012) coincide con Gorrita, Sierra, & Montejo (2012) en la definición de los algoritmos basados en triangulación, sin embargo, agrega un algoritmo más a la lista, a saber:

✓ **Tiempo de vuelo (RTOF):**

Este método consiste en medir el tiempo de vuelo de la señal desde el transmisor hasta el usuario y de vuelta. Requiere una sincronización relativamente alta. [...] El mecanismo de funcionamiento es el mismo que TOA y es muy parecido al de un radar ya que el dispositivo en el fondo responde a una señal interrogatorio de radar (Ruiz, 2012, p. 7).

Además de los algoritmos basados en triangulación, existen los algoritmos basados en análisis de escenas que apoyan a los sistemas de posicionamiento:

- ✓ **Huellas de señal (*fingerprints*):** según Ruiz (2012) las huellas de señal “consisten en la realización de un mapa de la escena donde se realizara la localización de una característica. En todos los casos estudiados, los *fingerprints* (o muestras) serán la potencia medida de la señal (RSS)” (p.8). Esta técnica no requiere conocer el sistema inalámbrico, por ejemplo, el punto de acceso en una red WiFi, ya que utiliza un modelo de intensidad de señal recibida (RSSI), esto en cierta localización.

Para hacer uso de “*fingerprints*”, se debe diseñar un mapa de potencias llamado también “radio map”, el cual contiene las posiciones o puntos de interés dentro de un edificio, así mismo, hacer uso de RSSI que contiene todas las potencias de los AP (Kornuta, Acosta, & Toloza, 2013). Ahora bien, “la ventaja principal de la técnica es que no es necesario crear un modelo de propagación de la señal” (Honkavirta, 2008) citado por (Marinelli, Kornuta, Acosta, Perazzo, & Toloza, 2015, p. 2). La desventaja radica en crear el “radio map”, ya que se requiere de un alto consumo de tiempo para realizar esta implementación.

- ✓ **Easy Living:** para Ruiz (2012) este algoritmo es un “método desarrollado por Microsoft en el que una serie de cámaras se encarga de localizar al individuo (p. 9)”. Este producto de Microsoft, el cual se basa en cámaras, realiza por medio de ellas el reconocimiento facial, tono de piel y siluetas, teniendo como desventaja el alto costo económico y de procesamiento para realizar las tareas.

En resumen, los algoritmos de posicionamiento, tanto los basados en la triangulación como los de análisis de escenas, permiten calcular las distancias

entre diferentes puntos de interés. Ahora bien, el uso de estos algoritmos queda sujeto a la funcionalidad y características propias de cada uno de ellos. En otras palabras, su utilización queda sujeta acorde a lo que el desarrollador va a ofrecer en sus dispositivos. Estos algoritmos son responsables de brindar soporte a los sistemas de posicionamiento. Tal como se muestra en la tabla 2.

En el apartado siguiente, se detalla la información relacionada de algunos de los sistemas de posicionamiento asociados a los algoritmos presentados en la tabla 2.

Tabla 2. Comparación entre algoritmos de localización o posicionamiento

Algoritmo	Tipo de Algoritmo	Costo de Implementación	Hardware Asociado (Sistema de Posicionamiento)
RSS	Triangulación	Bajo	Motas Inalámbricas
TOA	Triangulación	Alto	Active Bat, Cricket
TDOA	Triangulación	Alto	Hexamite, AHLos
AOA	Triangulación	Alto	Active Bat, Cricket
RTOF	Triangulación	Medio	Motas Inalámbricas
Fingerprints	Análisis de escenas	Alto	Motas Inalámbricas
Easy Living	Análisis de escenas	Alto	Cámaras de reconocimiento facial

Fuente: elaboración propia.

