

**ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA  
POSICIONAMIENTO EN ESPACIOS INTERIORES EN DISPOSITIVO MÓVIL  
POR MEDIO DE UN PROTOTIPO DE APLICACIÓN EN SISTEMA OPERATIVO  
ANDROID.**

CARLOS FELIPE ARCINIEGAS PARRA.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

BUCARAMANGA

2020

**ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA  
POSICIONAMIENTO EN ESPACIOS INTERIORES EN DISPOSITIVO MÓVIL  
POR MEDIO DE UN PROTOTIPO DE APLICACIÓN EN SISTEMA OPERATIVO  
ANDROID.**

CARLOS FELIPE ARCINIEGAS PARRA.

DIRECTOR:

JOHN ANDRES AYALA ANGARITA.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

BUCARAMANGA

2020

Dedico este Proyecto de Grado a  
mis padres y hermanas.

## **AGRADECIMIENTOS**

A John Andrés Ayala Angarita, director de este proyecto, por su paciencia, comprensión, interés, permanentes aportes y por compartir sus conocimientos y sabiduría porque gracias a su orientación se pudo llevar a cabo este proyecto que será de gran utilidad para la institución educativa.

A mi familia, por su apoyo incondicional, confianza e impulso a lo largo de este proyecto ya que sin ellos nada de esto hubiera sido posible.

A el ingeniero Frank Wilmar Santander Gonzales, por compartir sus conocimientos y su apoyo incondicional en el soporte de este proyecto a lo largo de su desarrollo.

## TABLA DE CONTENIDO.

	Pág.
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>10</b>
<b>2. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>12</b>
<b>3. OBJETIVOS .....</b>	<b>14</b>
3.1 OBJETIVO GENERAL .....	14
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	14
<b>4. RESULTADOS ESPERADOS .....</b>	<b>15</b>
<b>5. ANTECEDENTES.....</b>	<b>16</b>
<b>6. ESTADO DEL ARTE .....</b>	<b>17</b>
<b>7. MARCO CONCEPTUAL.....</b>	<b>23</b>
7.1 TECNOLOGIAS DE POSICIONAMIENTO .....	23
7.1.1 Sistema de posicionamiento global (GPS) .....	23
7.1.2 Sistema de posicionamiento interior (IPS).....	23
7.1.3 Campo magnético.....	24
7.2 TECNOLOGIAS DE CONECTIVIDAD.....	25
7.2.1 Redes Wifi.....	25
7.2.2 Redes Móviles.....	26
<b>8. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>27</b>
8.1 INDOORATLAS .....	27
8.2 APLICATIVO MÓVIL.....	27
8.3 PROTOTIPO.....	28
8.4 MAPEO.....	28
8.5 ANDROID.....	29
8.6 DISPOSITIVOS MÓVILES.....	29
8.7 CARTOGRAFÍA DIGITAL .....	30
<b>9. METODOLOGÍA.....</b>	<b>31</b>
9.1 ETAPA EXPLORATORIA .....	31
9.2 ETAPA DE ANÁLISIS .....	31
9.3 ETAPA DE DISEÑO.....	32
9.4 ETAPA DE IMPLEMENTACIÓN .....	32
9.5 ETAPA DE EVALUACIÓN .....	32
<b>10. DESARROLLO DISEÑO METODOLÓGICO .....</b>	<b>33</b>
10.1 ETAPA EXPLORATORIA .....	33
10.2 ETAPA DE ANÁLISIS.....	34
10.2.1 Determinación de la muestra .....	41
10.2.2 Análisis de la encuesta .....	41

