

Prototipo de aplicación móvil para la localización indoor aplicada a la ubicación de aulas en la UNAB.

Autores:

Reinaldo Adolfo Garcia Silva

Saul Hernandez Rodriguez.

Línea de Investigación:

SISTEMAS DE INFORMACIÓN E INGENIERÍA DEL SOFTWARE

Universidad Autónoma de Bucaramanga.

Facultad de Ingenierías

Bucaramanga 2020.

Prototipo de aplicación móvil para la localización indoor aplicada a la ubicación de aulas en la UNAB.

Autores:

Reinaldo Adolfo Garcia Silva

Saul Hernandez Rodriguez.

Trabajo de grado presentado para optar el título de: Ingeniero de Sistemas.

Tutor de trabajo de grado:

Ingeniero de Sistemas José Luis Aguilar Camacho

Grupo Investigación:

Tecnologías de Información

Línea de Investigación:

SISTEMAS DE INFORMACIÓN E INGENIERÍA DEL SOFTWARE

Universidad Autónoma de Bucaramanga.

Facultad de Ingenierías

Bucaramanga 2020.

Contenido

1.	Lista de tablas.....	6
2.	Lista de ilustraciones	6
3.	Planteamiento del problema	8
4.	Alcance.....	10
5.	Justificación.....	11
6.	Objetivos	12
4.1.	Objetivo General.....	12
4.2.	Objetivos específicos.....	13
7.	Resultados Esperados	14
8.	Antecedentes.	15
9.	Estado del arte.	17
7.1.	Tecnologías de posicionamiento en interiores al servicio de una biblioteca universitaria: hacia la smart library	17
7.2.	How much can we trust RSSI for the IoT indoor location-based services? 18	
7.3.	Blueps: Sistema de localización en interiores utilizando Bluetooth (Rodríguez, Pece, & Escudero, 2014)	20
7.4.	Uso de Bluetooth de Baja Energía en Aplicaciones de Localización Indoor (Daniel Barba, Ana Moretón-Fernández, Héctor del Campo-Pando, Sergio García-Villanueva, Juan March 5 y Diego R. Llanos).....	21

7.5.	Diseño e implementación de un software de localización en tiempo real (rtl) en plataforma android que permita identificar piezas de arte y brindar una localización indoor en museos utilizando tecnología bluetooth.....	22
10.	Marco Teórico	23
8.1.	Localización.....	23
8.2.	Tipos de localización.	23
8.3.	Coordenadas geográficas.	24
8.4.	Localización en interiores (indoor localization)	25
8.5.	Implementaciones para la localización en interiores.	27
8.6.	Técnicas de medición.....	29
8.7.	Tecnologías para el desarrollo de la aplicación móvil.....	33
11.	Marco Conceptual.	35
12.	Marco Tecnológico	37
10.1.	Bluetooth de bajo consumo(BLE).....	37
10.2.	GPS.....	37
10.3.	ZIGBEE.....	38
10.4.	RFID.....	39
10.5.	Estándar IEEE 802.11	40
10.6.	GITHUB.....	41
13.	Marco Legal	43
14.	Diseño metodológico.....	44
15.	Tipo de investigación y enfoque	48

16.	Población.....	49
17.	Variables.....	50
18.	Hipótesis.....	51
19.	Ingeniería del proyecto.....	52
17.1.	Diseño del prototipo.....	52
17.2.	Desarrollo.....	53
17.3.	Implementación.....	69
17.4.	Pruebas.....	69
17.5.	Definición de los casos de usos.....	71
17.6.	Descripción de los casos de uso.....	72
20.	Análisis de resultados.....	77
21.	Conclusiones.....	79
22.	Limitaciones.....	80
23.	Trabajos futuros.....	81
24.	Referencias.....	82

1. Lista de tablas

Tabla 1 Comparativa de tecnologías.	42
Tabla 2 Fases de la metodología	46
Tabla 3 Ingreso de estudiantes en el 2018.....	49
Tabla 4 Definición de casos de uso	72

2. Lista de ilustraciones

Ilustración 1 Árbol de Problemas	9
Ilustración 2 Tomada de Conferencia Internacional de 2017 sobre Software,.....	19
Ilustración 3 imágenes extraídas del artículo de Miguel Ángel Muñoz.....	25
Ilustración 4 Representación geométrica de un sistema de posicionamiento TOA.	30
Ilustración 5 Representación geométrica de un sistema de posicionamiento TDOA.	31
Ilustración 6 Representación geográfica de un sistema de posicionamiento AOA.....	32
Ilustración 7 Se añade el plano de planta.	53
Ilustración 8 Se ajusta el plano.....	54
Ilustración 9 Dirección y ubicación del plano.....	54
Ilustración 10 Capturas de pantalla al calibrar los sensores. (Tomadas de la aplicación MapCreator 2)	55
Ilustración 11 Capturas de Pantalla de Marcacion de Puntos de Referencia en el Plano (Tomadas de la aplicación MapCreator 2)	56
Ilustración 12 Capturas de pantalla al realizar la toma de huellas digitales. (Tomadas de la aplicación MapCreator 2)	57
Ilustración 13 Captura de pantalla al registrar el mapeo. (Tomadas de la aplicación MapCreator 2)	58

Ilustración 14 Creación de la app.	59
Ilustración 15 Creación de las llaves.	59
Ilustración 16 indoorAtlasApiKey y indoorAtlasApiSecret.....	60
Ilustración 17 Importaciones de Clases y Métodos. (Fuente: Autoría propia).....	62
Ilustración 18 Layout activity_maps	63
Ilustración 19 Código del Activity. (Fuente: Autoría propia)	64
Ilustración 20 Método Para Mover la Posición del Marcador. (Fuente: Autoría propia)	64
Ilustración 21 Método Para Recibir Actualizaciones de Ubicación y Monitoreo de cambios de región. (Fuente: Autoría propia).....	65
Ilustración 22 Código Para Descargar el Plano de Planta con la Biblioteca Picasso. (Fuente: Autoría propia).....	66
Ilustración 23 Código para Visualizar la Ruta IndoorAtlas Wayfinding en la Parte Superior de Google Maps. (Fuente: Autoría propia).....	67
Ilustración 24 Capturas de la aplicación móvil prototipo.....	68
Ilustración 25 Cobertura de WiFi con solo 2 Dispositivos Conectados.....	70
Ilustración 26 Cobertura de WiFi con 6 Dispositivos Conectados	70
Ilustración 27 Casos de uso	71
Ilustración 28 Añadir mapeo	73
Ilustración 29 Visualizar ubicación	74
Ilustración 30 Eliminar plano	75
Ilustración 31 Actualizar plano	76

3. Planteamiento del problema

A la UNAB en su facultad/programas de Pregrado Profesional modalidad Presencial para el primero y segundo semestre del año 2018 ingresaron 879 y 560 estudiantes respectivamente, según un informe de población estudiantil (Unab.2018); debido a que son estudiantes nuevos no conocen la infraestructura y es muy común ver a estudiantes preguntando como llegar a diferentes aulas, auditorios, centro de estudios etc o que ingresen a salones donde no es su clase, con esta herramienta tecnológica (app móvil) se pretende brindarles una ubicación dinámica y personalizada, no tan solo a los estudiantes sino también visitantes.

Los sistemas de posicionamiento en interiores tienen la cualidad de poder indicar la ubicación de manera mucho más exacta de un dispositivo en un momento específico mejor que un sistema de posicionamiento global (GPS), ya que la precisión de este disminuye altamente o puede llegar a perderse la señal debido a cierta serie de obstáculos que impiden la ubicación del dispositivo dentro de un espacio cerrado (“WiFi 802.11mc: ¿cómo funciona el GPS para interiores?,” n.d.).

Aplicaciones como Waze, Google Maps, Rastreo GPS Pro, Tappsi PreSOS y Rappi utilizan la ubicación GPS, en esta última que está dedicada a domicilios parte un gran problema pues a la hora de ingresar a instalaciones de empresas, universidades u hospitales se queda sin orientación, debido que estas aplicaciones utilizan sistemas de posicionamiento global, la mayoría, y que a la hora de entrar en algún edificio o recinto cerrado para hacer la entrega, estas apps quedan obsoletas pues no logran ubicarse correctamente dentro del perímetro.

En la Tesis Doctoral de Félix Barba Barba, Máster Universitario en Ingeniería de Redes y Servicios Telemáticos de la Universidad Politécnica de Madrid (Barba Barba, 2015), donde menciona que son muchas las posibles aplicaciones relacionadas con los servicios basados en la localización se enfocan en entornos de interior, se centran en sistemas de ayuda y guiado para personas con necesidades especiales, monitorización y seguimiento de pacientes e

instrumentos en hospitales o instituciones asistenciales, aeropuertos o centros comerciales, entre otros. La mayoría de estas aplicaciones pueden incluir publicidad y otras oportunidades que tienen que ver con el ámbito comercial o relacionadas con el marketing.

Es sabida la importancia que tiene en la actualidad los servicios basados en el posicionamiento del usuario, tanto en el uso privado como en el uso profesional que muchos hacen de ellos. En los últimos años estos servicios han sido una de las principales fuentes de desarrollo en las que se han centrado los operadores de equipos móviles, permitiendo innumerables aplicaciones beneficiosas tanto para los usuarios finales como para el conjunto de la sociedad, pero estas aplicaciones aún no satisfacen la necesidad que ha surgido de ubicar los dispositivos en entornos cerrados.

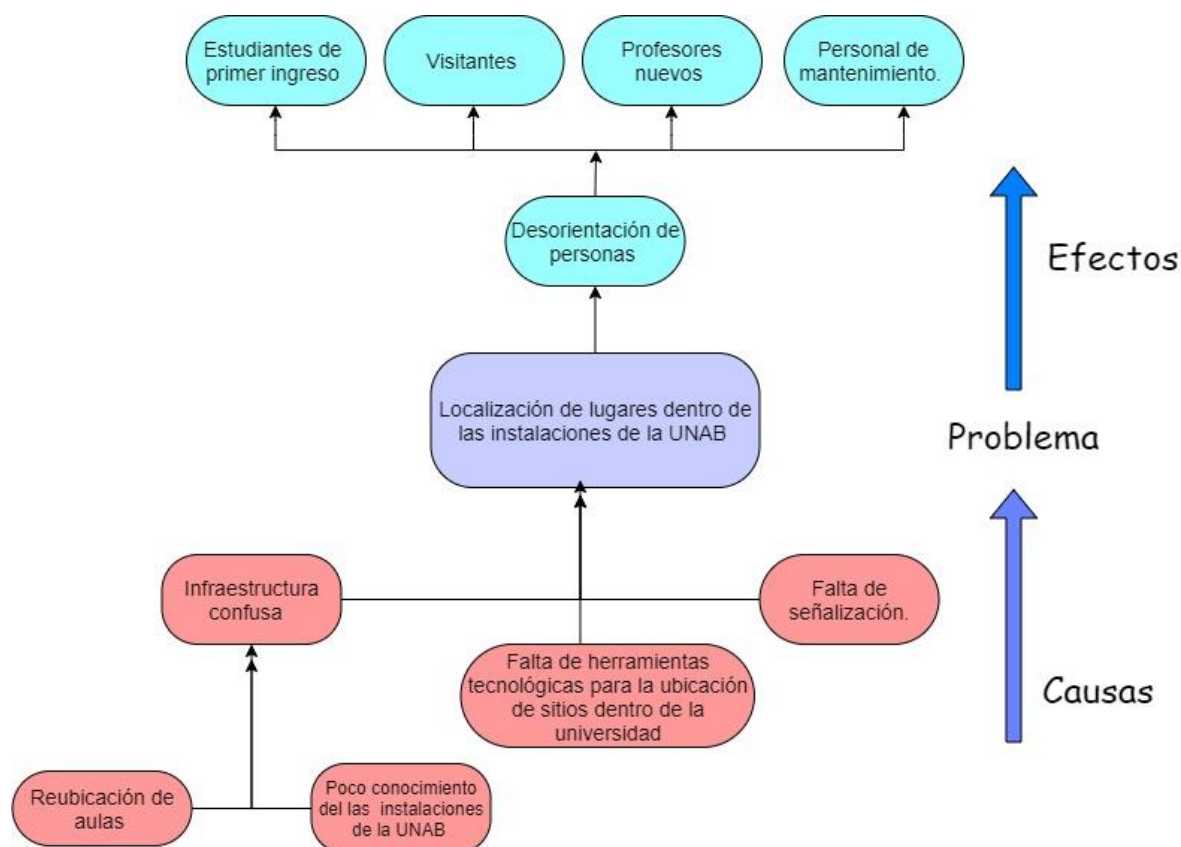


Ilustración 1 Árbol de Problemas

Fuente: Autores del proyecto

4. Alcance

El presente proyecto se enfocará en realizar una correcta ubicación de un usuario en el plano del quinto piso del edificio de ingenierías de la Universidad Autónoma de Bucaramanga para los estudiantes de primer ingreso de ingenierías y visitantes que no conozcan la universidad. Se implementará tecnología bluetooth para disminuir el rango de error a la hora de ubicar al usuario en el plano.

5. Justificación

Esta aplicación que se pretende desarrollar es una tecnología novedosa que puede ser aplicada en conjunto con IoT, debido a que la ubicación indoor tiene un gran potencial cuando se integra con el Internet de las cosas ya que puede ser aprovechada, por ejemplo, en centros comerciales para mostrar publicidad u ofertas a las personas al pasar por una tienda (Cejas, Chardon, José, Codirector, & Alejandro Pérez, 2019) además de que el visitante no tendrá la frustración de no encontrar los lugares que busca. En la actualidad la unab no cuenta con una herramienta que pueda brindar una mejor experiencia a los estudiantes de primer ingreso o visitantes dentro de la universidad y dar completa independencia a la hora de buscar las aulas, auditorios, laboratorios y demás sitios, con mayor facilidad, ya que muchas veces incluso estudiantes de niveles avanzados que ya llevan tiempo en la universidad aún no conocen del todo las instalaciones.

Con esta aplicación finalmente el usuario podrá ubicarse en tiempo real en el mapa de planta del 5° piso del edificio de ingenierías (L5), que es donde se aplicará el prototipo en estudio, con el fin de localizar las aulas y demás espacios dentro del recinto.

Esta aplicación tendría gran potencial debido a la cantidad de estudiantes que recibió la universidad tan solo en año 2018 como se muestra en la página de la universidad en el apartado de Población estudiantil.

6. Objetivos

4.1. Objetivo General

Desarrollar una aplicación móvil para la ubicación de las personas en un plano del quinto piso del edificio de ingenierías de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, utilizando tecnologías complementarias como lo son Bluetooth, Wifi y sensores integrados en el dispositivo (acelerómetro, magnetómetro y giroscopio) para una correcta ubicación y con mayor precisión.

4.2. Objetivos específicos

- Identificar las diferentes tecnologías de ubicación de localización en interiores para la selección e implementación de la ubicación dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma de Bucaramanga.
- Diseñar la arquitectura de la aplicación móvil a través de diagramas UML para los requerimientos recopilados.
- Desarrollar un prototipo de aplicación móvil con localización indoor a través de la tecnología WiFi y Bluetooth de bajo consumo para servicios de posicionamiento y ubicación de aulas dentro de la Universidad Autónoma de Bucaramanga.
- Evaluar la implementación de la aplicación para la verificación de su funcionamiento a través de pruebas de software en los que se evidencie la precisión de la ubicación de las aulas con pruebas de posicionamiento.

7. Resultados Esperados

- Documento con las tecnologías que se han aplicado en proyectos similares en los que se ha trabajado con localización en interiores, así como tecnologías que implementaremos en nuestro proyecto como tal.
- Documento con los diagramas UML donde se define la arquitectura del prototipo de aplicación móvil en cuestión.
- Prototipo de aplicativo móvil funcional donde se evidencie el avance correspondiente en cuanto a la programación del mismo.
- Documento con una serie de estándares a evaluar para saber si la aplicación cumple con los requerimientos establecidos.

8. Antecedentes.

Con la evolución de los smartphone y su cada vez más avanzada multitarea, que además de realizar llamadas nos permiten enviar correos, revisar páginas web y navegar en mapas gracias a sus receptores GPS, entre muchas más tareas. Con la implementación del sensor de geolocalización a dando pie a un sin fin de app's SIG¹ (Sistema de Información Geográfica) para móviles, ya que una multitud de aplicaciones usan la ubicación del usuario para ofrecerle información de su entorno. Son lo que se conoce como sistemas basados en localización (o location based systems).