4.3. Sistemas de posicionamiento

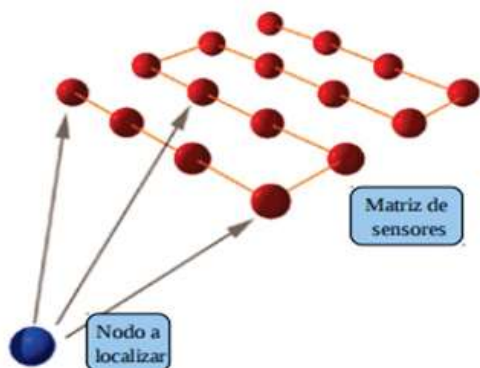
Además de los algoritmos de posicionamiento, también se encuentran los sistemas de posicionamiento. Estos se observarán desde un punto de vista de hardware. Estos sistemas de posicionamiento utilizan los algoritmos de localización mencionados anteriormente en la sección 4.2, por lo que es importante tener en cuenta sus características en el momento de seleccionar alguno de ellos. A continuación se presentan los siguientes sistemas de posicionamiento:

- ✓ **Active Bat:** su funcionamiento se basa en ultrasonidos y una red o matriz de receptores. Además, las localizaciones de los dispositivos

la realizan por medio del algoritmo tiempo de arribo (TOA) (Rubio, 2010). Así mismo, el autor se refiere a que un sistema “Active Bat”: Utiliza una matriz de sensores ubicados en el techo de la habitación separados 1.2 m entre ellos, de manera que cuando se desea localizar a un nodo, denominado Bat, se le envía una señal por radiofrecuencia con su identificador y éste pasa a transmitir una señal de US que es recibida por los sensores y se procesa la posición con trilateración de manera similar a Cricket (Rubio, 2010, p. 11).

En la figura 1, se puede observar la representación del funcionamiento del sistema “Active Bat”, en el cual se representa con color rojo la matriz de sensores y en color azul el nodo a localizar.

Figura 1. Triangulación con Active Bat



Fuente: imagen tomada de Rubio (2010, “Triangulación con Active Bat”, p. 11).

A partir de la matriz de sensores, “Active Bat” identifica por medio de tres sensores la ubicación del dispositivo. Sin embargo, existe una desventaja, la cual se presenta en el momento en que el sistema extiende la cantidad de nodos; se va a requerir mayor tiempo para su ubicación al realizase un rastreo por toda la matriz.

- ✓ **Cricket:** Al igual que “Active Bat”, “Cricket” utiliza las señales de ultrasonido y radiofrecuencia, pero no utiliza una matriz de sensores, sino una técnica llamada “faros” o “beacons”, además del algoritmo de localización TDOA.

“Cricket” usa TDOA de radiofrecuencia y señales de ultrasonido para medir distancias entre el beacons y los listeners.” (Bodhi, 2005, p. 61)

Los dispositivos por localizar contienen los “listeners”, los cuales son los que reciben las señales de los “faros”. Estos escuchadores procesan la información y determinan la posición por medio de la red de faros (Rubio, 2010). En la figura 2, se muestra un dispositivo Cricket.

Figura 2. Dispositivo Cricket



Fuente: imagen tomada de Bia Technology (2017, “Cricket”, párr. 13)

Por tanto, García (2008) considera que una de las ventajas de Cricket es que contiene una privacidad y escalabilidad descentralizada. Sin embargo, carece de una administración centralizada que se encargue de realizar el procesamiento de las señales de radiofrecuencia y ultrasonido, las cuales deben realizar los receptores.

- ✓ **QR codes:** es un código de barras para almacenamiento de información con respuestas rápidas, estas pueden almacenar textos, además de URL. Los códigos QR en su funcionamiento tiene que ser leídos a través de un dispositivo móvil.

Una de las ventajas de los códigos QR es su fácil implementación y bajo costo, pero tienen como desventaja colocar un código en cada lugar que se requiera identificar y depende de qué el usuario desee leer el código. En la figura III, se muestra la figura de un código QR.

Figura 2. Dispositivo *Cricket*

Fuente: imagen obtenida con el *Generador de Códigos QR* (2017, “Código QR para Texto”, párr.1)³

Los códigos QR, son muy comunes actualmente para identificar posiciones dentro de sitios como museos, ya que se puede proveer cierta información, pero no permiten una navegación o generación de una ruta de localización al interior de un edificio.

Por todo lo anterior, conociendo algunos de los sistemas de localización existen, es importante tomar en consideración el tipo de aplicación que se pretenda desarrollar, contemplando si son basadas en plataformas propietarias, licenciadas o de código libre, ya que esto brinda una diferencia significativa tanto en implementación como en costos económicos.