10.3 ETAPA DE DISEÑO.....	42
10.3.1 Requerimiento de diseños.....	42
10.3.2 Categorías.....	42
10.3.3 Sub-Categorías.....	43
10.3.4 Interfaz de Búsqueda.....	43
10.3.5 Interfaces.....	44
10.3.6 etapa final.....	46
10.3.7 Logo de la aplicación.....	46
10.3.8 Interfaces prototipo.....	47
10.3.8.1 Interfaz inicio.....	47
10.3.8.2 Interfaz eventos.....	48
10.3.8.3 Interfaz disponibilidad de salones.....	49
10.3.9 Detalle de los elementos.....	50
10.3.10 Material Design.....	50
10.3.11 Barra de aplicación.....	50
10.3.12 Mapa.....	53
10.3.13 Cliente-Servidor.....	55
10.4 ETAPA DE IMPLEMENTACIÓN.....	55
10.4.1 Especificación de los requerimientos.....	55
10.4.2 Requerimientos no funcionales.....	56
10.4.3 Caso de Uso.....	57
10.4.4 Diagrama de secuencia.....	58
10.4.5 Desarrollo del aplicativo móvil.....	61
10.4.5.1 elección del sistema operativo.....	61
10.4.5.2 Uso de la plataforma IndoorAtlas.....	62
10.4.5.3 Programación en Android.....	68
10.4.5.4 Fragmentos en Android.....	68
10.4.5.5 Ciclos de vida fragmentos.....	68
10.4.5.6 Manifiesto.....	70
10.4.5.7 Metadata.....	71
10.4.5.8 Build.gradle.....	72
10.4.5.9 Selección de la versión.....	74
10.4.5.10 Fragment_Indoor.....	75
10.4.5.11 Variables IndoorAtlas.....	75
10.5 ETAPA DE EVALUACIÓN.....	77
<b>11. TRABAJO A FUTURO.....</b>	<b>82</b>
<b>12. CONCLUSIONES.....</b>	<b>83</b>
<b>13. CRONOGRAMA.....</b>	<b>85</b>
<b>14. PRESUPUESTO.....</b>	<b>86</b>
<b>15. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>88</b>

## TABLAS

	Pág.
TABLA 1. REVISIÓN DE LA LITERATURA SOBRE ESPACIOS INDOOR.....	20
TABLA 2. CRITERIOS DE BUSQUEDA DE LA LITERATURA .....	21
TABLA 3. REVISIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS .....	22
TABLA 4: CRONOGRAMA.....	85
TABLA 5. PRESUPUESTO GLOBAL DE LA PROPUESTA POR FUENTES DE FINANCIACIÓN .....	86
TABLA 6. DESCRIPCIÓN DE LOS GASTOS DEL PERSONAL. ....	86
TABLA 7. DESCRIPCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS Y SOFTWARE DE USO. ....	86
TABLA 8. MATERIALES, SUMINISTROS Y BIBLIOGRAFÍA.....	87

## IMAGENES

	Pág.
IMAGEN 1: EJEMPLO IMAGEN DE INTERFAZ DEL GPS.....	23
IMAGEN 2: INTERFAZ DE UN SISTEMA DE POSICIONAMIENTO EN INTERIORES .....	24
IMAGEN 3: DESCRIPCIÓN CAMPO MAGNÉTICO DEL PLANETA TIERRA. ....	25
IMAGEN 4: DIAGRAMA WIFI.....	25
IMAGEN 5: VISIÓN DE INDOORATLAS.....	27
IMAGEN 6: MUESTRA DE MAPEO INDOORATLAS. ....	28
IMAGEN 7: DISPOSITIVOS MÓVILES.....	29
IMAGEN 8: CARTOGRAFÍA DIGITAL. ....	30
IMAGEN 9: ENCUESTA.....	34
IMAGEN 10: RESULTADOS ENCUESTA. ....	37
IMAGEN 11: INTERFAZ INICIO MAPA.....	44
IMAGEN 12: INTERFAZ CATEGORÍA SALONES .....	44
FUENTE: (AUTOR, 2020).....	44
IMAGEN 13: INTERFAZ DISPONIBILIDAD DE SALONES .....	45
IMAGEN 14: INTERFAZ EVENTOS .....	45
IMAGEN 15: LOGO DE LA APLICACIÓN UAPP UNAB.....	46
IMAGEN 16: INTERFAZ FINAL DEL MAPA .....	47
IMAGEN 17: INTERFAZ PESTAÑA EVENTOS.....	48
IMAGEN 18: INTERFAZ DISPONIBILIDAD DE SALONES.....	49
IMAGEN 19: BARRA DE LA APLICACIÓN.....	51
IMAGEN 20: BARRA CON SCROLL.....	52
IMAGEN 21: HERRAMIENTA LUCIDCHART PARA ELABORACIÓN DE PLANOS.....	53
IMAGEN 22: PLANO CASA.....	54
IMAGEN 23: CLIENTE- SERVIDOR .....	55
IMAGEN 24: CASO DE USO UAPP UNAB.....	57
IMAGEN 25: DIAGRAMA DE SECUENCIA UBICACIÓN INDOOR .....	58
IMAGEN 26: DIAGRAMA DE SECUENCIA SUB CATEGORÍAS. ....	59
IMAGEN 27: DIAGRAMA DE SECUENCIA BÚSQUEDA DE SALONES.....	60
IMAGEN 28: LOGO JAVA.....	61
IMAGEN 29: LOGO ANDROID STUDIO.....	61
IMAGEN 30: CREAR UBICACIONES .....	62
IMAGEN 31: UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	63
IMAGEN 32: AGREGAR EL PLANO.....	63
IMAGEN 33: INTERFAZ MAPCREATOR2.....	64
IMAGEN 34: MY LOCATIONS.....	64
IMAGEN 35: MAPA SIN RECORRIDO.....	65
IMAGEN 36: CALIBRACIÓN DE SENSORES.....	65
IMAGEN 37: CALIBRACIÓN SENSORES.....	66
IMAGEN 38: PLANO CON RUTAS TRAZADAS .....	66
IMAGEN 39: PLANO CON DESCRIPCIÓN DE SALONES.....	67
IMAGEN 40: CICLO DE VIDA ACTIVITY .....	69