Hoy en día las aplicaciones SIG que usan la localización están presentes en una gran variedad de áreas: turismo, entretenimiento, comercio, salud, etc. Un estudio realizado en 2012 por el Pew Internet & American Life Project ¹ confirma que los usuarios de smartphones usan continuamente este tipo de aplicaciones. El estudio ha resuelto que alrededor del 74% de los usuarios utilizan servicios de localización para obtener información sobre lo que hay a su alrededor. (Conesa Caralt, J. 2013)

Para mitigar esta problemática, en la Universidad Autónoma de Bucaramanga se han realizado actividades como recorridos a los estudiantes de primer ingreso para que ellos mismos conozcan la universidad y sepan cómo ubicarse luego cuando deban ir a clase, pero esta alternativa se queda muy corta ya que los estudiantes olvidan las rutas o donde quedan ciertas aulas debido a que estos recorridos son muy generales y normalmente al final el estudiante no logra captar toda la información que se le dio en el recorrido y por ende tiende a olvidar fácilmente muchas de las rutas o partes de la universidad que se les mostró en el recorrido. Otra alternativa que hay en la universidad es la localización con marcadores fijos por medio de códigos QR, los cuales están ubicados a un costado de las puertas de las aulas

¹ Los SIG (Sistema de Información Geográfica) están diseñados para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar la información de todas las formas posibles de manera lógica y coordinada.

y que permiten obtener información de estas. Actualmente esta opción se está usando para saber si el aula está ocupada o no, información de la ubicación del aula en la cual muestra el nombre del edificio y el número del aula.

9. Estado del arte.

7.1. Tecnologías de posicionamiento en interiores al servicio de una biblioteca universitaria: hacia la smart library (Aguilar-Moreno, Montoliu-Colás, & Torres-Sospedra, 2016).

Este artículo es un estudio de caso sobre la aplicación de tecnologías geoespaciales en una biblioteca académica. Más específicamente, se desarrollaron dos aplicaciones para ayudar a los usuarios a encontrar la ubicación de los libros, una para dispositivos móviles Android y la otra para navegadores web. Estas aplicaciones proporcionan a los usuarios la capacidad de trazar la ruta desde el punto donde se encuentra el usuario hasta el estante donde se encuentran los artículos, mejorando así la experiencia del usuario. Además, este artículo investiga la posibilidad de aplicar sistemas de información geográfica (SIG) y tecnologías geoespaciales a los servicios de biblioteca. La presente experiencia se llevó a cabo en cuatro fases:

- 1) En primer lugar, para la obtención de datos se solicitó la colaboración de la biblioteca de la Universitat Jaume I. Se realizó una petición formal de la información requerida para incluirla en la plataforma SmartUJI: localización de cada estantería y de los elementos que contenía.
- 2) Cada estantería fue tratada como una entidad propia, representada en el SIG como un polígono, de modo que se “dibujaron” todas las estanterías de la biblioteca con las partes de la colección incluidas en el caso de uso. Se almacenó en la base de datos geoespacial la información necesaria para identificar y ubicar cada estantería en el edificio de la biblioteca (coordenadas y piso en el que se encuentra), así como la información sobre el primer y el último elemento de la colección contenido en cada una de ellas.
- 3) Partiendo de la base de que la signatura identifica de forma unívoca cualquier ejemplar de una publicación que se encuentre en el fondo de la biblioteca, se desarrolló un

algoritmo de búsqueda iterativo de material bibliográfico que, a partir de la introducción de la signatura en una caja de búsqueda, devolvía la localización de ésta en el plano de la biblioteca. Este algoritmo tiene en cuenta todas las particularidades de las signaturas, como la longitud variable (figura 3), así como la distribución de los materiales de la colección en las estanterías.

4) Implementación en paralelo de las aplicaciones móvil y web, en dos etapas: servicio web y clientes. El servicio web se ha llevado a cabo en lenguaje de programación Java y sigue las normas API Rest. Este servicio es el que realiza la consulta a la base de datos SIG sobre la localización del libro. Ambos clientes solicitan la información sobre la localización del ejemplar a dicho servicio. El cliente web se ha implementado usando lenguaje de programación Javascript, el cliente para dispositivos Android mediante lenguaje de programación Java y las librerías incluidas en el interfaz avanzado de programación de Android.

Resultados:

Se ha obtenido una aplicación para dispositivos móviles con el sistema operativo Android y una aplicación basada en tecnologías web que permiten mostrar la localización de material bibliográfico de la Biblioteca de la Universitat Jaume I, permitiéndonos la visualización de la ruta. <http://indoorloc.uji.es/SmartLibrary> En la aplicación para dispositivos móviles la integración de un sistema de posicionamiento en interiores propio nos guía además hasta dicho material.

7.2. How much can we trust RSSI for the IoT indoor location-based services?

(Stojkoska, Kosovic, & Jagust, 2017)

En este artículo se hacen la pregunta de ¿Qué tanto debemos confiar en el Indicador de fuerza de la señal recibida (RSSI), para la localización indoor?, es por ello que realizan un serie de pruebas en diferentes escenarios y con diferentes variables para determinar la eficacia de esta tecnología.

Para dichas pruebas se utilizaron distintos dispositivos móviles y con diferentes configuraciones como se muestra en la siguiente tabla tomada de este artículo (ver figura 3).

Tabla I. Modelos de teléfonos inteligentes y correspondientes IDS de la FCC

Device	Device	FCC ID
D1	HTC Legend	NM8-PB76110
D2	Samsung Galaxy S4	A3L-GTI9505
D3	Samsung Galaxy S3	A3L-GTI9300
D4	Samsung Galaxy S4	A3L-GTI9505
D5	Samsung Galaxy S4	A3L-GTI9505
D6	Samsung Galaxy S4	A3L-GTI9505

Ilustración 2 Tomada de Conferencia Internacional de 2017 sobre Software,

Telecomunicaciones y Redes de Computadores (SoftCOM).

Traducir RSSI a distancia

La mayoría de los algoritmos para la localización se basan en distancias entre pares. Por lo tanto, cada medición RSSI debe traducirse en distancia, que es la parte más difícil de la tubería de localización.

Las medidas RSSI se dan en dBm, que significa decibelios milivatios. La relación entre una potencia dada en vatios y una potencia dada en decibelios milivatios se da en ecuación

(1) .

$$\text{RSSI}=10\log_{10}P_{1\text{mW}}[\text{dBm}] \quad (1)$$

También se efectuaron medición en espacios que simularán un espacio real, es decir con personas que portaran otros dispositivos, que en el lugar hubiera modem o routers.

Conclusión del trabajo.

Se llegó a la conclusión “Nuestros resultados realizan una precisión de localización muy pobre en condiciones de campo, identificando la conversión de intensidad de señal en distancia para ser la tarea más desafiante de la tubería de localización. Aun así, la introducción de información contextual sobre el entorno puede conducir a una conversión más precisa de la intensidad de la señal en distancias. Por lo tanto, las técnicas basadas en RSSI se pueden usar como una base sólida para la localización de grano grueso, que se puede mejorar al incluir otras técnicas de rango para la estimación de distancia para obtener la localización de grano fino.”.

7.3. Blueps: Sistema de localización en interiores utilizando Bluetooth (Rodríguez, Pece, & Escudero, 2014)

Este documento presenta blueps, un sistema de ubicación para entornos interiores basado en redes bluetooth. Las señales transmitidas por los puntos de acceso bluetooth de una red pueden usarse para determinar, por triangulación, la posición, en relación con esos puntos, de un dispositivo móvil. Consideramos un mapa previamente configurado de las intensidades de señal recibidas, observado desde los puntos de acceso de la red. En base a este mapa, podemos estimar, con una buena resolución, la posición del dispositivo.

En este artículo se ha presentado un nuevo sistema que permite la localización de dispositivos móviles en interiores. El sistema, llamado blueps está basado en la potencia de la señal recibida en los dispositivos móviles de una red bluetooth. Un dispositivo puede obtener su posición mediante una petición de localización enviando a un servidor la señal recibida desde un conjunto de puntos de acceso de la red. Los servidores disponen de mapas de los niveles

de señal (previamente creados) que serán utilizados para determinar la localización del dispositivo móvil. Ya que se utiliza una red Bluetooth para estimar la localización de dispositivos móviles, el sistema presenta bajo coste y su despliegue se puede realizar rápidamente. Asimismo, hay que tener en cuenta que la gran mayoría de dispositivos móviles actuales (teléfonos, PDAs, portátiles, ...) incorporan esta tecnología. Las pruebas han demostrado que el sistema presenta una resolución perfectamente válida para una gran mayoría de aplicaciones basadas en el contexto.

7.4. Uso de Bluetooth de Baja Energía en Aplicaciones de Localización Indoor (Daniel Barba, Ana Moretón-Fernández, Héctor del Campo-Pando, Sergio García-Villanueva, Juan March 5 y Diego R. Llanos)

En este paper se presenta Xtremeloc, un sistema de posicionamiento indoor basado en tecnología Bluetooth de Baja Energía. Además, se compara esta propuesta con las diferentes alternativas disponibles, describiendo sus ventajas e inconvenientes. Se ha presentado este prototipo piloto en funcionamiento en la Escuela de Ingeniería Informática de la Universidad de Valladolid, describiendo el hardware empleado y las responsabilidades de los distintos dispositivos para el funcionamiento del sistema.

Conclusiones:

Finalmente, hecho un análisis de los problemas relativos a la señal Bluetooth, mostrando resultados en crudo así como el correspondiente filtrado utilizando los algoritmos desarrollados por RDNest. Los algoritmos usados en este proyecto consiguen reducir la variabilidad de la señal Bluetooth de ± 15 dB a ± 5 dB, aumentando considerablemente la precisión del sistema al mismo tiempo que mantiene un buen comportamiento del sistema a tiempo real y asegurando la escalabilidad del mismo.

7.5. Diseño e implementación de un software de localización en tiempo real (rtl) en plataforma android que permita identificar piezas de arte y brindar una localización indoor en museos utilizando tecnología bluetooth

Este es un trabajo de tesis presentado por Marco Antonio Najarro Quispe y Wiler George Neyra Medina para obtener el título de ingeniero electrónico, en el que dan solución a una problemática en los más 200 museos que se pueden encontrar en el Perú que reciben un gran cantidad de visitantes al año, según su artículo en tres años estos museos recibieron un promedio de 1,817.911 personas (Implementación De Un Software De & Antonio Najarro Quispe Wiler George Neyra Medina Asesor Guillermo Leopoldo Kemper Vásquez, n.d.) que tienen un guiado guiado tradicional y poco didáctico nada personalizado, que hace que los visitantes sientan cierto desinterés por lo monótono de los recorridos, ellos plantean el desarrollo de una app para la plataforma android e implementado la tecnología **Bluetooth Low Energy**, haga estos paseos personalizado de una manera libre donde pueden encontrar piezas que estarán acompañadas por audios y videos, además de marcar su ubicación en tiempo real.

Conclusiones:

- Se realizó la demostración del funcionamiento del proyecto en el museo “Arturo Jiménez Borja”, donde se logró detectar y reproducir la información de las piezas de arte separadas aproximadamente en 1.5 metros una de otra, lo cual era lo solicitado por los encargados de dicha galería.
- Se desarrolló una aplicación en plataforma android que permite leer valores de RSSI los cuales son procesados en tiempo real. (Implementación De Un Software De & Antonio Najarro Quispe Wiler George Neyra Medina Asesor Guillermo Leopoldo Kemper Vásquez, n.d.).

10. Marco Teórico

8.1. Localización.

Definición.

La localización es la ubicación que un objeto o persona tienen en un determinado espacio. El mismo requiere de coordenadas que otorguen puntos de referencia para que esta sea trazable y comunicable. Así, por ejemplo, desde el punto de vista urbano la localización se sirve de direcciones, calles y zonas con un nombre específico.

- **Ubicación:** Lo primero que debemos saber es de donde proviene la palabra ‘Ubicación’ y esta palabra proviene del latín ‘Ubi’ que podemos traducirla como “Donde”; teniendo esto claro, ubicación se refiere al lugar donde está localizado o ubicado determinado elemento. (“Definición de Localización - Qué es y Concepto,” n.d.)

8.2. Tipos de localización.

Localización relativa.

Se denomina posición relativa a la ubicación de un lugar respecto de otro u otros. Por ejemplo: Zamora está al norte de Salamanca y al oeste de Valladolid. (Macías, 2018)

La orientación en el espacio.

Orientación es la acción de ubicarse tomando como referencia los cuatro puntos cardinales: norte (N), sur (S), este (E), oeste (O). Estos puntos se han determinado teniendo en cuenta el lugar por donde sale el Sol (E) y por donde se oculta (O). Por lo tanto, estas referencias son universales y pueden utilizarse en cualquier lugar de la superficie terrestre. (Gutiérrez, 2017)

Las líneas imaginarias.

Las líneas imaginarias son aquellas que el hombre utiliza para ubicarse o para encontrar un punto en la superficie terrestre. Estas ayudan, además, a dividir a la tierra en este a oeste y

de norte a sur. Estas líneas imaginarias pueden dividirse en Meridianos, que son aquellas líneas imaginarias que pasan paralelamente al eje sobre que gira la tierra sobre sí misma y Paralelos que son las líneas que cortan perpendicularmente el eje sobre el que gira la tierra. (ENZO, 2018)

Cartografía.

La cartografía es una ciencia encargada de reunir, analizar y realizar medidas y datos de regiones de la tierra, con el fin de hacer una representación gráfica. según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) “La cartografía representa áreas del terreno que muestran elementos básicos como son curvas de nivel, aguas, red hídrica, y algunos elementos artificiales, humanos o culturales, como son las redes de transporte y los centros poblados, entre otros.” (“Datos Abiertos Cartografía y Geografía | GEOPORTAL,” n.d.)

Localización absoluta y coordenadas.

Se denomina posición absoluta a la ubicación de un punto en la superficie terrestre según sus coordenadas geográficas, grados, minutos y segundos norte o sur, este u oeste. (Macías, 2018).

8.3. Coordenadas geográficas.

Se conoce como coordenadas geográficas un sistema de líneas imaginarias que referencia cualquier punto de la superficie terrestre para ello utiliza dos coordenadas angulares, latitud (norte o sur) y longitud (este u oeste), para determinar los ángulos laterales de la superficie terrestre con respecto al centro de la Tierra y alineadas con su eje de rotación.

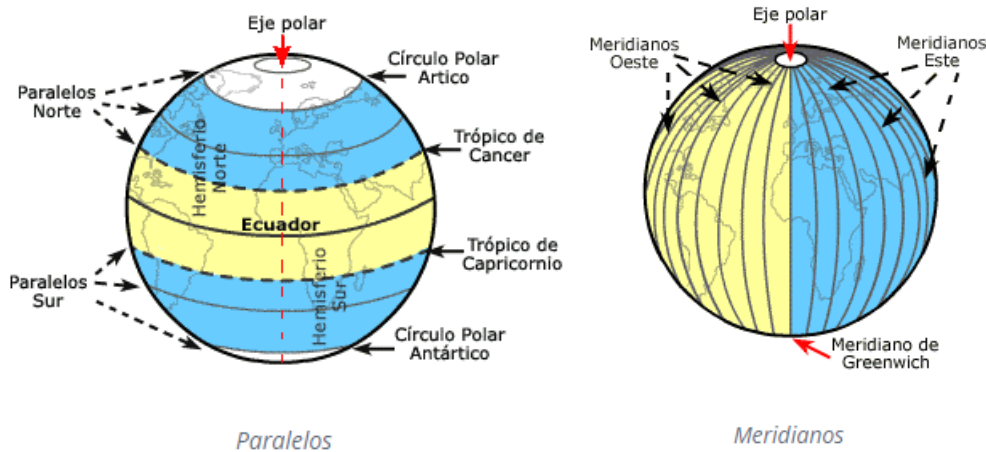


Ilustración 3 imágenes extraídas del artículo de Miguel Ángel Muñoz.

(“Introducción al Manual de Vuelo,” n.d.).

Latitud

La latitud proporciona la localización de un lugar, en dirección Norte o Sur desde el ecuador y se expresa en medidas angulares que varían desde los 0° del Ecuador hasta los 90°N ($+90^\circ$) del polo Norte o los 90°S (-90°) del polo Sur. Como podemos ver en la imagen, si trazamos una recta que vaya desde el punto P hasta el centro de la esfera O, el ángulo que forma esa recta con el plano ecuatorial expresa la latitud de dicho punto. (Aristasur, 2012)

Longitud

La longitud proporciona la localización de un lugar, en dirección Este u Oeste desde el meridiano de referencia 0° , o meridiano de Greenwich, expresándose en medidas angulares comprendidas desde los 0° hasta 180°E ($+180^\circ$) y 180°W (-180°). (Aristasur, 2012).