4.4. Plataformas de dispositivos móviles

La evolución tecnológica genera que el desarrollo de productos y servicios para solventar las necesidades de los usuarios sea prácticamente inmediato. A su vez, las plataformas de dispositivos móviles que existen actualmente sostienen condiciones de las empresas desarrolladoras, por lo que se encuentran plataformas de tipo licenciada, propietaria y de código libre.

- ✓ **Licenciadas:** plataformas que se puede distribuir en diversos dispositivos, bajo el pago de una licencia y sin la autorización de modificarla.
- ✓ **Propietarias:** plataforma desarrollada para usos exclusivos de sus mismos dispositivos.
- ✓ **Código libre:** plataforma que se encuentra disponible para el usuario, quien puede realizar acciones como descargar y editar.

A continuación se presentan algunas plataformas de dispositivos móviles:

Android: es una plataforma de dispositivos móviles que pertenece a la empresa Google, además, se encuentra apoyado en Linux, y por lo tanto es libre y gratuito sin requerir una licencia para desarrollar aplicaciones. Sin embargo, sí es necesario de una licencia si se pretende publicar el producto en la tienda de Android.

- ✓ **iOS:** esta plataforma pertenece a Apple, es propietaria y usada únicamente por sus propios dispositivos móviles. No permite la instalación en hardware de terceros.
- ✓ **Blackberry OS:** al igual que iOS, es una plataforma propietaria, perteneciente a la empresa Blackberry y únicamente funciona en los productos que ellos mismos fabrican.
- ✓ **Windows Phone:** Es una plataforma desarrollada por Microsoft. Además es la sustituta de Microsoft Mobile y cuenta con licencia.

En la tabla 3, se puede apreciar algunas de las características más importantes de las plataformas para dispositivos móviles existentes en el mercado:

³ Para generar el código QR, se debe ingresar en la dirección electrónica <http://www.codigos-qr.com/generador-de-codigos-qr> posteriormente, seleccionar la opción “Texto” y digitar en el campo en blanco el texto que desea introducir en el código QR, finalmente, darle clic en la opción de “Generar Código QR”.

Tabla 2. Características de las plataformas para dispositivos móviles

	Android	iOS	Windows Mobile	Symbian	RIM
Compañía	Open Handset Alliance	Apple	Windows	Symbian Foundation	Blackberry
Tienda de Aplicaciones	Google Play Store	App Store	Windows Marketplace	Tienda Nokia	Blackberry App World
No. Aplicaciones	>600.000 -60%gratuitas-	>500.00 -30%gratuitas-	30.000	25.000	100.000
Licencia de Software	Libre	Propietaria	Propietaria	Libre	Propietaria
Edad de la Plataforma	Joven	Adolescente	Joven	Madura	Madura

Fuente: tabla adaptada de Arias-Aranda, & Jaría-Chacón (2012, “Comparativa de las 5 principales plataformas de dispositivos móviles”, pp.4-5)

En la tabla 3, se puede evidenciar una comparativa de características de las plataformas móviles, estas a partir de una serie de criterios previamente establecidos por Arias-Aranda, & Jaría-Chacón (2012). La comparación presenta características de cinco plataformas de dispositivos móviles; sin embargo, es importante mencionar que Symbian era una plataforma móvil de edad madura y actualmente se encuentra fuera del mercado. Por consiguiente, Nokia comienza a suministrar a sus dispositivos móviles con la plataforma desarrollada por Microsoft “Windows Phone”.

En contraste con lo anterior, Android es una plataforma relativamente joven. No obstante se evidencia que contiene o abarca en su mayoría el mercado en cuanto a cantidad de aplicaciones y con ello el abastecimiento a distintos dispositivos móviles, teniendo los usuarios la ventaja que la licencia de software es libre, al contrario de las plataformas iOS, Windows y RIM de Blackberry que son propietarias.

En resumen, para crear aplicaciones de posicionamiento *indoor*, se deben considerar aspectos a nivel de tecnologías y de sistemas, según se puede apreciar en la figura 4.

Figura 4. Aspectos a tomar en cuenta al crearse aplicaciones de posicionamiento *Indoor*

Fuente: elaboración propia

Como se puede apreciar en la figura 4, al realizarse un buen balance entre las tecnologías y sistemas para realizar posicionamiento en interiores y, al considerarse los requerimientos propios del edificio, se encontrará con las herramientas idóneas, las cuales solventarán en cierta parte la necesidad en la que se encuentra, ya que cada tecnología y sistema presentado anteriormente, trabaja en común y es necesarios para crear un producto con un balance aceptable entre eficiencia y precisión.