IMAGEN 41: CICLO DE VIDA FRAGMENT.....	69
IMAGEN 42: PERMISOS.....	70
IMAGEN 43: METADATA.....	71
IMAGEN 44: CREDENCIALES ANOTADAS EN GRADLE.PROPERTIES.....	72
IMAGEN 45: BUILD.GRADLE DEL PROYECTO.....	72
IMAGEN 46: BIBLIOTECAS ANOTADAS EN BUILD.GRADLE DE LA APP.....	73
IMAGEN 47: VERSIONES MÁS USADAS ANDROID 2020.....	74
IMAGEN 48: VARIABLES DESARROLLADAS POR INDOORATLAS.....	75
IMAGEN 49: VARIABLES INDOORATLAS.....	76
IMAGEN 50: PRUEBA DE RECURSOS UTILIZADOS POR LA APLICACIÓN MÓVIL.....	77
IMAGEN.51: PRUEBA CASO DE ESTUDIO INICIO DE RECORRIDO.....	78
IMAGEN 52: PRUEBA RUTA MARCADA POR LA APLICACIÓN (HABITACIÓN CARLOS- COMEDOR) .....	79
IMAGEN 53: PRUEBA LLEGADA AL DESTINO.....	80

## 1. INTRODUCCIÓN

A través de la historia el hombre siempre se ha preocupado por saber su ubicación utilizando diferentes medios tales como el sol, la luna, los mares las estrellas y las corrientes de aire, los primeros mapas hechos en la antigua Grecia y pasar al primer mapamundi realizado por el filósofo Anaximandro de Mileto, para ir evolucionando pasando por el astrolabio y la brújula y llegando a lo que conocemos hoy como el GPS(Sistema de Posicionamiento Global); en la actualidad conocer la ubicación en tiempo real en un área determinada o en interiores ha tomado cada vez más fuerza; ya sea utilizando gadgets tecnológicos o tan solo preguntando a quien conozca el área.

Con la aparición de los Smartphones la problemática de posicionamiento en la Tierra ha logrado avanzar tecnológicamente para resolverse, gracias a la inclusión de receptores GPS en los dispositivos convirtiendo en un auge las aplicaciones móviles que muestran la ubicación del usuario.

Uno de los limitantes de la ubicación por el GPS incorporado en los dispositivos móviles y las aplicaciones de posicionamiento es cuando el dispositivo móvil no posee cobertura del GPS y esto sucede cuando estamos en espacios interiores (indoor) o zonas al aire libre que son muy montañosas donde los receptores del GPS no logran tener una información clara arrojando un punto de ubicación erróneo o con malas mediciones.

Debido a estas problemáticas a la hora de posicionarse en un espacio interior es necesario desarrollar herramientas que le permitan a los usuarios conocer su ubicación en tiempo real para lo cual se deben desarrollar sistemas de posicionamiento específico los cuales logran proporcionar una ubicación exacta en el momento que el GPS del Smartphone no disponga de cobertura.