8.4. Localización en interiores (indoor localization)

Definición

La localización en interiores o indoor, nos permite localizar tanto personas como objetos en interiores gracias al uso de diferentes tecnologías como lo son: Bluetooth, Wifi, entre otras.

8.4.1. Sistemas de Localización INDOOR.

Marcadores Fijos.

Los marcadores fijos son sistemas reconocibles por un dispositivo móvil y que pueden colocarse en puntos fijo dentro del recinto donde se quiera efectuar la localización indoor, un ejemplo de estos son los códigos QR, que se leen al escanearlo con la cámara de un smartphone y le dan información a usuarios del punto donde está. una de ventajas es que son sistemas económico y fácil de implementar; pero su gran desventaja es que no son dinámico y depende de la acción del usuario.

Sistemas inalámbricos.

Estos sistemas usan ondas electromagnéticas para ubicar dispositivos en interiores, se hacen lecturas de su intensidad y ángulo con que llegan la señal al dispositivo, esto en el proceso del mapeo; para luego comparar (la señal o ondas) cuando el usuario esté en movimiento y así saber en qué lugar se encuentra. esta técnica de bastante buena, pero enfrenta inconvenientes por dos razones: 1.se tiene que contar con una infraestructura previamente definida de emisores (router,bluetooth) en el edificio, sala o corredor etc donde se requiera ubicarse, hoy en día el uso de wifi es muy común pero esto da pie al segundo problema. 2. No siempre se cuenta con que la señal electromagnética llegue a todos los lugares dentro de un recinto y es allí donde se produce los llamados “puntos ciegos”, esto quiere decir que en estos lugares no se podrá ubicar.

Sistema de navegación inercial.

Un Sistema de Navegación Inercial (Inertial Navigation System) es un conjunto de sensores empleado para obtener la aceleración en cada uno de los tres ejes de movimiento X, Y y Z.

De esta forma, a partir de unos sensores de movimiento (acelerómetros), unos sensores de rotación (giróscopos) y un pequeño computador (necesario para obtener la posición y la velocidad integrando la aceleración), es capaz de estimar la posición, orientación y velocidad de un objeto sin necesidad de una referencia externa. (CSCAZORLA, 2011)

Campo Magnético.

Sabemos que el interior de nuestro planeta emite un campo magnético más o menos regular y transparente para nuestros sentidos. Los smartphones actualmente tienen brújula que con un par de cambios software permiten medir las variaciones en el campo geomagnético causadas por edificios, emisores electrónicos o incluso rocas. El hito de la Universidad de Oulu consiste en estudiar esa variación a través de algoritmos propios (evidentemente no los han publicado) y poder localizar al usuario en cualquier lugar donde esté, incluido en el interior de un edificio.

8.5. Implementaciones para la localización en interiores.

Localización en interiores utilizando Bluetooth.

Entre las teorías y trabajos consultados, se encuentra el sistema, llamado blueps, que está basado en la potencia de la señal recibida en los dispositivos móviles de una red bluetooth. Dice que un Dispositivo puede obtener su posición mediante una petición de localización enviando a un servidor la señal recibida desde un conjunto de puntos de acceso de la red. Los servidores disponen de mapas de los niveles de señal (previamente creados) que serán utilizados para determinar la localización del dispositivo móvil. Ya que se utiliza una red Bluetooth para estimar la localización de dispositivos móviles, el sistema presenta bajo coste y su despliegue se puede realizar rápidamente. Asimismo, hay que tener en cuenta que la

gran mayoría de dispositivos móviles actuales (teléfonos, PDAs, portátiles, ...) incorporan esta tecnología. (Rodríguez, Pece, & Escudero, 2014).

ISAB: Sistema integrado de navegación interior para ciegos. Este documento presenta un enfoque innovador para el desafío preciso de navegación en interiores para las personas ciegas que utilizan una solución de varios niveles con la ayuda de una interfaz intuitiva para teléfonos inteligentes. Utilizamos un conjunto de diferentes tecnologías de comunicación (WiFi, Bluetooth e identificación por radiofrecuencia) para ayudar a los usuarios a alcanzar un objeto con alta precisión. (Doush, Alshatnawi, Al-Tamimi, Alhasan, & Hamasha, 2017)

Diseño marco propuesto

El objetivo en este trabajo es desarrollar un sistema de navegación para personas ciegas que les permita alcanzar un objeto específico. El sistema utiliza varias tecnologías y las integra para proporcionar a los usuarios previstos la mejor solución de navegación adaptable posible. En el diseño propuesto, tomaron en consideración los principales factores que definen una solución eficiente y accesible.

Escaneo WiFi de bajo consumo para la localización.

En este documento, se propone un sistema de escaneo WiFi de bajo consumo para la localización. El sistema propuesto preserva la calidad del servicio de cada aplicación y minimiza el consumo de energía del escaneo WiFi. Para el desarrollo del presente trabajo de investigación de la creación del prototipo de localización en interiores, enfocado a la ubicación de aulas dentro de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, se tuvieron en cuenta las siguientes teorías y tecnologías abordadas en los trabajos y proyectos encontrados relacionados a nuestro proyecto (Choi, Chon, & Cha, 2017).

8.6. Técnicas de medición.

En esta sección se presenta algunas de las distintas técnicas de medición que se usan para la localización en interiores. como son la medición por tiempo de llegada, por diferencia de tiempo de llegada, por ángulo de llegada y en función de amplitud de la señal recibida y por otro lado, se estudiará las técnicas de automoción, es decir, aquellas que tienen información acerca de la aceleración y orientación del nodo, denominadas unidades de medida inerciales.

Tiempo de llegada (TOA).

Cómo funciona.

Lo que se busca con esta medición de una señal es estimar la distancia, se mide el tiempo de llegada o el tiempo que viaja la señal de un nodo a otro teniendo en cuenta una velocidad conocida. Por ejemplo, las ondas sonoras viajan a una velocidad aproximada de 344 metros/segundo con una temperatura de 21°C.

Así, un pulso de ultrasonido enviado por un nodo y que llega a otro 14'5 milisegundos después, nos permite concluir que la distancia entre ellos es de 5 metros (Polo, E. M. G, 2008).

El tiempo de llegada (TOA) está basada en el cálculo del tiempo de vuelo (TOF) o el tiempo de propagación de una señal viajando entre un transmisor y un receptor. Como desventaja de estas técnicas es que debe haber como mínimo tres puntos de anclaje o emisores.

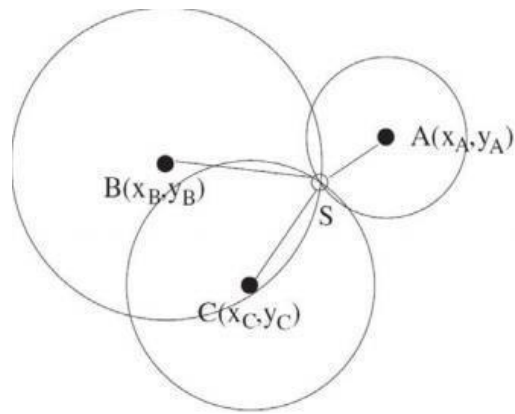


Ilustración 4 Representación geométrica de un sistema de posicionamiento TOA.

Recuperada de: Doush, Alshatnawi, Al-Tamimi, Alhasan, & Hamasha, 2017

Diferencia de tiempo de llegada (TDOA).

Cómo funciona.

El transmisor emite un pulso acústico (ultrasonido) acompañado de un pulso de radiofrecuencia, el receptor compara el tiempo de llegada de ambos pulsos. Esta metodología comprende un error en la estimación de un 10%, pero otros autores aseguran obtener un 1% en distancias menores a 9 metros (Polo, E. M. G, 2008).

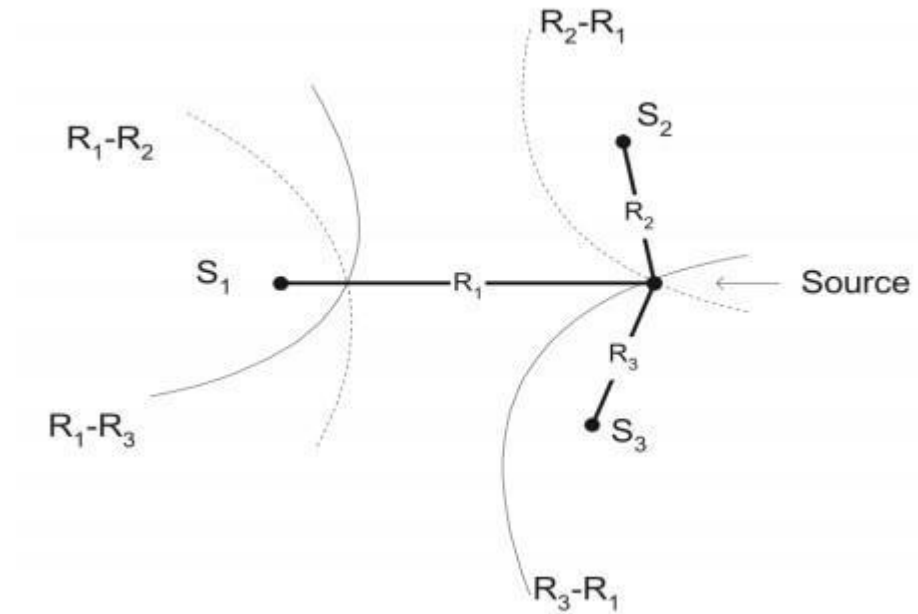


Ilustración 5 Representación geométrica de un sistema de posicionamiento TDOA.

Fuente: Recuperada de: Doush, Alshatnawi, Al-Tamimi, Alhasan, & Hamasha, 2017

Ángulo de llegada (AOA).

El ángulo de llegada se define como el ángulo que forma la dirección de propagación de una onda incidente y una determinada dirección de referencia (Polo, E. M. G., 2008), algo similar a lo que hacen las dos técnicas anteriores, pero con la gran diferencia que AOA no requiere hardware adicional y demasiado caro.

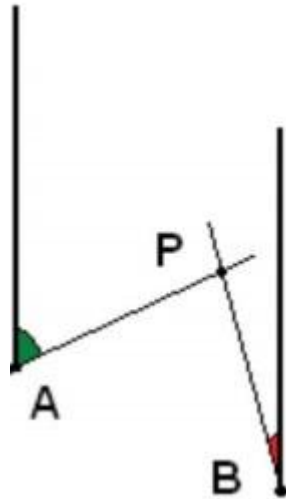


Ilustración 6 Representación geográfica de un sistema de posicionamiento AOA.

Recuperada de: Doush, Alshatnawi, Al-Tamimi, Alhasan, & Hamasha, 2017.

Amplitud de la señal recibida (RSS).

Es una técnica de estimación de distancias que utiliza las propiedades de atenuación de la señal de radio para modelar la distancia entre dos nodos como una función del indicador de la fuerza de la señal recibida (RSSI – Received Signal Strength Indicator).

El cálculo de la distancia mediante la amplitud de la señal recibida, se basa en la idea de cuanto mayor es la distancia entre dos nodos, más débil es la señal que recibe. Esta técnica se usa normalmente en un sistema de bajo coste como redes de sensores inalámbricos o wifi, ya que se puede calcular de una manera poco costosa este tipo de medidas, pero también hay que tener en cuenta que los sistemas que se basan en RSSI tienden a ser muy precisos en distancias cortas si se emplea un extenso post-procesamiento, pero son imprecisos cuando se aumentan unos pocos metros. En distancias cortas, las estimaciones obtienen errores de aproximadamente un 10% en una distancia máxima de 20 metros. La incertidumbre de la propagación de las ondas de radio impone problemas como el desvanecimiento de múltiples

trayectorias (multipath fading), sombras (shadowing) y pérdidas de trayectorias (path loss). Estos efectos complican el desarrollo de un modelo consistente. Como resultado, los sistemas basados exclusivamente en valores de RSSI obtienen estimaciones muy imprecisas. (Polo, E. M. G, 2008)

8.7. Tecnologías para el desarrollo de la aplicación móvil.

Android Studio:

Android Studio es el entorno de desarrollo integrado (IDE) oficial para el desarrollo de apps para Android, basado en IntelliJ IDEA. Además del potente editor de códigos y las herramientas para desarrolladores de IntelliJ, Android Studio ofrece incluso más funciones que aumentan tu productividad cuando desarrollas apps para Android. (Developers, 2014)

Bluetooth:

Es una especificación tecnológica para redes inalámbricas que permite la transmisión de voz y datos entre distintos dispositivos mediante una radiofrecuencia segura (2,4 GHz). Esta tecnología, por lo tanto, permite las comunicaciones sin cables ni conectores y la posibilidad de crear redes inalámbricas domésticas para sincronizar y compartir la información que se encuentra almacenada en diversos equipos. (Merino, 2009)

WiFi:

Es una tecnología de telecomunicaciones que permite la interconexión inalámbrica entre sistemas informáticos y electrónicos, tales como computadores, consolas de videojuego, televisores, teléfonos celulares, reproductores, punteros, etc. (Raffino, 2018)

Para la localización basada en Wi-Fi tenemos que los sistemas inalámbricos se basan en el uso de las ondas electromagnéticas para obtener la localización del usuario con respecto a un punto de referencia conocido, así los sistemas de localización indoor pueden ser clasificados en función de la información de la señal que intercambian el usuario con el móvil y puntos de referencia. Esta información puede ser el tiempo de llegada (TOA – Time Of Arrival), la diferencia entre tiempos de llegada, el ángulo de llegada (AOA – Angle Of Arrival) o el nivel de potencia recibida de la señal del usuario móvil a un punto de referencia. (Trevisan Troche, D. 2017)

Beacon:

Los Beacons son pequeños dispositivos basados en tecnología Bluetooth de bajo consumo, que emiten una señal que identifica de forma única a cada dispositivo. Ésta señal puede ser recibida e interpretada por otros dispositivos (normalmente, un Smartphone), conociendo además la distancia a la que se encuentran. (Valley, 2014)

11. Marco Conceptual.

En esta sección se da significado a determinadas palabras o frases encontradas en este trabajo para una mejor comprensión del mismo, con una breve descripción y desde que punto de vista se abordará en nuestro proyecto.

- **Prototipo.**

Cuando hablamos de prototipos nos referimos a una primera versión de cierta figura u cosa y por lo tanto nos sirve de modelo para desarrollar posteriormente otras iguales. En concreto esta palabra proviene de dos componentes de la lengua griega: el prefijo “protos” que puede traducirse como “el primero” más el sustantivo “tipos”. que es sinónimo de “modelo” o “tipo”. (“Definición de Prototipo - Qué es y Concepto,” n.d.)

- **Aplicación móvil.**

las aplicaciones móviles son programas diseñados para ser ejecutados en teléfonos, tablets y otros dispositivos móviles, que permiten al usuario realizar actividades profesionales, acceder a servicios, mantenerse informado, entre otro universo de posibilidades. (“Definición y cómo funcionan las aplicaciones móviles,” n.d.). En este trabajo se tomará este concepto desde el ámbito que se desarrolló una aplicación móvil para teléfonos móvil con sistema operativo Android.

- **Localización.**

“En Geografía se llama localización absoluta, cuando se pretende ubicar con precisión un punto de la superficie terrestre” (“Concepto de localización - Definición en DeConceptos.com,” n.d.) en este caso se localizó a personas en el quinto piso del edificio del edificio L

- **Localización indoor.**

La localización indoor es un mecanismo que como su nombre lo indica nos permite dar con la posición de objetos y personas en entornos cerrados, como por ejemplo en la primera planta de un edificio o dentro de un centro comercial don la señal del tan conocido GPS no puede llegar.

12. Marco Tecnológico

10.1. Bluetooth de bajo consumo(BLE)

El estándar de comunicaciones inalámbricas denominado Bluetooth en su versión 4.0 ha sido desarrollado por Bluetooth Special Interest Group (en adelante SIG por sus siglas en inglés), el cual incluye al bluetooth clásico, bluetooth de alta velocidad y al bluetooth de bajo consumo (en adelante BLE por sus siglas en inglés), esta última como se indica es un subconjunto de bluetooth 4.0 y ha sido diseñado para transmitir poca información en tiempos de transmisión pequeños, debido a esto el consumo de energía es considerablemente muy bajo comparado con el bluetooth clásico. BLE no está desarrollado para mantener una conexión prolongada con otros dispositivos ni transmitir una gran cantidad de datos a alta velocidad, es por ello que está dirigido a aplicaciones de muy baja potencia, debido a esto el dispositivo BLE puede ser alimentado tan solo con una pila de botón. ((Implementación De Un Software De & Antonio Najarro Quispe Wiler George Neyra Medina Asesor Guillermo Leopoldo Kemper Vásquez, n.d.))