V. Resultados y Conclusiones

Entre las principales conclusiones obtenidas, se citan las siguientes:

- ✓ La localización y posicionamiento *indoor* continua siendo tema de investigaciones, aunque se presentan sistemas y tecnologías como dispositivos móviles, sistemas inalámbricos, sistemas de navegación inercial, algoritmos de localización, entre otros. No brindan una precisión alta de posicionamiento por lo que “para aumentar esta precisión hace falta o ampliar la infraestructura o, utilizando la ya existente, realizar estudios y mapas de señal que luego se requerirán para la localización” (Ruiz, 2012, p. 73).
- ✓ No se logró evidenciar durante la investigación un algoritmo en específico como líder en sistemas de posicionamiento. Sin embargo, los algoritmos para localizaciones *indoor* basadas en *Wi-Fi*, como es el caso de RSS, se proyectan como las mejores opciones en el mercado.
- ✓ La mejora en los sistemas y tecnologías cada año constan tanto de actualizaciones como evoluciones, por lo que es importante buscar soluciones tecnológicas que permitan brindar localización con la finalidad de mejorar la experiencia del usuario (por ejemplo la experiencia de un cliente al encontrarse dentro de un Centro Comercial, o bien, potenciar las ventas, mejorar la experiencia de un turista al encontrarse dentro de un museo, entre otros). En consecuencia, la opción de los sistemas de navegación inercial (INS) es deficiente en posicionamiento *indoor*, ya que no se desarrollan actualmente sistemas de información geográficos con INS, por lo que de acuerdo con (Descamps-Vila, Pérez-Navarro, & Conesa, 2013), a esta tecnología le hace “falta dar el salto a la implementación en aplicaciones (p.5)”.
- ✓ Cada una de las tecnologías mencionadas anteriormente tiene sus ventajas y desventajas de uso. Es trascendental observar cada una de ellas y acoplarlas de acuerdo a los requerimientos o lineamientos establecidos en los proyectos. En suma, “lo importante es hacer el balance y determinar cuál de todas las que se encuentran disponibles es la que mejor se adapta a las necesidades y brinda más y mejores beneficios a un proyecto en particular” (Acosta & Yanza, 2013, p.13). Así mismo, las investigadoras indican que se debe recordar que “es posible utilizar híbridos entre tecnologías libres y propietarias” (Acosta & Yanza, 2013, p.13).
- ✓ Es importante conocer cada uno de estos sistemas y métodos de localización, ya que actualmente existen pocas aplicaciones gratuitas en funcionamiento y de uso restringido como el caso de *Google Maps Floor Plans*, que se encuentra en uso únicamente en ciertos edificios, en particular en Japón, donde sí incorporan puntos de interés en varios lugares como aeropuertos y shoppings.
- ✓ Para las personas “el conocimiento de la localización en cualquier esfera ha sido siempre una necesidad” (Gorrita, Sierra, & Montejo, 2012, p. 51). Los sistemas de localización presentados en las páginas anteriores, aproximan a las personas a poder decidir que tecnologías le puede ayudar a solventar su necesidad de posicionamiento *indoor* y facilitar la posibilidad de brindar puntos de interés a la sociedad.

VI. Recomendaciones

Es importante desarrollar lineamientos del proyecto y, con ello seleccionar las tecnologías y sistemas acordes a esas necesidades, sin dejar de lado los cambios y evoluciones tecnológicas que suceden continuamente, ya que muchos investigadores se esfuerzan por lograr precisar aún más algoritmos y técnicas que permitan el posicionamiento en interiores.

Es importante mantener siempre presentes aspectos de la privacidad, ya que los sistemas basados en posicionamiento supondrán la información de la ubicación de usuario. Es necesario definir normas de seguridad para no exponer a las personas ante los recursos digitales y cumplir con las normativas actuales de privacidad de la información.