En el 2018 las aplicaciones de navegadores GPS llegaron a tener una incidencia de uso de hasta el 69% en Colombia alcanzando el top 4 entre las categorías de aplicaciones más usadas teniendo un promedio de uso de 55,3 minutos de uso por sesión(Revista M2M 2018) , actualmente las aplicaciones de posicionamiento han tenido gran influencia en los deportes ,el comercio y el transporte entre otros , en el ámbito deportivo encontramos aplicaciones de posicionamiento que permite guardar la ruta recorrida por el deportista y le permite crear

rutas según especificaciones del usuario, en el ámbito comercial por medio del geotargeting que hace parte del marketing digital y en el transporte por medio de los SIG (Sistemas de Información Geográfica ) optimizando rutas , analizando el tráfico y permitiéndole a las empresas seguir el recorrido de su parque automotor en tiempo real.

## 2. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

La falta de conocimiento y escasez de señalización de la ubicación de los espacios dentro de los diferentes campus universitarios. Debido a esto podemos evidenciar casos en que los estudiantes de primer ingreso son víctimas de bullying por algunos estudiantes de semestres más avanzados, ya que estos aprovechan la desorientación de estos alumnos de primer ingreso dándole muchas veces ubicaciones lejanas al verdadero lugar de destino o erróneas. También personas ajenas a las instituciones desean asistir a eventos, estudios y demás actividades en los campus, pero al no poderse ubicar de manera eficiente muchas veces llegan a destiempo a sus compromisos.

En la universidad autónoma de Bucaramanga en promedio se recibieron estudiantes de primer ingreso por semestre de 1821 estudiantes (entre 2017-2018 según el Sistema nacional de información de la educación superior ); también se presentan eventos que la universidad Autónoma de Bucaramanga realiza a lo largo del año tales como Ulibro , Ingeniotic, muestra de semilleros , conciertos de la orquesta sinfónica entre otros los cuales generan una gran cantidad de visitantes a los diferentes campus universitarios de la Unab, al no poseer un sistema de ubicación o un mapa del sitio de las instalaciones de la Universidad Autónoma de Bucaramanga se genera un gran confusión y un foco de Bullying.

Por esto surge la necesidad de por medio de un aplicativo móvil mostrar las rutas de acceso a los diferentes espacios del campus universitario por medio de la tecnología de posicionamiento en interiores para facilitar y mejorar el desplazamiento y la experiencia dentro de la Universidad autónoma de Bucaramanga.

En la actualidad las aplicaciones de posicionamiento en interiores utilizan tecnologías como GPS, Wifi, Beacons de Bluetooth, huellas o mapas con rutas preestablecidas y el campo magnético, aparte de ofrecer la ubicación en tiempo real estas tecnologías también permiten conocer qué tipo de eventos se está realizando, horarios e información de interés para el usuario lo cual brindara una mejor experiencia.

Con la realización de este proyecto se procura responder preguntas como: ¿De qué manera se podría facilitar el desplazamiento y ubicación de los estudiantes de primer ingreso y visitantes de la Universidad Autónoma de Bucaramanga?

¿Cómo dar a conocer los diferentes espacios que poseen los campus universitarios de la Universidad Autónoma de Bucaramanga?

¿Cómo poder reducir el foco de bullying hacia estudiantes de primer ingreso y optimizar el tiempo de los visitantes de la Universidad Autónoma de Bucaramanga?

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL.**

Desarrollar un prototipo de aplicativo móvil para sistema operativo Android que le permita al usuario un conocimiento de su ubicación en espacios interiores con mucha afluencia de personas.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.**

1. Construir un estudio de las tecnologías que existen para el posicionamiento en interiores mediante el uso de un dispositivo móvil con sistema operativo Android
2. Desarrollar un prototipo de aplicativo móvil, en función de la tecnología más viable con base a los requerimientos funcionales de la tecnología, mapeo del caso de estudio y utilizando modelos de arquitectura móvil del sistema operativo Android
3. Aplicar las pruebas respectivas de desempeño de la aplicación evaluando funcionalidad, interacción con el usuario y rendimiento.

#### **4. RESULTADOS ESPERADOS**

Como resultado del desarrollo de este proyecto junto con sus objetivos anteriormente descritos se espera obtener tres (3) entregables correspondientes a los objetivos específicos.

Estos son:

1. Documento de resultados del estudio de las tecnologías para posicionamiento en espacios interiores.
2. Prototipo de aplicativo móvil para dispositivos con sistema operativo Android que permita a los estudiantes y visitantes de la Universidad Autónoma de Bucaramanga-UNAB conocer su ubicación en tiempo real dentro del quinto piso del edificio L del campus principal ubicado en el jardín-Bucaramanga.
3. Documento con los resultados de percepción de los usuarios de la solución software desarrollada.