10.2. GPS

El sistema de posicionamiento global (GPS por sus siglas en inglés) cubre toda la superficie terrestre y brinda una precisión en promedio de 10 metros. Para realizar el cálculo de la posición deseada, el dispositivo a localizar deberá tener visible al menos tres satélites los cuales envían señales periódicas junto con una señal de tiempo. Estas señales son recibidas por el dispositivo GPS y de acuerdo al retraso entre el tiempo de emisión de la señal y el tiempo de recepción se logra calcular la distancia entre el punto a localizar con respecto a los 3 satélites. Una vez conocidas las distancias, el GPS utiliza el método de trilateración para determinar la posición deseada. Como se indica, el GPS necesita tener línea de vista con los satélites, por ello se dificulta usar esta tecnología para una localización en interiores. Para el posicionamiento en exteriores se logra un buen resultado teniendo en cuenta el área de la

superficie terrestre, ya que presenta una media de error de precisión de unos 5 ó 10 metros, sin embargo, para situaciones en el interior de edificios, esta media de error no sería de mucha ayuda ya que puede brindar una información errónea de la ubicación que se desea obtener. Entonces, teniendo en cuenta estas características, el uso del GPS no sería el más adecuado para el presente proyecto. ((Implementación De Un Software De & Antonio Najarro Quispe Wiler George Neyra Medina Asesor Guillermo Leopoldo Kemper Vásquez, n.d.))

10.3. ZIGBEE

Tecnología de redes inalámbricas de área personal (Nombrado ZIGBEE al conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica). Los sistemas basados en zigbee son útiles cuando no se dispone de ninguna infraestructura de red 802.11 ya desplegada debido al bajo costo de esta tecnología. Esto permite que una red con dispositivos zigbee sea más factible de implementar, esta red puede tener distintas topologías como “estrella”, “árbol”, “malla”, entre otros. Está diseñado para diversas aplicaciones cuyos requisitos de consumo y costo no son muy elevados. Frecuentemente es utilizado para aplicaciones de domótica, aunque también esta tecnología es aplicada a sistemas de localización, para lo cual se analiza a la potencia con la que un dispositivo emite las señales comparándola con la potencia recibida por los dispositivos receptores, con ello se puede determinar la distancia entre emisor y receptor. Teóricamente y en condiciones ideales se podrían alcanzar precisiones en promedio de 2,6 metros de error. En un escenario real el uso de esta tecnología puede brindar una precisión en promedio a 5 metros de error, lo que puede ser de ayuda en algunas aplicaciones que no requieren de una gran precisión al momento de realizar la localización. De acuerdo a lo indicado, un sistema zigbee requiere de implementación de hardware tanto para los dispositivos emisores como para los equipos receptores. Teniendo como referencia el presente proyecto a desarrollar, cabe indicar que esta tecnología no es compatible con smartphones, por lo que se requeriría desarrollar un nuevo equipo y brindarle a cada usuario. Adicionalmente se puede indicar que el dispositivo a desarrollar no brindaría una interacción

dinámica al usuario si se compara con lo que puede obtener si el equipo a usar fuera un Smartphone. ((Implementación De Un Software De & Antonio Najarro Quispe Wiler George Neyra Medina Asesor Guillermo Leopoldo Kemper Vásquez, n.d.))

10.4. RFID

Un sistema de identificación por radiofrecuencia (en adelante RFID por sus siglas en inglés) utiliza principalmente 2 dispositivos para la comunicación por radiofrecuencia los cuales son los lectores y las etiquetas (Tag). Al igual que otras tecnologías inalámbricas, la tecnología RFID también es utilizada en sistemas de localización. El lector RFID envía las señales de radio las cuales son recepcionadas por las tarjetas y estas a su vez brindan como respuesta señales con el identificador correspondiente (id) correspondiente a cada tag, cada una de estas identificaciones es única y la posición de las etiquetas debe ser conocida, con ello se puede determinar con exactitud de donde proviene la señal de respuesta reflejada. RFID es una tecnología relativamente barata por lo que es ampliamente utilizada para diversas aplicaciones, además por sus características puede brindar una gran precisión al momento de realizar los métodos de localización. Un sistema de localización en tiempo real (en adelante RTLS por sus siglas en inglés) puede utilizar RFID a través de Wi-Fi para rastrear la ubicación exacta y el movimiento de objetos o personas. Los puntos de acceso se comunican con las etiquetas RFID y otros dispositivos inalámbricos que utilizan la tecnología estándar 802.11. Todo el entorno se gestiona de manera integral y es monitoreado mediante un controlador RTLS. Al utilizar este sistema se busca utilizar una serie de etiquetas RFID para calcular de forma rápida y sencilla la posición deseada, teniendo en cuenta que la posición de las etiquetas es conocida, se puede proceder a generar un mapa del escenario. Un gran número de etiquetas RFID puede ayudar a transmitir datos simultáneamente a través de Wi-Fi no sólo para identificar y rastrear activos, sino también para crear mapas de búsqueda, informes y alertas basadas en eventos, todo ello en tiempo real. Si se desea utilizar esta tecnología para el presente proyecto se tendría que diseñar e implementar un nuevo equipo

que contenga por lo menos un lector RFID, ya que actualmente la gran mayoría de dispositivos móviles no es compatible con esta tecnología. Desarrollar este hardware adicional implicaría un considerable costo extra, además este equipo no brindaría una interacción dinámica al usuario si se compara con la que obtendría si usara un smartphone o una tablet, equipos con los cuales está más familiarizado y los cuales brindan audio de calidad, imágenes, videos entre otros. ((Implementación De Un Software De & Antonio Najarro Quispe Wiler George Neyra Medina Asesor Guillermo Leopoldo Kemper Vásquez, n.d.))

10.5. Estándar IEEE 802.11

El estándar IEEE 802.11 que especifica el funcionamiento de redes inalámbricas, frecuentemente llamado Wifi, sigue un modelo centralizado, esto quiere decir que la red consta de uno o varios puntos de acceso y varios clientes que están conectados a cada uno de estos puntos, los cuales emiten periódicamente una señal de identificación a los usuarios, con ello los dispositivos móviles pueden diferenciar a cada uno de los puntos de acceso y también medir la potencia que reciben de cada uno de ellos. Actualmente existen una gran cantidad de dispositivos con conectividad Wifi, lo que supone una clara facilidad de implementar sistemas de localización basados en esta tecnología ya que en la mayoría de escenarios hay una infraestructura de red wifi existente. Para aplicar los métodos de localización en interiores frecuentemente se utiliza el parámetro de potencia de recepción de la señal (en adelante RSSI por sus siglas en inglés). Tomando como referencia el proyecto actual que está orientado a la localización e identificación de piezas de arte en museos, la tecnología 802.11 no sería la más adecuada ya que la precisión que brinda complicaría la identificación y diferenciación, por ejemplo, de 2 piezas de arte separadas un metro y medio de distancia una de otra. Para lograr ello se tendría que usar un gran número de access point, lo cual supone un costo mucho mayor si se compara con el costo que implicaría si se

utiliza a la tecnología bluetooth. ((Implementación De Un Software De & Antonio Najarro Quispe Wiler George Neyra Medina Asesor Guillermo Leopoldo Kemper Vásquez, n.d.))

10.6. GITHUB

Es un servicio de publicación y uso compartido de código. En el corazón de GitHub está

Git, un proyecto de código abierto iniciado por el creador de Linux Linus Torvalds .

Matthew McCullough, entrenador de GitHub, explica que Git, como otros sistemas de

control de versiones, gestiona y almacena revisiones de proyectos. Aunque se usa

principalmente para el código, McCullough dice que Git podría usarse para administrar

cualquier otro tipo de archivo, como documentos de Word o proyectos de Final Cut. Piense

en ello como un sistema de archivo para cada borrador de un documento. (“What Exactly Is

GitHub Anyway? | TechCrunch,” Klint Finley)

Tecnología	Ventajas	Desventajas
Bluetooth de bajo consumo(BLE)	Suelen tener un rango de alcance apto para usarse en proyectos de localización indoor, ya que pueden ofrecer un rango de error pequeño en comparación a otras tecnologías como la geoespacial.	Al tener un alcance corto pueden llegar a tener interferencias con objetos que obstruyan el paso de la señal, como pueden ser claramente las paredes o divisiones dentro del recinto donde se encuentra ubicado el Beacon.
ZIGBEE	Bajo costo. No requiere de una infraestructura de red.	En un escenario real tiene un rango de error de 5m aproximadamente, por lo que para proyectos como este, en el que se requiere de gran precisión y el menor rango de

		error, no es apto para ser implementado
RFID	Cuando se utilizan sensores de corto alcance suelen ser muy económicos y si se implementan para funciones en específico que no requieren de largos alcances serían ideales, pero en nuestro caso, para lo que requerimos, no es viable.	Existen sensores RFID con un alcance de varios metros, pero en temas de costos suelen ser elevados.

Tabla 1 Comparativa de tecnologías.

Para el desarrollo del proyecto se optó por implementar tecnología Bluetooth de bajo consumo (BLE) que se trabajará con Beacons y por otro lado se trabajará con un repositorio en GITHUB para llevar a cabo una metodología de integración continua para ir trabajando en paralelo dentro del equipo de trabajo.

13. Marco Legal

En el proceso de ubicación de las personas dentro del recinto se debe utilizar el plano de planta de la universidad con el debido permiso y basándose en el decreto 0735 de 2013 que, entre sus funciones, regula el control de calidad de los bienes y servicios ofrecidos y prestados a la comunidad, así como la información que debe suministrarse al público. Cabe mencionar que la adquisición del plano solamente es con propósito de uso académico, es decir que solo se utilizara para mapear el sitio y guardarlo en la base de datos de IndoorAtlas para poder realizar las pruebas de software con la aplicación prototipo. También, bajo la luz de la Ley 1581 de 2012 que expidió el Régimen General de Protección de Datos, se tomará la ubicación del usuario con su permiso para ubicarlo dentro el mapa y se logre ingresar al plano de planta del recinto que estará ubicado en el mapa geográfico.

14. Diseño metodológico

Para lograr los objetivos, se trabajó primeramente en realizar un estudio en bases de datos como Google Academics, Scopus, IEEE, (Ecuación de búsqueda: (Aplicación or software) and (“Localización indoor” or “Localización en interiores” or “Indoor localization”) and (“Localización de objetos”). en donde se tuvo como periodo de búsqueda entre el 2015 y 2019, criterios de inclusión: Tesis, Investigaciones y Artículos, Criterios de inclusión: Post, Página web y Noticia y Palabras clave como: Localización indoor, Localización en interiores, Indoor localization, Aplicación móvil, software, localización de objetos y/o personas.) entre otras, para la recopilación de información suficiente acerca de las tecnologías que se pudieran aplicar en un proyecto de ubicación en interiores(indoor) y su correcta utilización.

Luego de haber recolectado la información suficiente, se procedió a desarrollar la aplicación en Android Studio (en lenguaje de programación Java) junto con la Api de IndoorAtlas y se implementaron algunas de las tecnologías que evidenciaron que se puedan incorporar en el proyecto de tal manera que se lograra una correcta y precisa localización en un recinto cerrado como lo son las instalaciones de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, para la cual se está desarrollando este prototipo de aplicación móvil.

Luego se procedió con el levantamiento del plano de las viviendas de los desarrolladores del prototipo para realizar las pruebas y posteriormente aplicarlo con el plano del 5to piso del edificio L de la universidad para incorporarlo en la aplicación, mapear el sitio y tener los puntos de referencia que se requieren para la localización.

A medida que transcurrió el desarrollo de la aplicación móvil, se realizaron commits² de cada parte trabajada para llevar el control de versiones y realizando a su vez un push³ cuando se

² Un “commit” es un comando que sube los cambios hechos en un ambiente de trabajo a una rama de trabajo dentro de un equipo remoto.

³ Un “push” es un comando que sube los commits al repositorio donde se esté trabajando

tenían los commits listos y así lograr una integración continua del desarrollo dentro del equipo de trabajo y se fueron realizando pruebas para ir haciendo un control de tareas para lograr cumplir con el tiempo pactado y también poder cumplir con los requerimientos especificados para la entrega de la aplicación. Así mismo se fueron revisando los estándares establecidos a medida que transcurría el desarrollo y al final se revisaron de manera general el cumplimiento de los mismos.

Se utilizó Scrum como metodología de desarrollo, ya que permitió planificar el proyecto en pequeños bloques, estos a manera de iteraciones que son llamados Sprints los cuales se pueden ir revisando y mejorando el anterior si es necesario. Esto permitió tener un ritmo de trabajo continuo, con cada uno de estos sprint se contará con una serie de entregables que permitió ir llevando un control del desarrollo del prototipo en el tiempo pactado.

Fase de la metodología	Justificación
Planificación	Después de la investigación de tecnologías y proyectos trabajados con ubicación Indoor se procedió a planificar las etapas del desarrollo, los roles de cada integrante y desarrollo de la documentación del proyecto.
Scrum diario	Diario se realizaron reuniones entre 15-25 minutos, dependiendo de los avances en que se estuviera trabajando y se centraban en las tareas ya terminadas, dificultades e inconvenientes obtenidos para lograr dar solución lo más pronto posible a futuros obstáculos.

Trabajo de desarrollo	Una vez planeado los objetivos del sprint, se llevaba a cabo cada elemento planeado y se fue presentando cada dificultad si se llegaba a presentar, de tal manera que los integrantes del equipo siempre estuvieron al tanto de lo que iba pasando durante el desarrollo de cada sprint.
Revisión del Sprint	Finalizado cada sprint se revisaba en que se estaba fallando y en qué aspectos había fortalezas. Se revisaba cómo estaba el desarrollo del prototipo con respecto la línea del tiempo planteada en un inicio para evitar contratiempos.
Retroalimentación	Cada vez que se daba por finalizado cada entrega o cada sprint se revisaba en que se estaba fallando para lograr mejorar en cada aspecto.

Tabla 2 Fases de la metodología

Como primer entregable se tiene un reporte con las tecnologías que podrían ser aplicadas en un proyecto de ubicación indoor (o ubicación en interiores) para posteriormente analizarlas y tomar la decisión de cual o cuales aplicar en este proyecto. Como segundo entregable se tiene un documento con los diagramas UML de la arquitectura del prototipo de aplicación móvil para tener claro y avanzar de manera ordenada en cada componente en el desarrollo. También, como requerimiento estará el levantamiento del plano del 5 piso del edificio L para subirlo a la base de datos de IndoorAtlas y posteriormente realizar la toma de huellas digitales. Después, trabajando con la metodología de desarrollo scrum, se irá trabajando en la programación y documentación correspondiente para lograr los objetivos propuestos

inicialmente. Finalmente, para probar que el prototipo cumple con las especificaciones planteadas, se llevará a cabo una serie de pruebas que se evidenciará en un documento el cumplimiento de cada ítem que se plantea para evaluar el prototipo.

15. Tipo de investigación y enfoque

Investigación exploratoria.

Se con este tipo de investigación lo que se busca es dar un panorama que permita “familiarizarse” con el tema de localización indoor puesto este tipo de tecnología no está actualmente en el mercado por diferentes razones y una de ella esta infraestructura que representa y el nivel de presión con la que debe contar, si tenemos en cuenta que un metro dentro en la localización indoor bastante significativo, con este trabajo de busca realizar un serie de pruebas y es por eso que se optó por realizar es un prototipo de aplicación para realizar un acercamiento a una posterior solución.

Enfoque.

Cualitativo, este trabajo se realizó con este enfoque, se busca que las personas tengan una mejor experiencia en el recorrido de la universidad. además, este diseño es bastante flexible, que se puede modificar una vez iniciada la investigación sin que perdamos la esencia.

Una de las técnicas que se utilizan de este enfoque es el de **teoría fundada** donde se llevó a cabo un análisis comparativo, así como rastreo de información. para su ejecución se estudiaron proyectos de grado de otras universidades, un proyecto adecuado para un museo del Perú para encontrar piezas importantes. Se pretendía realizar la técnica Cualitativa Fenomenológico ya que una de sus estrategias en la observación y la historia de algunos alumnos de la universidad que hubiera tenido problemas en sus iniciaciones para ubicarse en la UNAB, pero debido a la pandemia no se pudo realizar.

16. Población

La población a la cual se enfocó el desarrollo de este prototipo fue a los 352 estudiantes en promedio (tomando como base los datos del año 2018 en donde hubo 251 estudiantes de primer ingreso en el I semestre del 2018 y 101 en el II semestre del mismo año como se muestra en la tabla) aproximadamente que entran cada año de primer ingreso a estudiar carreras de ingeniería, pues son los que más ingresan al edificio L de la UNAB y utilizan las aulas del quinto piso.