Referencias bibliográficas

- Acosta, B. S., & Yanza, A. V. (2013). *Lineamientos para el desarrollo de aplicaciones SIG WEB*. Recuperado de: <http://dugi-doc.udg.edu/handle/10256/7658>
- Arias-Aranda, D., & Jaría-Chacón, N. (2012). Plataformas de dispositivos móviles y servitización: hacia un modelo integrador. *Dyna Management*, 2(enero), 1-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/MN7047>
- Bia Technology (2017). *Cricket – Módulos Wireless* [sitio web]. Recuperado de: <http://bia.ind.br/equipamento/modulos-wireless/>
- Bodhi, N. (2005). *The Cricket Indoor Location System*. Recuperado de: <http://nms.csail.mit.edu/papers/bodhi-thesis.pdf>
- Boncompagni, G. (2014, December 9). *¿Cómo funciona Google Maps?* CR Hoy, p. 1. San José. Retrieved from <http://www.crhoy.com/archivo/como-funciona-google-maps/tecnologia/>
- Descamps-Vila, L., Pérez-Navarro, A., & Conesa, J. (2013). *Integración de un sistema de posicionamiento indoor en aplicaciones SIG para dispositivo móvil*. Recuperado de: <http://dugi-doc.udg.edu/handle/10256/7651>
- Egea, D. (2012). *Diseño, implementación y Validación de un Sistema de Localización Híbrido basado en una red de sensores inalámbricos*. Recuperado de: https://ddd.uab.cat/pub/trerecpro/2012/hdl_2072_212767/TFC_DanielEgeaRoca_2012.pdf
- García, E. M. (2008). *Técnicas de Localización en Redes Inalámbricas de Sensores*. Recuperado de: <http://www.dsi.uclm.es/personal/EvaMariaGarcia/docs/2008-Curso%20Verano.pdf>
- Generador de Códigos QR. (2017). *Código QR para Texto* [sitio web]. Recuperado de: <http://www.codigos-qr.com/generador-de-codigos-qr>
- Gorrita, E., Sierra, R., & Montejó, S. (2012). *Aplicaciones y servicios basados en localización*. *Revista Cubana de ingeniería*, 1(3), 45-52. Recuperado de: <http://rci.cujae.edu.cu/index.php/rci/article/view/74/pdf>
- Honkavirta, V. (2008). *Location fingerprinting methods in Wireless Local Area Networks*. Tampere University of Technology. Recuperado de: http://math.tut.fi/posgroup/honkavirta_mscth.pdf
- Kornuta, C., Acosta, N., & Toloza, J. M. (2013). *Posicionamiento WIFI con variaciones de Fingerprint*. Recuperado de: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/31335>
- Lliteras, A. B., Challiol, C., & Gordillo, S.E. (2012). *Juegos Educativos Móviles Basados en Posicionamiento: Una Guía para su Conceptualización*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10915/33107>

- Marinelli, M., Kornuta, C., Acosta, N., Perazzo, R., & Toloza, J. M. (2015). *Diseño de un sistema de posicionamiento Wi-Fi en interiores basado en la plataforma Android*. Recuperado de: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/45302>
- Midtbø, T., Nossun, A. S., Haakonsen, T. A., & Nordan, R. (2012). Are indoor positioning systems mature for cartographic tasks?. Recuperado de: http://www.cartogis.org/docs/proceedings/2012/Midtbo_etal_AutoCarto2012.pdf
- Morillo, J.D. (2011). *Introducción a los dispositivos móviles*. Recuperado de: [https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Informatica/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles_\(Modulo_2\).pdf](https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Informatica/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles_(Modulo_2).pdf)
- Piedra, J. (2016). *Sistemas de posicionamiento móvil para interiores vía WIFI*. Recuperado de: <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/53021/7/pfi45js390pTFC0716mem%C3%B2ria.pdf>
- Rubio, I. T. (2010). *Sistemas de localización y medición de distancias basados en ultrasonidos: Estudio e implementación*. Recuperado de: <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/9440/Proyecto-final.pdf?sequence=1>
- Ruiz, M. (2012). *Posicionamiento en interiores basado en dispositivos móviles*. Recuperado de: <http://arantxa.ii.uam.es/~jms/pcfsteleco/lecturas/20120507MiguelRuizCuesta.pdf>
- Trevisan, D., & Pérez, A. (2017). *Influencia de la presencia de personas en sistemas de posicionamiento indoor mediante Wi-Fi fingerprinting*. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10609/58945>