## 5. ANTECEDENTES

Durante el primer y segundo semestre del año 2014 en el semillero de aplicaciones móviles (**SeMóvil**) se realizó la propuesta de hacer un mapeo de los edificios de la Universidad Autónoma de Bucaramanga mediante KML los cuales son modelamientos en 3D que sirven para representar datos geográficos esto con el fin de que los edificios de la UNAB se reflejaran en 3D en otras aplicaciones móviles tales como Google Maps.

Durante el primer semestre del año 2015 se realizó un proyecto de clase llamado: **“Diseño de una aplicación móvil de un sistema de posicionamiento en tiempo real en espacios indoor para Almacenes Éxito. S.A.”** dicho proyecto se generó en la clase de Redes de Computadoras para la cual la temática era aplicaciones móviles, se realizó un análisis del caso de estudio **“Almacenes Éxito S.A.”** para el cual se tuvo un enfoque investigativo con énfasis en redes y telecomunicaciones. Los resultados de este proyecto fueron la realización de la interfaz del prototipo de la aplicación y una simulación.

Estos dos trabajos se relacionan con el trabajo en curso ya que poseen temáticas similares enfocándose en el mapeo y sistemas de posicionamiento en espacios interiores este trabajo se enfocará en el desarrollo de un prototipo de aplicativo móvil en un entorno con mayor complejidad para lo cual los trabajos anteriores aportaran el conocimiento de algunas tecnologías implementadas en el posicionamiento de espacios interiores.

## 6. ESTADO DEL ARTE

Para el desarrollo del estado del arte se tuvieron en cuenta ciertos criterios en la búsqueda de los documentos y se utilizaron las bases de datos proporcionadas por la Universidad Autónoma de Bucaramanga.

Como se ha mencionado anteriormente las aplicaciones móviles de posicionamiento en espacios interiores se han convertido en tendencia para los usuarios que frecuentan lugares y espacios donde el flujo de personas es grande y no se poseen ningún medio de ubicación.

Para poder tener referencias sobre la temática de posicionamiento en espacios interiores se realiza el estado del arte el cual será potencialmente útil para la realización de este proyecto; para este estado del arte se tuvieron en cuenta unos criterios de búsqueda y selección de los documentos que se presentaran a continuación:

**Título:** Pedestrian indoor positioning using smartphone multi-sensing, radio beacons, user positions probability map and IndoorOSM floor plan representation.

**Autores:** JC Aguilar Herrera; PG Plöger; A. Hinkenjann; J. Maiero; M. flores; A. Ramos

**Año:** 2014

**País:** Corea del Sur

**Metodología:** En este trabajo, se describe y evalúa una solución de posicionamiento capaz de localizar al usuario en función de los datos medidos con un dispositivo móvil. La estimación de posición utiliza datos de sensores integrados en teléfonos inteligentes, adaptador WiFi e información cartográfica del ambiente interior (por ejemplo, paredes y obstáculos). la distancia recorrida de los datos sin procesar del acelerómetro incorporado del teléfono inteligente y el rumbo de los datos de la brújula y el giroscopio, para estimar la localización continua.

**Título:** DESARROLLO DEL APLICATIVO MÓVIL “INDOORMALL” PARA EL POSICIONAMIENTO EN ESPACIOS INDOOR EN TIEMPO REAL EN CENTROS COMERCIALES CASO DE ESTUDIO CENTRO COMERCIAL EL CACIQUE

**Autor:** MIGUEL GUILLERMO SÁNCHEZ GARCÍA

**Año:** 2016

**País:** Colombia.

**Metodología:** En este proyecto podemos encontrar el desarrollo de un aplicativo móvil para un caso de estudio específico utilizando la herramienta de Indooratlas y realizando una comparativa de varias tecnologías para el posicionamiento indoor y obteniendo como resultado final un aplicativo móvil que brinda al usuario poder ubicarse dentro del espacio del caso de estudio con funcionalidades adicionales que permiten al usuario conocer todas las tienda y sitios de interés ubicados a su alrededor