FACULTAD/PROGRAMAS	I SEMESTRE 2018	II SEMESTRE 2018
PREGRADO PROFESIONAL MODALIDAD PRESENCIAL		
CIENCIAS ECONOMICAS, ADMINISTRATIVAS Y CONTABLES		
Administración de Empresas	77	67
Administración Turística y Hotelera	12	11
Negocios Internacionales	54	24
Contaduría Pública	33	19
Economía	26	15
CIENCIAS JURIDICAS Y POLITICAS		
Derecho	101	56
CIENCIAS DE LA SALUD		
Medicina	65	93
Enfermería	39	30
Psicología	41	25
INGENIERÍA		
Ingeniería Financiera	27	16
Ingeniería Industrial	31	14
Ingeniería de Mercados	9	8
Ingeniería Biomédica	75	34
Ingeniería Mecatrónica	58	15
Ingeniería en Energía	9	4
Ingeniería de Sistemas	42	10
CIENCIAS SOCIALES, HUMANIDADES Y ARTES		
Comunicación Social	63	43
Artes Audiovisuales	31	22
Licenciatura en Educación Infantil	25	19
Música	16	9
Gastronomía y Alta Cocina	45	26
Total estudiantes nuevo ingreso pregrado profesional presencial	879	560

Tabla 3 Ingreso de estudiantes en el 2018

Fuente: (Unab.2018) Sistema COSMOS. 2018

17. Variables

Variable dependiente: Número de personas que no logran ubicarse con facilidad dentro de un recinto.

Variable independiente: Ubicación de manera correcta a las personas dentro del recinto para saber dónde queda cada aula, laboratorio, auditorio, centros de atención, etc.

18. Hipótesis

Tanto personas o visitantes como alumnos nuevos de la universidad les cuesta ubicarse en la universidad sobre todo estos últimos son propensos a sentirse desorientados a tal punto de que en algunos casos ingresan a salones equivocados. Los visitantes o asistentes a eventos en la universidad no encuentran con facilidad los auditorios y demás lugares como facultades, auditorios, etc. Todo esto puede ser provocado por infraestructura confusa debido a que la UNAB está ubicada en un terreno irregular con grado de inclinación lo que implica que tenga senderos y pasadizos además de que las indicaciones poco claras. La mayoría de los universitarios nuevos les teme a las llamadas “primiparadas” lo que les hace tener pena por preguntar cómo llegar a su destino; los estudiantes por temor a que los demás estudiantes los identifiquen como “primíparos” prefieren en la mayoría de los casos tratar de llegar solos y buscar el lugar sin pedir muchas indicaciones. Los visitantes que llegan a la institución piden orientación y estas muchas veces no son lo más precisas y claras, esto conlleva a que no sea un recorrido más fluido y ameno por las instalaciones.

19. Ingeniería del proyecto.

17.1. Diseño del prototipo

Después de realizar el diagnóstico del problema, referente a la ubicación de persona o estudiantes, se procedió a dar como solución el diseño de un prototipo de aplicación móvil en la que se puede ver su ubicación en el plano y trazar una ruta, esto con el objetivo de mejorar la experiencia de navegación de personas nuevas en las instalaciones.

Para llevar a cabo este proceso se tuvieron en cuenta de los siguientes aspectos:

Hardware: se utilizaron dos dispositivos con las 3.8 gb de RAM, 64 gb de almacenamiento de la marca Xiaomi y otro de la marca Huawei y9 2019 con 4 gb de RAM, 64 de almacenamiento; cada uno con un procesador a 2.2 GHz. Estos son los móviles que gama media que en la actualidad son muy utilizado. Así mismos contaban con todos los sensores integrados entre los más importantes el magnetómetro y el giroscopio.

Software: La app se desarrolló para el sistema operativo Android a partir de su versión 5.0 en el entorno desarrollo Android Studio.

Los beacons que se utilizaron fueron simulado con ayuda de la app Beacon Simulator desarrollada por Vicent Hiribarren y que se encuentra de forma gratuita en la PlayStore para su descarga.

17.2. Desarrollo

El proceso de desarrollo de la aplicación inicio con la creación de credenciales en IndoorAtlas. Así como el diseño interactivo en la aplicación web Figma.com en ella se elaboraron cada una de las pantallas o interfaces presentes en el sistema.

Luego se precedió con los siguientes pasos para el desarrollo e implementación del prototipo:

Cargar el plano en IndoorAtlas: Los planos provenientes diseñados con las dimensiones correctas se cargaron la página web de IndoorAtlas, y cumpliendo con los requerimientos tanto de en escala como su posición y localización en el mapa de google.

En las siguientes imágenes se muestran los pasos.

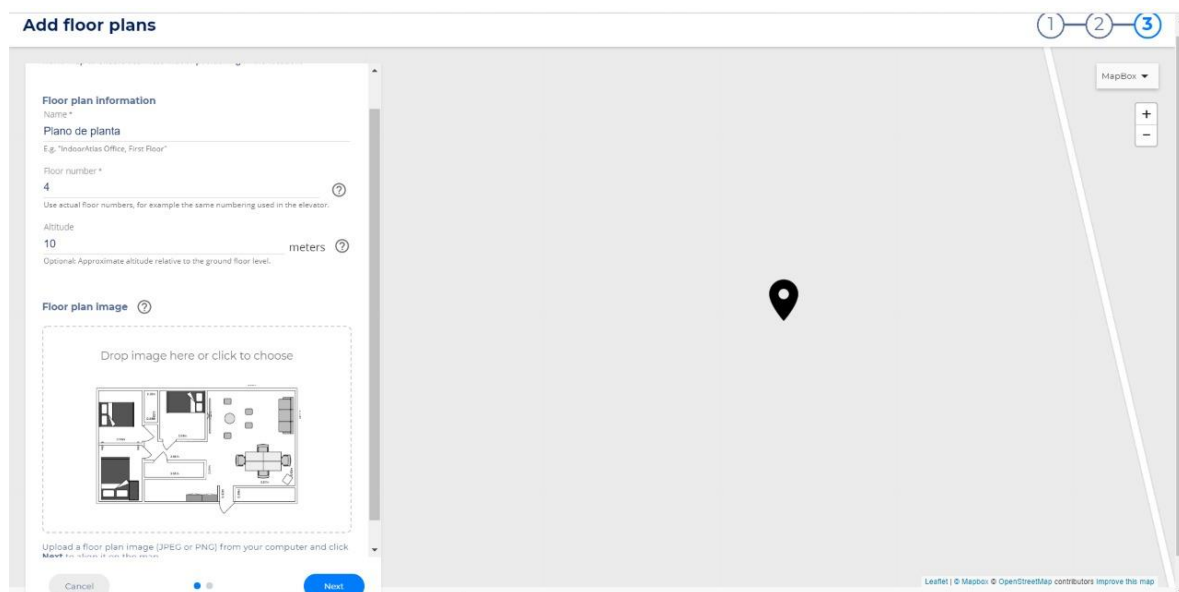


Ilustración 7 Se añade el plano de planta.

Aquí se ingresa el plano de planta y se especifica el nombre, el piso o nivel en que se encuentra y la altura.

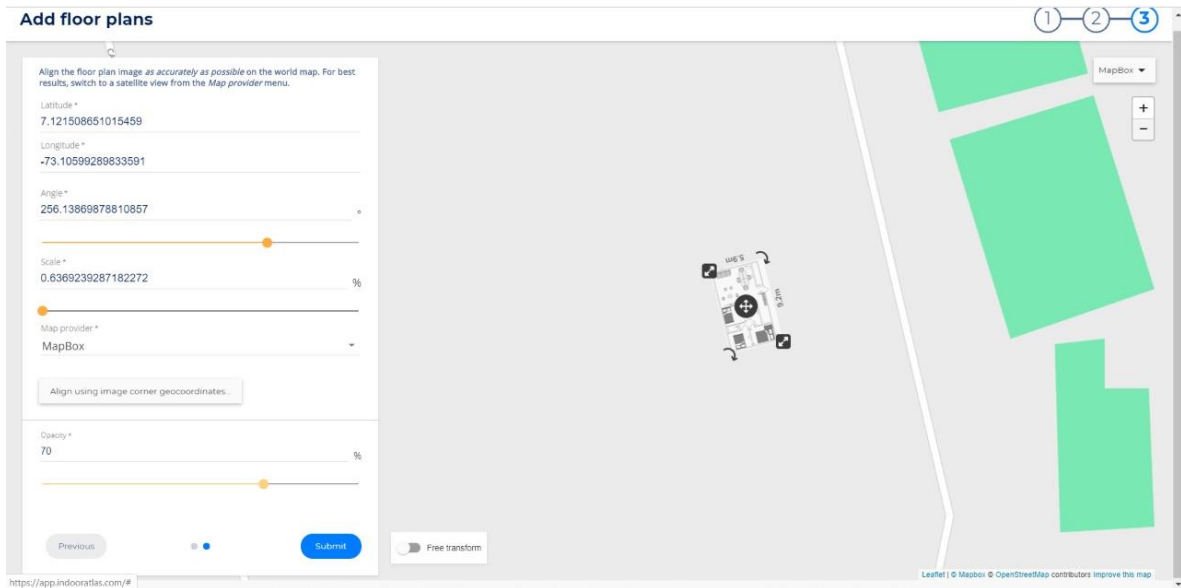


Ilustración 8 Se ajusta el plano.

Aquí es donde se ingresan los datos de latitud y longitud para ubicar el plano dentro del mapa geográfico de google y posteriormente se ajusta el plano de planta a un tamaño lo más aproximado posible (la herramienta cuenta con ayudas en cuanto al ajuste como, por ejemplo, muestra las dimensiones en metros del plano cuando se esta ajustando).

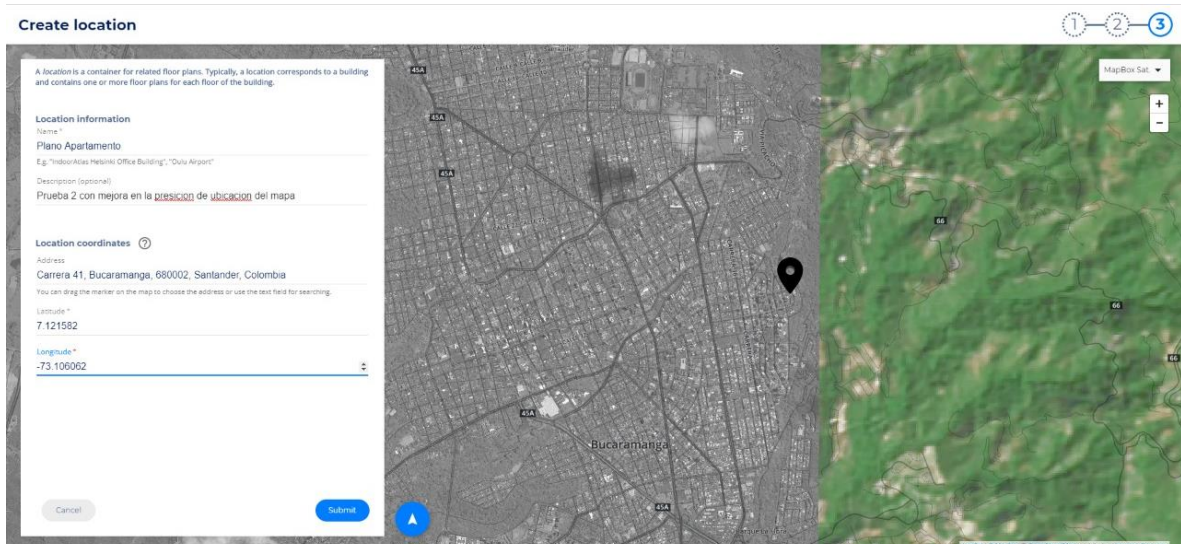


Ilustración 9 Dirección y ubicación del plano.

Aquí se ingresa la dirección exacta del sitio donde se encuentra localizado el recinto al cual se le realizó el levantamiento del plano, se le agrega una breve descripción y se confirman los datos de latitud y longitud, los cuales se pueden también modificar

desde este paso para dar mayor precisión a la ubicación del plano. Se sube y este queda guardado en la base de datos de IndoorAtlas para proceder con el mapeo en la aplicación MapCreator 2.

Mapeo: Para levantar las huellas digitales del plano se utilizó la herramienta MapCreator 2 que ofrece IndoorAtlas para facilitar el trabajo, y que hace uso de los sensores del móvil principalmente del magnetómetro, giroscopio y acelerómetro.

Nota: Este proceso es recomendable realizarlo con un dispositivo móvil que cuente con la versión de Android inferior a 9 o que cuente con Android 10, esto debido a que la versión 9 tiene limitaciones como se manifiesta en la documentación de apoyo de IndoorAtlas (Mikkoo.2019) portal razón no es recomendable.

Los pasos para el mapeo se especifican a continuación:

Paso 1: Calibrar los sensores, tanto el giroscopio como el magnetómetro.

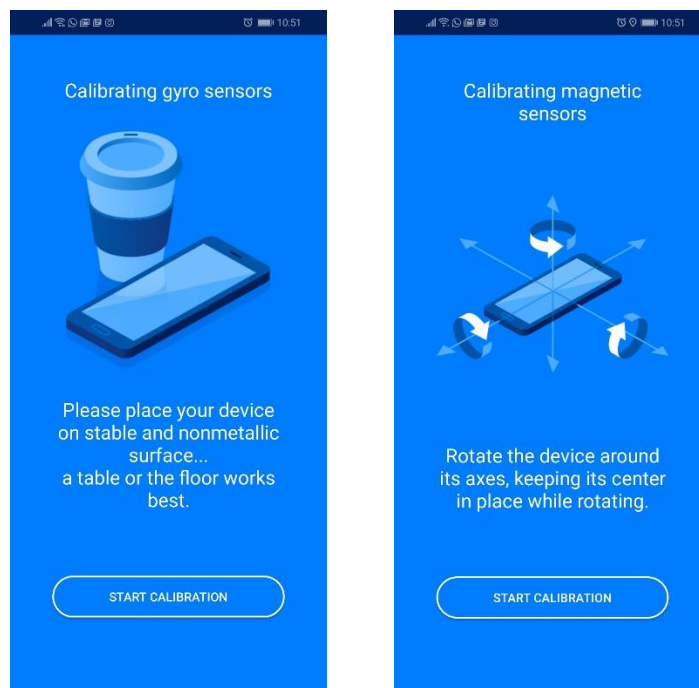


Ilustración 10 Capturas de pantalla al calibrar los sensores. (Tomadas de la aplicación MapCreator 2)

Paso 2: Marcar puntos de referencia en el plano por donde puede transitar dentro del recinto.

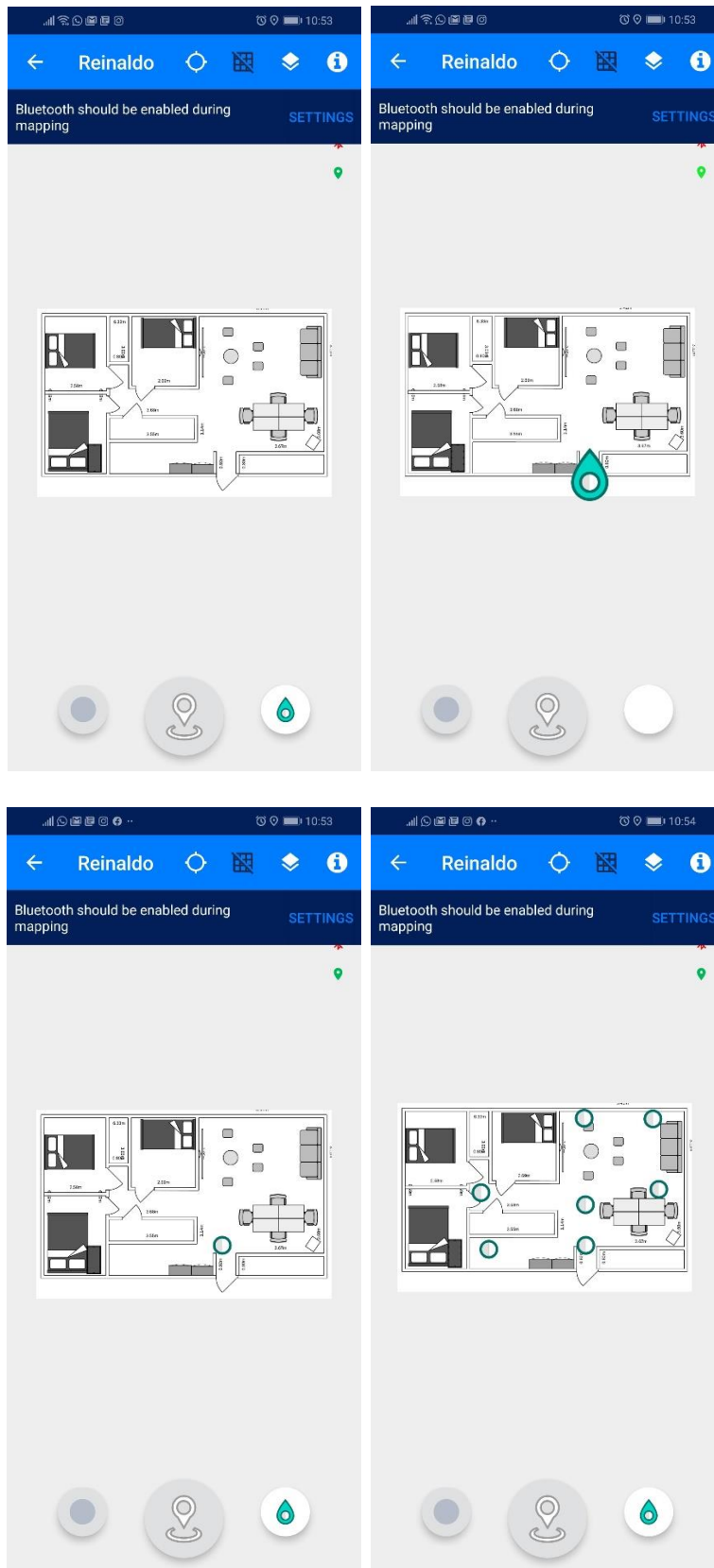


Ilustración 11 Capturas de Pantalla de Marcacion de Puntos de Referencia en el Plano (Tomadas de la aplicación MapCreator 2)

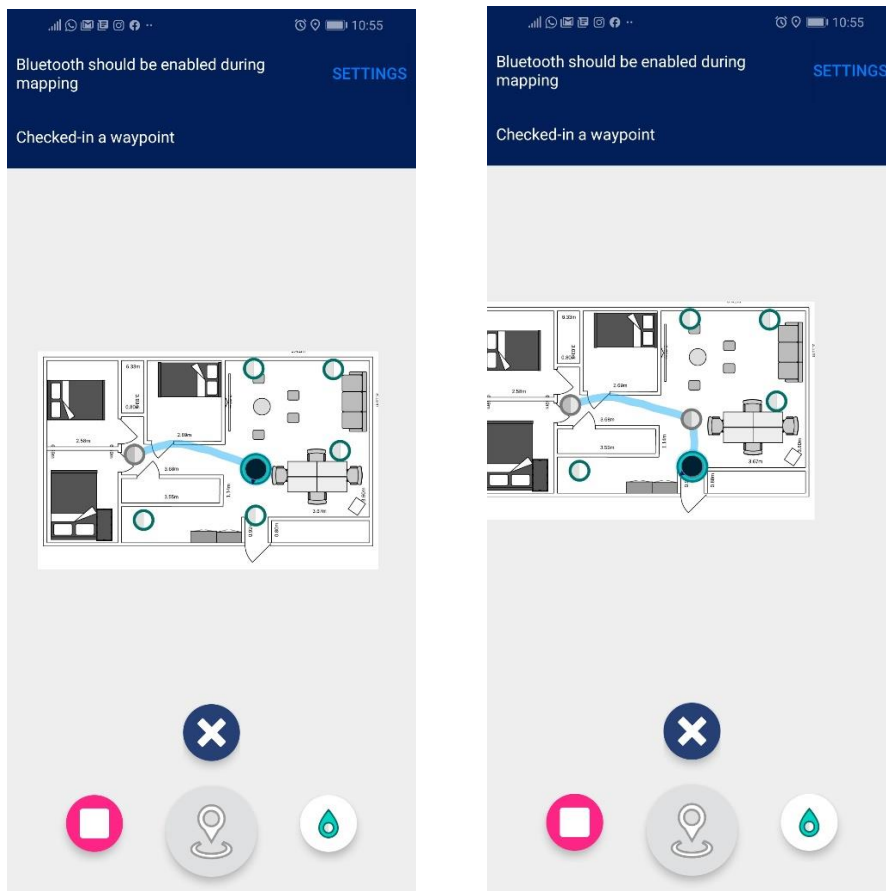
Paso 3: Tomar las huellas digitales.

Ilustración 12 Capturas de pantalla al realizar la toma de huellas digitales. (Tomadas de la aplicación MapCreator 2)

Paso 4: Se guarda el mapeo.

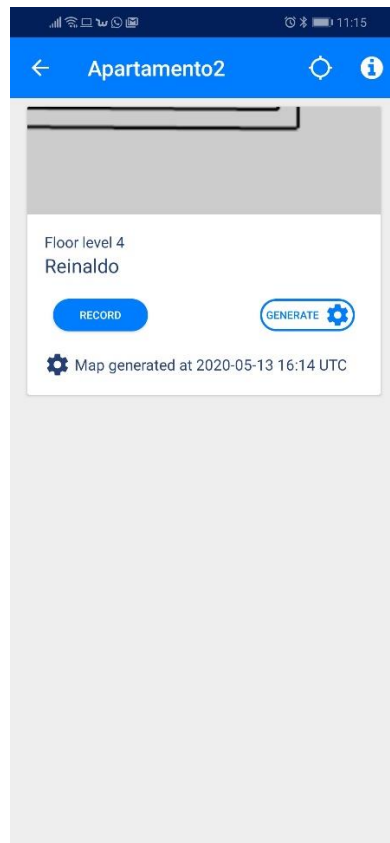


Ilustración 13 Captura de pantalla al registrar el mapeo. (Tomadas de la aplicación MapCreator 2)

Creación de las PublicKey y la PrivateKey:

Luego del mapeo, se procedió a crear las llaves que se usaron para referenciarlas en el prototipo que se desarrolló, esto con el propósito de que se cargara el mapeo que se realizó en el recinto para que la aplicación la tomara y pudiera reconocer las huellas digitales tomadas.

Primeramente se ingresa en el apartado de My apps en el dashboard de IndoorAtlas (<https://app.indooratlas.com/dashboard>), se crea una app y luego se procede a crear las llaves como se muestra a continuación:

My apps + Create new application 1 2 3

UNAB-INDOOR
Aplicación móvil para la ubicación dentro de la Universidad Autónoma de Bucaramanga

Casa Saul Indoor
Plano de planta casa Saul

Development resources

Android SDK
IndoorAtlas SDK offers a familiar, Location Services -like API for any native Android application for use indoors.

iOS SDK
IndoorAtlas SDK offers a familiar, Core Location Framework -like API for any native iOS application for use indoors.

Core features
IndoorAtlas SDK and cloud services enable your iOS and Android apps to acquire accurate end user position inside buildings and underground. No hardware installations or maintenance required, IndoorAtlas is powered entirely by software and the sensors of common smartphones.

Mobile app links
To create a link to the IndoorAtlas Positioning App, choose an application from the list and follow the instructions on the application page.

Ilustración 14 Creación de la app.

UNABINDOOR + Crear nueva aplicación 1 2 3

UNABINDOOR

Enlace de aplicación móvil
El enlace móvil es una manera fácil de abrir la aplicación de posicionamiento IndoorAtlas con credenciales predefinidas. IndoorAtlas Positioning App es una aplicación desarrollada para iOS que proporciona una forma simplificada de probar el posicionamiento en interiores con soporte para enlaces móviles. Puede generar un enlace móvil para esta aplicación haciendo clic en el siguiente botón.

[Download on the App Store](#)

Crear enlace de aplicación móvil

Claves API Añadir nueva clave Api

ClaveAPI

ID de clave de API
6f88a27-0b90-4ab0-95c6-4d2f034243dc

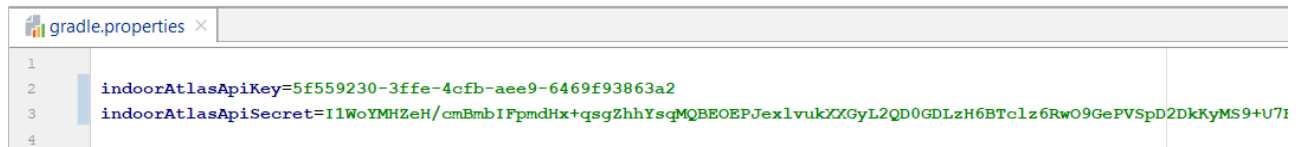
Alcances
SDK: paquetes permitidos: todos
API de posicionamiento

Almacenar datos de sesión
si

Secreto clave de API [Show](#)

Ilustración 15 Creación de las llaves.

Estas llaves se incluyen en el código en el `gradle.properties` en los apartados `indoorAtlasApiKey` y `indoorAtlasApiSecret`.



```

1
2 indoorAtlasApiKey=5f559230-3ffe-4cfb-ae9-6469f93863a2
3 indoorAtlasApiSecret=I1WoYMHZeH/cmBmbIFpmdHx+qsgZhhYsqMQBEOEPJexlvukXXCyL2QD0GDLzH6BTc1z6RwO9GePVSpD2DkKyMS9+U7I
4

```

Ilustración 16 `indoorAtlasApiKey` y `indoorAtlasApiSecret`.

En cuanto al prototipo, para lograr la ubicación del usuario y recibir los cambios de posición se utilizaron clases y métodos que ofrece IndoorAtlas, que utilizan las señales de Wifi y Bluetooth para tomar los datos necesarios que logran la ubicación del usuario, la entre los cuales se resaltan:

IALocation: Un objeto de datos que representa una ubicación geográfica.

IALocationManager: Esta clase proporciona acceso a los servicios de ubicación de IndoorAtlas. Los métodos de esta clase deben llamarse solo desde el hilo principal de la aplicación.

IALocationListener: Se utiliza para recibir ubicaciones desde *IALocationManager* cuando la ubicación ha cambiado.

IALocationRequest: Proporciona atributos de calidad de servicio a *IALocationManager*. Todos los valores son opcionales, para usar los valores predeterminados pasados *IALocationRequest* devueltos desde *create()* de manera similar a la API *LocationRequest* de Android, *IALocationRequest* se puede usar para establecer *fastest interval* cuál controla la frecuencia de las ubicaciones recibidas en el tiempo. *Smallest displacement* se puede usar para controlar la frecuencia con respecto al desplazamiento o cambio en las coordenadas. Si ambos *fastest interval* y *smallest displacement* se usan juntos, ambas condiciones se verifican antes de que la ubicación se envíe a la aplicación.

Priority de *IALocationRequest* controla el modo de posicionamiento y también emula la API *LocationRequest* de Android. Podemos solicitar *low power* posiciones que permitan un uso eficiente en el fondo de bajo costo del posicionamiento de IndoorAtlas, o podemos solicitar *high accuracy* actualizaciones cuando el usuario necesita ubicaciones muy precisas.

IAOrientationRequest: Clase utilizada para especificar la sensibilidad al solicitar cambios de rumbo y orientación.

IAOrientationListener: Esta clase se utiliza para recibir encabezados y actualizaciones de orientación de *IALocationManager*.

Importaciones de clases y métodos.

```

package com.indooratlas.android.sdk.examples.wayfinding;

import android.graphics.Bitmap;
import android.graphics.drawable.Drawable;
import android.os.Bundle;
import android.support.design.widget.Snackbar;
import android.support.v4.app.FragmentActivity;
import android.util.Log;
import android.view.View;

import com.google.android.gms.maps.CameraUpdateFactory;
import com.google.android.gms.maps.GoogleMap;
import com.google.android.gms.maps.OnMapReadyCallback;
import com.google.android.gms.maps.SupportMapFragment;
import com.google.android.gms.maps.model.BitmapDescriptor;
import com.google.android.gms.maps.model.BitmapDescriptorFactory;
import com.google.android.gms.maps.model.Circle;
import com.google.android.gms.maps.model.CircleOptions;
import com.google.android.gms.maps.model.GroundOverlay;
import com.google.android.gms.maps.model.GroundOverlayOptions;
import com.google.android.gms.maps.model.LatLng;
import com.google.android.gms.maps.model.Marker;
import com.google.android.gms.maps.model.MarkerOptions;
import com.google.android.gms.maps.model.Polyline;
import com.google.android.gms.maps.model.PolylineOptions;
import com.indooratlas.android.sdk.IALocation;
import com.indooratlas.android.sdk.IALocationListener;
import com.indooratlas.android.sdk.IALocationManager;
import com.indooratlas.android.sdk.IALocationRequest;
import com.indooratlas.android.sdk.IAOrientationListener;
import com.indooratlas.android.sdk.IAOrientationRequest;
import com.indooratlas.android.sdk.IAPOI;
import com.indooratlas.android.sdk.IARegion;
import com.indooratlas.android.sdk.IARoute;
import com.indooratlas.android.sdk.IAWayfindingListener;
import com.indooratlas.android.sdk.IAWayfindingRequest;
import com.indooratlas.android.sdk.examples.R;
import com.indooratlas.android.sdk.examples.SdkExample;
import com.indooratlas.android.sdk.resources.IAFloorPlan;
import com.indooratlas.android.sdk.resources.IALatLng;
import com.indooratlas.android.sdk.resources.IALocationListenerSupport;
import com.indooratlas.android.sdk.resources.IAVenue;
import com.squareup.picasso.Picasso;
import com.squareup.picasso.RequestCreator;
import com.squareup.picasso.Target;

import java.util.ArrayList;
import java.util.List;

```

Ilustración 17 Importaciones de Clases y Métodos. (Fuente: Autoría propia)

Como se puede ver en las importaciones, también se incluyeron varias clases para poder incorporar los mapas de Google y lograr ubicar mejor el plano de planta dentro del mapa geográfico. IndoorAtlas trabaja muy de la mano con los mapas de Google para estos aspectos, incluso para la parte del mapeo, que inicialmente cuando se fija el plano de planta en el mapa, realmente estamos utilizando un mapa de Google. Debido a esto, para no tener inconvenientes, se optó por incluir esta librería que ofrece Google para el manejo y utilización de los mapas.

Para la parte gráfica, que en este caso la podemos encontrar en el layout *activity_maps*, se utilizó un fragment en el cual se muestra el mapa con todos los componentes, y este layout luce así:

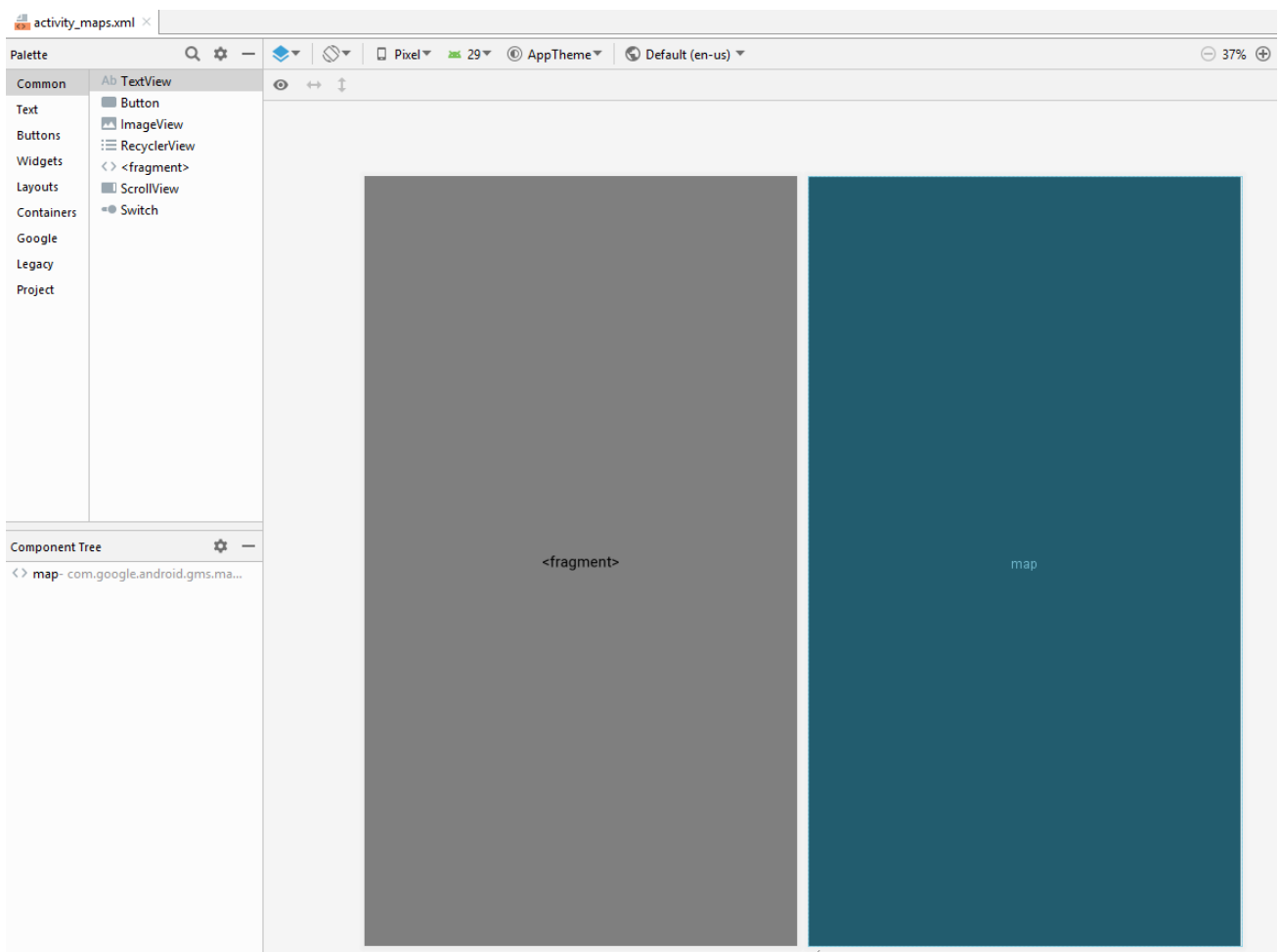


Ilustración 18 Layout *activity_maps*

En la siguiente imagen, se encuentra el código .xml del layout:

```
<fragment xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent"
    android:id="@+id/map"
    android:name="com.google.android.gms.maps.SupportMapFragment"/>
```