**Título:** Development of mobile platform for indoor positioning reference map using geomagnetic field data.

**Autor:** He Huang, Dong Ha lee, Kun Chang, Wei Li, Acharya, Tri Dev.

**Año:** 2018

**País:** China.

**Metodología:** Este artículo presenta un estudio sobre la tecnología de posicionamiento geomagnético en interiores que involucra varios experimentos para analizar los materiales magnéticos interiores y los equipos electrónicos de interferencia de campo magnético para explorar aún más las propiedades magnéticas interiores, lo que demuestra la viabilidad del uso del campo magnético para proporcionar información de posicionamiento. En este estudio, Arduino Integrated Development Environment se utiliza para desarrollar la plataforma inteligente de recopilación de datos geomagnéticos.

**Título:** Virtual fingerprint and two-way ranging-based Bluetooth 3D indoor positioning with RSSI difference and distance ratio.

**Autor:** Li, H. aEmail Author, Trocan, M.b, Galayko, D.c

**Año:** 2019

**País:** Francia

**Metodología:** En este documento propone un nuevo método de posicionamiento 3D en interiores basado en dispositivos Bluetooth. La huella digital del Indicador de intensidad de señal recibida virtual, se introducen los conceptos y la estabilidad de las huellas digitales virtuales 1D y 2D, y se demuestra la propiedad de unicidad para la huella digital virtual. La huella digital virtual 2D es más estable que la de 1D para posicionamiento en interiores; Se discuten algoritmos basados en huellas digitales virtuales y rango unidireccional, optimización, inferencia y regresión no lineal y de múltiples pasos. El algoritmo de varios pasos tiene el mejor rendimiento en tiempo y error. El método propuesto utiliza la huella digital virtual y el rango bidireccional para superar las cuatro deficiencias evidentes de los métodos tradicionales basados en huellas digitales. En primer lugar, el RSSI medido no requiere calibración para diferentes dispositivos Bluetooth y el estado variable de la batería, Finalmente, se adopta el rango bidireccional para tomar el lugar del rango unidireccional convencional y mejorar la precisión de posicionamiento la exactitud y disponibilidad del método propuesto se atestigua mediante la simulación y los experimentos de hardware.

**Título:** Terrain navigation in the magnetic landscape: Particle filtering for indoor positioning

**Autor:** Arno Solin; Simo Särkkä; Juho Kannala; Esa Rahtu

**Año:** 2016

**País:** Finlandia

**Metodología:** Se describe una técnica para la correspondencia de mapas donde el movimiento de peatones se corresponde con un mapa del paisaje magnético. El algoritmo de correspondencia de mapas se basa en un filtro de partículas, un método recursivo de Monte Carlo, y sigue el marco clásico de correspondencia de terreno utilizado en el posicionamiento y navegación de aeronaves. En el marco se emplea un método probabilístico de regresión de proceso gaussiano probabilístico para modelar el campo magnético ambiental. La viabilidad

de este enfoque de coincidencia del terreno se demuestra en un ejemplo simple de posicionamiento en interiores de la vida real, donde tanto el mapeo como el posicionamiento se realizan utilizando un dispositivo de teléfono inteligente.

**Título:** Enhancing Smartphone-Based Multi-modal Indoor Localization with Camera and WiFi Signal

**Autor:** Jing Xu, Yanchao Zahao, Jie Wu, Hongyan Quian.

**Año:** 2018

**País:** China.

**Metodología:** En este trabajo, innovaron para proponer un sistema de localización basado en cámaras, asistido por sensores y WiFi y fácil de implementar. El método propuesto se basa en la detección multimodal para mejorar la medición de localización. Implementaron un prototipo con teléfonos inteligentes y dispositivos Wifi comerciales y lo evaluaron en entornos interiores distintos. Los resultados experimentales muestran que el error del percentil 85 está dentro de los 0.21 m para los PDI en interiores que arroja luz sobre la localización del nivel por debajo del metro.