Ilustración 19 Código del Activity. (Fuente: Autoría propia)

En cuanto a la parte lógica, vemos puntos importantes como:

- Mover la posición del marcador a la ubicación recibida.

```
private void showLocationCircle(LatLng center, double accuracyRadius) {
    if (mCircle == null) {
        // la ubicación se puede recibir antes de que se inicialice el mapa, ignorando esas actualizaciones
        if (mMap != null) {
            mCircle = mMap.addCircle(new CircleOptions()
                .center(center)
                .radius(accuracyRadius)
                .fillColor(0x201681FB)
                .strokeColor(0x500A78DD)
                .zIndex(1.0f)
                .visible(true)
                .strokeWidth(5.0f));
            mHeadingMarker = mMap.addMarker(new MarkerOptions()
                .position(center)
                .icon(BitmapDescriptorFactory.fromResource(R.drawable.logo))
                .anchor( u: 0.5f, v: 0.5f)
                .flat(true));
        }
    } else {
        // mueve la posición de los marcadores existentes a la ubicación recibida
        mCircle.setCenter(center);
        mHeadingMarker.setPosition(center);
        mCircle.setRadius(accuracyRadius);
    }
}
```

Ilustración 20 Método Para Mover la Posición del Marcador. (Fuente: Autoría propia)

- Recibir actualizaciones de ubicación y monitorea los cambios de región


```

@Override
protected void onResume() {
    super.onResume();

    // comienza a recibir actualizaciones de ubicacion y monitorea los cambios de region
    mIaLocationManager.requestLocationUpdates(IAaLocationRequest.create(), mListener);
    mIaLocationManager.registerRegionListener(mRegionListener);
    mIaLocationManager.registerOrientationListener(
        // actualiza si el rumbo cambia 1 grado o mas
        new IAaOrientationRequest( heading: 1, orientation: 0),
        mOrientationListener);

    if (mWayfindingDestination != null) {
        mIaLocationManager.requestWayfindingUpdates(mWayfindingDestination, mWayfindingListener);
    }
}

@Override
protected void onPause() {
    super.onPause();
    // Aquí se anula el registro de cambios de ubicacion y region
    mIaLocationManager.removeLocationUpdates(mListener);
    mIaLocationManager.unregisterRegionListener(mRegionListener);
    mIaLocationManager.unregisterOrientationListener(mOrientationListener);

    if (mWayfindingDestination != null) {
        mIaLocationManager.removeWayfindingUpdates();
    }
}

```

Ilustración 21 Método Para Recibir Actualizaciones de Ubicación y Monitoreo de cambios de región. (Fuente: Autoría propia)

- Descargar el plano de planta con la biblioteca Picasso

```

private void fetchFloorPlanBitmap(final IAFloorPlan floorPlan) {
    if (floorPlan == null) {
        Log.e(TAG, msg: "null floor plan in fetchFloorPlanBitmap");
        return;
    }

    final String url = floorPlan.getUrl();
    Log.d(TAG, msg: "loading floor plan bitmap from "+url);

    mLoadTarget = new Target() {

        @Override
        public void onBitmapLoaded(Bitmap bitmap, Picasso.LoadedFrom from) {
            Log.d(TAG, msg: "onBitmap loaded with dimensions: " + bitmap.getWidth() + "x"
                + bitmap.getHeight());
            if (mOverlayFloorPlan != null && floorPlan.getId().equals(mOverlayFloorPlan.getId())) {
                Log.d(TAG, msg: "showing overlay");
                setupGroundOverlay(floorPlan, bitmap);
            }
        }

        @Override
        public void onPrepareLoad(Drawable placeHolderDrawable) {
            // N/A
        }

        @Override
        public void onBitmapFailed(Drawable placeHolderDrawable) {
            showInfo( text: "Failed to load bitmap");
            mOverlayFloorPlan = null;
        }
    };

    RequestCreator request = Picasso.with(this).load(url);

    final int bitmapWidth = floorPlan.getBitmapWidth();
    final int bitmapHeight = floorPlan.getBitmapHeight();

    if (bitmapHeight > MAX_DIMENSION) {
        request.resize( targetWidth: 0, MAX_DIMENSION);
    } else if (bitmapWidth > MAX_DIMENSION) {
        request.resize(MAX_DIMENSION, targetHeight: 0);
    }

    request.into(mLoadTarget);
}

```

Ilustración 22 Código Para Descargar el Plano de Planta con la Biblioteca Picasso. (Fuente: Autoría propia)

- Visualizar la ruta IndoorAtlas Wayfinding en la parte superior de Google Maps.

```

private void updateRouteVisualization() {

    clearRouteVisualization();

    if (mCurrentRoute == null) {
        return;
    }

    for (IARoute.Leg leg : mCurrentRoute.getLegs()) {

        if (leg.getEdgeIndex() == null) {

            continue;
        }

        PolylineOptions opt = new PolylineOptions();
        opt.add(new LatLng(leg.getBegin().getLatitude(), leg.getBegin().getLongitude()));
        opt.add(new LatLng(leg.getEnd().getLatitude(), leg.getEnd().getLongitude()));

        // Aquí se visualiza la ruta de orientación en un piso diferente al de la ubicación actual en
        // un color semitransparente
        if (leg.getBegin().getFloor() == mFloor && leg.getEnd().getFloor() == mFloor) {
            opt.color(0xFF0000FF);
        } else {
            opt.color(0x300000FF);
        }

        mPolyLines.add(mMap.addPolyline(opt));
    }
}

```

Ilustración 23 Código para Visualizar la Ruta IndoorAtlas Wayfinding en la Parte Superior de Google Maps.
(Fuente: Autoría propia)



unab indoor

desarrollado por
Reinaldo Garcia
Saul Hernandez





Ilustración 24 Capturas de la aplicación móvil prototipo

17.3. Implementación

En el desarrollo del proyecto se establece la interfaz de la aplicación móvil prototipo para la ubicación de personas dentro del plano de planta del recinto, en el cual, durante el análisis de la herramienta se estableció que la aplicación cuenta con las siguientes características:

- Ubica el plano de planta del recinto en el mapa geográfico de Google.
- Obtiene el posicionamiento del usuario dentro del plano de planta que se realizó para las pruebas.
- Traza una ruta hacia el destino donde el usuario le indique dentro del plano de planta.

17.4. Pruebas

Las pruebas realizadas sobre el prototipo consistieron en evaluaciones periódicas, en las cuales se fue evaluando su funcionamiento, adaptabilidad y precisión. En estas pruebas se trató de buscar de manera rápida fallos en el sistema, detectar tempranamente fallos en el ciclo de desarrollo y optimizar el código.

Al mirar el funcionamiento se tuvo en cuenta que, a la hora de mapear, como se ve en la Ilustración 12 había que mantener una velocidad moderada para poder tomar las huellas digitales de manera correcta y no presentara errores a la hora de implementar el mapeo en la aplicación prototipo.

Para la adaptabilidad se comprobó que la aplicación prototipo puede tener tiempos de demora muy prolongados si se está usando una red de Wifi con muchos dispositivos conectados y esta no está hecha para soportar tantos al mismo tiempo. Además, después de la toma de huellas digitales, la aplicación MapCreator nos muestra la cobertura del WiFi como lo vemos

en la Ilustración 25 y la Ilustración 26, en la cual se puede notar la gran variedad en cuanto a la cobertura del WiFi en ambos casos.

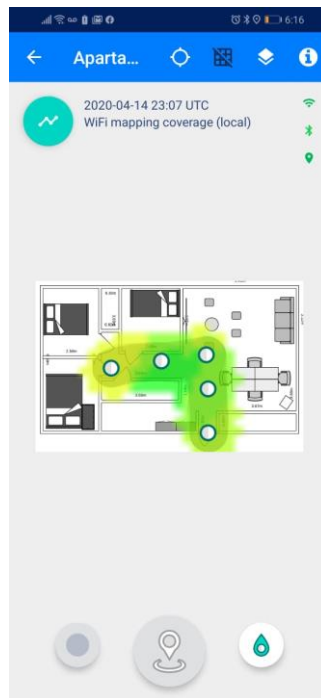


Ilustración 25 Cobertura de WiFi con solo 2 Dispositivos Conectados.

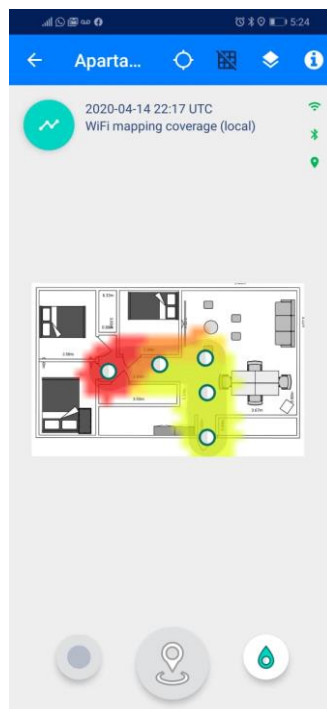


Ilustración 26 Cobertura de WiFi con 6 Dispositivos Conectados

En cuanto a la precisión, la aplicación prototipo mostró que el posicionamiento del usuario presenta un rango de error aproximado de 2 metros en recintos muy pequeños, como se puede notar en la Ilustración 24 el círculo formado alrededor del icono de ubicación es el rango de error que puede llegar a presentar. Las pruebas se realizaron en un apartamento en el cual sus dimensiones eran pequeñas, lo cual hacía que el posicionamiento no funcionara de manera correcta. Si se llegara a implementar en un espacio un poco más amplio se puede llegar a presentar un posicionamiento más acertado.

17.5. Definición de los casos de usos

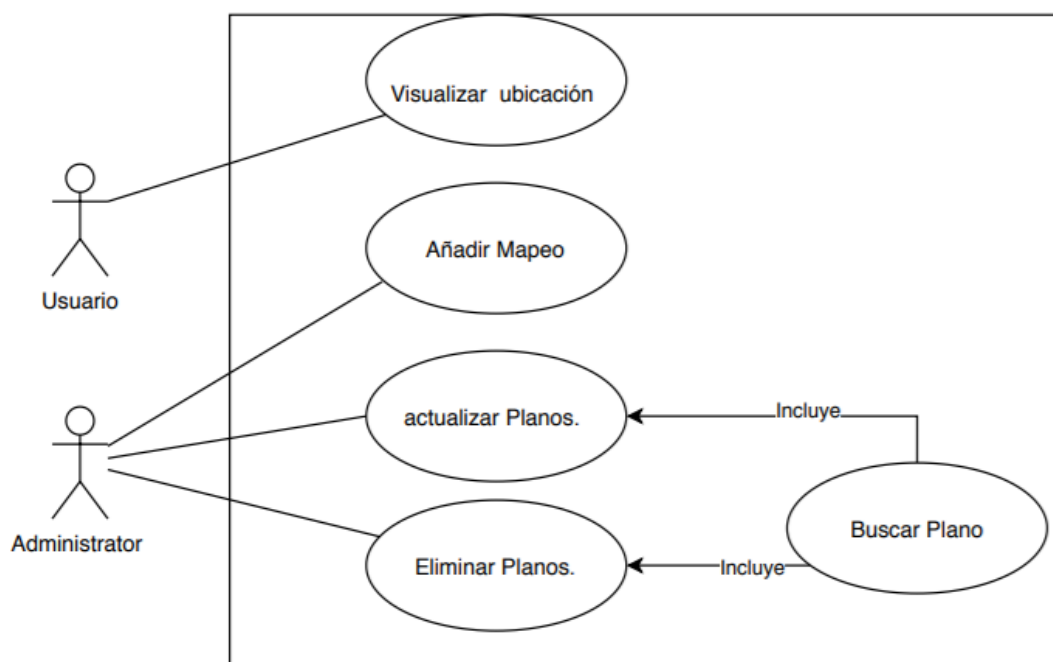


Ilustración 27 Casos de uso

No.	Casos de Uso.	Incluye.	Actores.
1	Visualizar ubicación.		Usuario.
2	Mapeo.		Administrador.

3	Actualizar planos .	5	Administrador.
4	Eliminar planos.	5	Administrador.
5	Buscar plano		Administrador.

Tabla 4 Definición de casos de uso

17.6. Descripción de los casos de uso

A continuación, se infieren los conceptos principales pertinentes a cada caso de uso presentes en el sistema y su correspondiente flujo base respaldado por una representación visual de UML.

Añadir mapeo.

Este caso de uso permite por medio de la Api de IndoorAtlas cargar un plano y hacer la respectiva huella digital o mapeo, para ello se marca una serie de puntos en el plano que luego hay que pasar por cada uno de ellos con el teléfono móvil.

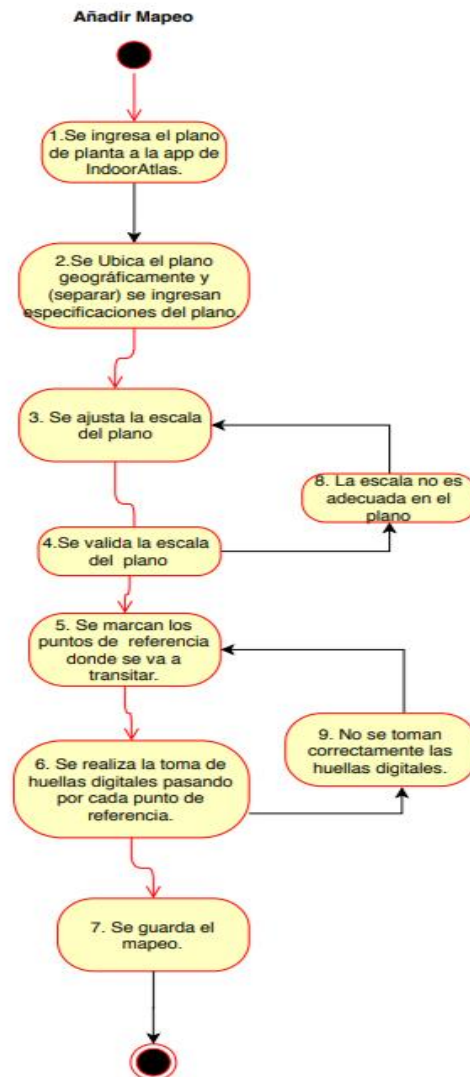


Ilustración 28 Añadir mapeo

Visualizar ubicación.

En este caso de uso se encuentra asociado como es la interacción del usuario con la aplicación y la visualización de su ubicación en el plano la cual estará marcada por un punto.

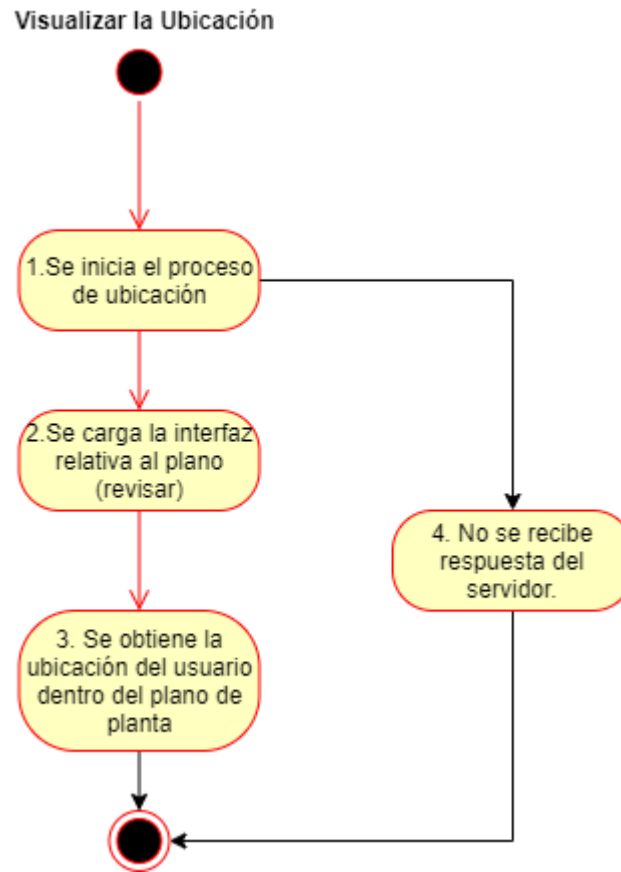


Ilustración 29 Visualizar ubicación

Eliminar plano.

Este caso de uso se realiza el proceso para eliminar un plano, lo primero que se hace es ingresar a la Api de IndoorAtlas, se busca que plano quiero dar de baja.

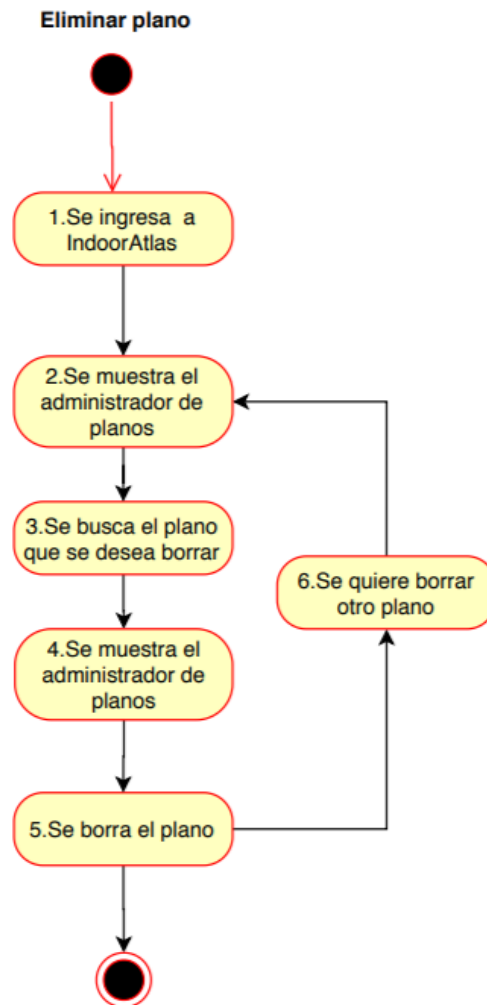


Ilustración 30 Eliminar plano

Actualizar plano.

En este caso de uso es para realizar el proceso de actualizar algún plano que haya tenido alguna modificación como por ejemplo una pared que antes no estaba o que por el contrario haya una pared nueva, en este caso hay que actualizar.

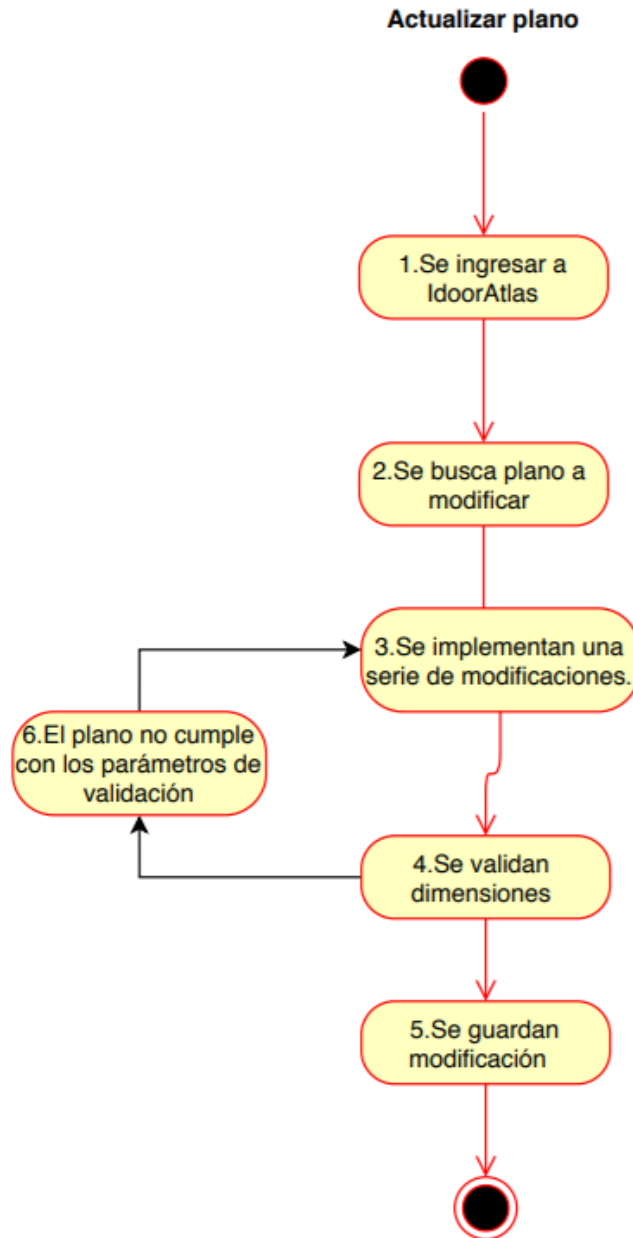


Ilustración 31 Actualizar plano

20. Análisis de resultados

Al realizar un examen de toda la parte investigativa y en cuanto al desarrollo, se muestra un cumplimiento de los objetivos planteados y justificados en la documentación.

Se logró identificar las tecnologías para llevar a cabo la aplicación móvil prototipo y se implementaron las más adecuadas para lograr una mejor ubicación dentro del recinto. Dentro de las tecnologías encontradas se optó por implementar un híbrido entre Wifi y Bluetooth de bajo consumo (Beacon), además de que la Api de IndoorAtlas facilita herramientas como lo son las clases IALocation que manejan la parte del posicionamiento y utiliza estas dos tecnologías para tomar los datos necesarios y realizar una buena ubicación.

Los diagramas UML desarrollados lograron dar una perspectiva más clara de lo que se quería desarrollar y de cómo implementarlo. Al mirar los diagramas de flujos planteados se pudo representar todas las etapas de cada proceso del desarrollo del prototipo.

Se logró implementar las tecnologías WiFi y Bluetooth junto con los sensores acelerómetro, magnetómetro y giroscopio para lograr mapear y desarrollar el prototipo en cuestión. La aplicación prototipo ubica el plano de planta en el mapa de Google según se haya integrado en el proceso de mapeo. Una vez se ingresa a la aplicación, logra posicionar al usuario dentro del plano de planta con un pequeño rango de error de aproximadamente 2 metros y también muestra el punto de destino y traza la ruta desde el punto donde se encuentra el usuario hasta el destino final.

Finalmente, con las pruebas realizadas a la aplicación prototipo, se pudo observar que el funcionamiento cumple con las características planteadas inicialmente para el desarrollo de un prototipo de aplicación móvil para la localización indoor, a su vez, en la práctica, se

evidencia que la precisión en cuanto a la ubicación del usuario es aceptable para el propósito que se requiere.

21. Conclusiones

La investigación realizada determina que para una correcta ubicación en interiores se requiere una mejor cobertura y con mayor intensidad de la tecnología wifi que se utilizó aparte de la bluetooth de bajo consumo también llamada balizas o beacons, esta última al ser dedicada no sufre demasiadas perturbaciones, como la ya mencionada wifi que puede variar su intensidad cuando se está realizando levantamiento del al huella digital o mapeo, pero a la hora de la ubicación, cuando hay más dispositivos conectados, provoca cambios bruscos en el posicionamiento.

Debido a que el plano de planta que se tomó para realizar las pruebas corresponden a un apartamento con unas dimensiones pequeñas, se puede concluir que el uso de esta tecnología no es viable aplicarla en recintos muy pequeños como lo son apartamentos o casas pequeñas. En lugares como centros comerciales, universidades, hospitales, entre otros recintos que cuenten con espacios un poco más amplios y buena cobertura de WiFi o Bluetooth o de ambas, la tecnología se acoplaría perfectamente y se puede llegar a dar un posicionamiento muy confiable.

22. Limitaciones

Una limitante que se presentó inicialmente fue la obtención de los planos de planta del quinto piso del edificio de ingenierías que se solicitaron con anticipación para poder realizar el mapeo y tomar las huellas digitales para poder proceder con el desarrollo del prototipo e ir realizando pruebas de software, para lo cual se necesitaba claramente cargar el plano de planta e ir corrigiendo errores. Lamentablemente no fue posible que se otorgara el plano debido a varios inconvenientes que se vinieron presentando, tras varios intentos y charlas con varios funcionarios de la Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB) finalmente se decidió realizar las respectivas pruebas en las viviendas de los integrantes del equipo de trabajo que desarrolló el prototipo, teniendo que crear cada quien por su cuenta el plano de planta de su hogar y crear las huellas digitales de cada vivienda.

23. Trabajos futuros

Para trabajos futuros no sólo se plantea que se pueda ubicar personas dentro de un recinto, sino que también se pueda implementar para la parte de industria y comercio. Por un lado, basándose en el prototipo realizado en este trabajo de grado, se pueden realizar ciertas modificaciones para mostrar mapas de calor y de esta forma implementarlo por ejemplo en un centro comercial para que identifique las zonas donde los clientes o usuarios pasan más o menos rato. De esta manera, podrán tomar decisiones estratégicas basadas en informes con datos reales, influyendo de esta manera en la ubicación de ciertos almacenes, publicidad, entre otros aspectos que se podrían mejorar gracias a esta tecnología.

24. Referencias

Doush, I. A., Alshatnawi, S., Al-Tamimi, A. K., Alhasan, B., & Hamasha, S. (2017). ISAB: Integrated indoor navigation system for the blind. *Interacting with Computers*, 29(2), 181–202. <https://doi.org/10.1093/iwc/iww016>

Choi, T., Chon, Y., & Cha, H. (2017). Energy-efficient WiFi scanning for localization. *Pervasive and Mobile Computing*, 37, 124–138. <https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2016.07.005>

Datos Abiertos Cartografía y Geografía | GEOPORTAL. (n.d.). Retrieved February 12, 2020, from <https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-cartografia-y-geografia>

Luis Díaz-Ambrona Tabernilla. (2014). Trabajo de fin de carrera Sistema de localización en interiores. Universidad Politécnica de Madrid, Facultad de Informática. http://oa.upm.es/947/1/PFC_LUIS_DIAZ_AMBRONA.pdf

WiFi 802.11mc: ¿cómo funciona el GPS para interiores? (n.d.). Retrieved September 13, 2019, from <https://www.adslzone.net/2018/03/21/802-11mc-gps-interior/>

Félix Barba Barba. (2015). Contribución a la localización en interiores basada en comunicaciones inalámbricas. Tesis (Doctoral). Universidad Politécnica de Madrid

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación. http://oa.upm.es/39316/1/FELIX_JESUS_BARBA_BARBA.pdf

Aguilar-Moreno, E., Montoliu-Colás, R., & Torres-Sospedra, J. (2016). Tecnologías de posicionamiento en interiores al servicio de una biblioteca universitaria: hacia la smart

library/ Indoor positioning technologies for academic libraries: towards the smart library.

El Profesional de La Información. <https://doi.org/10.3145/epi.2016.mar.17>

Au, E. (2016). The Latest Progress on IEEE 802.11mc and IEEE 802.11ai [Standards].

IEEE Vehicular Technology Magazine, 11(3), 19–21.

<https://doi.org/10.1109/MVT.2016.2586398>

Developers, G. (8 de Diciembre de 2014). Android Developers. Obtenido de Android

Developers: <https://developer.android.com/studio/intro?hl=es>

Raffino, M. E. (27 de Noviembre de 2018). Concepto. Obtenido de Concepto:

<https://concepto.de/wifi/>

Merino, J. P. (2009). Definicion. Obtenido de Definicion:

<https://definicion.de/bluetooth/>

Mikkoo.(2019).Android 9 Wifi Fingerprinting Limitations:

<https://indooratlas.freshdesk.com/support/solutions/articles/36000112563-android-9-wifi-fingerprinting-limitations>

Valley, T. (11 de Septiembre de 2014). The Valley. Obtenido de The Valley:

<https://thevalley.es/blog/que-son-los-beacons-y-cual-es-su-potencial>

Definición de Localización - Qué es y Concepto. (n.d.). Retrieved September 21, 2019, from

<https://definicion.mx/localizacion/>

Macías, Á. (8 de Septiembre de 2018). La opinion de zamora. Obtenido de La opinion de zamora:

<https://www.laopiniondezamora.es/opinion/2018/09/09/posicionrelativa/1108951.html>

Pedro Rincón Gutiérrez. (2 de agosto de 2007). Hombre y espacio Otto Friedrich Bollnow (1969). Universidad de Los Andes, Departamento de Ciencias Sociales. https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/40874580/HOMBRE_Y_ESPACIO_OTTO_FRIEDRICH_BOLLNOW__ANALISIS_CRITICO.pdf?response-contentdisposition=inline%3B%20filename%3DANALISIS_DEL_ESPACIO.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20190921%2Fus-east1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20190921T220722Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=2ab15d9afce6eb5cbe0cd0c39ccd8a0fbdf99de58bfdb62f9a37a1944c4d1c36

Unab. (2018). *POBLACION ESTUDIANTIL Población estudiantil por nivel y modalidad de formación.*

Aristasur. (28 de Septiembre de 2012). Aristasur. Obtenido de Aristasur: <https://www.aristasur.com/contenido/sistema-de-coordenadas-geograficas-longitud-y-latitud>

ENZO. (21 de Febrero de 2018). Epicentro Geográfico. Obtenido de Epicentro Geografico: <https://epicentrogeografico.com/2018/02/lineas-imaginarias-paralelosmeridianos-tropico/>

Descamps-Vila, L., Pérez Navarro, A., & Conesa Caralt, J. (2013). Integración de un sistema de posicionamiento indoor en aplicaciones SIG para dispositivo móvil.

Rodríguez, M., Pece, J. P., & Escudero, C. J. (2014). Blueps: Sistema de localización en interiores utilizando Bluetooth. In In XX Simposio Nacional de la URSI.

CSCAZORLA. (26 de Abril de 2011). xatakaciencia. Obtenido de xatakaciencia: <https://www.xatakaciencia.com/sabias-que/que-es-un-sistema-de-navegacion-inercial>

Iyad Abu Doush, Sawsan Alshatnawi, Abdel-Karim Al-Tamimi, Bushra Alhasan, Safaa Hamasha, ISAB: Sistema integrado de navegación interior para ciegos, interactuando con computadoras , Volumen 29, Número 2, marzo de 2017, páginas 181–202, <https://doi-org.aure.unab.edu.co/10.1093/iwc/iww016>

Polo, E. M. G. (2008). Técnicas de localización en redes inalámbricas de sensores.

Instituto de Investigación en Informática de Albacete Departamento de Sistemas Informáticos Universidad de Castilla-La Mancha.

Implementación De Un Software De, D. E., & Antonio Najarro Quispe Wiler George Neyra Medina Asesor Guillermo Leopoldo Kemper Vásquez, M. (n.d.). FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA UTILIZANDO TECNOLOGÍA BLUETOOTH PRESENTADA POR PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO.

Trevisan Troche, D. (2017). Influencia de la presencia de personas en sistemas de posicionamiento indoor mediante Wi-Fi fingerprinting.

Barba, D., Fernández, A. M., Pando, H. D. C., Villanueva, S. G., March, J., & Ferraris, D. (2017). Uso de Bluetooth de baja energía en aplicaciones de localización indoor. de Jornadas SARTECO, Málaga.

Cejas, A. D., & Chardon, A. (2019). Algoritmos avanzados de posicionamiento en interiores utilizando la combinación de distintos tipos de sensores.

Implementación De Un Software De, D. E., & Antonio Najarro Quispe Wiler George Neyra Medina Asesor Guillermo Leopoldo Kemper Vásquez, M. (n.d.). *FACULTAD DE*

*INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA UTILIZANDO TECNOLOGÍA BLUETOOTH PRESENTADA POR PARA
OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO.*

What Exactly Is GitHub Anyway? | TechCrunch. (Klint Finley). Retrieved May 2, 2020,
from <https://techcrunch.com/2012/07/14/what-exactly-is-github-anyway/>