**Título:** Indoor Intelligent Vehicle localization using WiFi received signal strength indicator

**Autor:** Nguyen Dinh-Van; Fawzi Nashashibi; Nguyen Thanh-Huong; Eric Castelli

**Año:** 2017

**País:** Japón

**Metodología:** La investigación muestra que el 95% del tiempo los automóviles están en un área de estacionamiento o en un ambiente interior. Podría ser que un automóvil esté maniobrando dentro de un área de estacionamiento o estacionado completamente allí. Pero este no es un problema trivial. Los estudios sugieren un problema aún más grave: para un promedio de 20 a 40 minutos de búsqueda y estacionamiento en París y Lyon, le cuesta a Francia alrededor de 70 millones de horas de búsqueda al año; Este documento propone un método de huellas digitales WiFi mejorado para reemplazar el comportamiento del GPS en el ambiente interior. La contribución clave es usar una técnica de suavizado de datos sin procesar con un método de red neuronal de clasificación de conjunto para manejar la intensidad de la señal WiFi ruidosa. Además, se aplican restricciones de entorno para mejorar el resultado de localización. Los experimentos muestran que este método es capaz de reemplazar el GPS para el ambiente interior. Este documento propone un método de huellas digitales WiFi mejorado para reemplazar el comportamiento del GPS en el ambiente interior.

La tabla 1, presenta la literatura acerca de los espacios indoor que fueron utilizados en este estado del arte.

Tabla 1. Revisión de la literatura sobre espacios indoor.

Año	Autor	Título	Tipo de Documento
2019	Li, H. aEmail Author, Trocan, M.b, Galayko, D.c	Virtual fingerprint and two-way ranging-based Bluetooth 3D indoor positioning with RSSI difference and distance ratio	Paper Resultados
2018	Jing Xu, Yanchao Zahao, Jie Wu, Hongyan Quian.	Enhancing Smartphone-Based Multi-modal Indoor Localization with Camera and WiFi Signal	Paper Experimental
2018	: He Huang, Dong Ha lee, Kun Chang, Wei Li, Acharya, Tri Dev.	Development of mobile platform for indoor positioning reference map using geomagnetic field data	Paper Experimental
2017	Nguyen Dinh-Van; Fawzi Nashashibi; Nguyen Thanh-Huong; Eric Castelli	Indoor Intelligent Vehicle localization using WiFi received signal strength indicator	Paper Experimental
2016	Arno Solin; Simo Särkkä; Juho Kannala; Esa Rahtu	Terrain navigation in the magnetic landscape: Particle filtering for indoor positioning	Paper Experimental
2016	MIGUEL GUILLERMO SÁNCHEZ GARCÍA	DESARROLLO DEL APLICATIVO MÓVIL “INDOORMALL” PARA EL POSICIONAMIENTO EN ESPACIOS INDOOR EN TIEMPO REAL EN CENTROS COMERCIALES CASO DE ESTUDIO CENTRO COMERCIAL EL CACIQUE	Paper Resultados
2014	JC Aguilar Herrera; PG Plöger; A. Hinkenjann; J. Maiero; M. flores; A. Ramos	Pedestrian indoor positioning using smartphone multi-sensing, radio beacons, user positions probability map and IndoorOSM floor plan representation.	Paper Experimental

Para el desarrollo del estado del arte se tuvieron en cuenta los siguientes criterios de búsqueda de documentos en la base de datos seleccionadas.

Tabla 2. Criterios de búsqueda de la literatura

palabras claves:	GPS (Global Positioning System) IPS (Indoor Positioning System) Redes Wifi Android Redes Móviles Indooratlas Campo Magnético.
Base de datos utilizadas:	IEE, Science Direct, Scopus
Total, referencias Recuperadas:	7
Fecha de búsqueda	septiembre 14 ,2019
Criterios para incluir y excluir referencias:	pertenecía con el tema de investigación: •Sistemas de posicionamiento en interiores  •Técnicas y tecnologías que permiten conocer la ubicación en interiores basada en dispositivos móviles Rango de fecha de búsqueda: ente 2014 y 2019.

Con la revisión de la literatura realizada indica que se ha venido investigando y trabajando en el desarrollo de varias tecnologías, herramientas y de más técnicas para lograr obtener las ubicaciones en espacios indoor a esto sumamos que la necesidad de mejorar la exactitud con al que se muestra la ubicación.

Lo anterior hace referencia a que en cuanto alternativas de herramientas que permiten la manipulación de los espacios indoor en el tabal 3, se evidencia una comparación de algunas tecnologías y herramientas consultadas analizando factores que permiten realizar una selección de la más óptima para lograr dar solución a la problemática planteada.

Tabla 3. Revisión de las Tecnologías

Nombre	Año	Tecnología	precision	Documentación	SDK	Facilidad de descarga del SDK
<b>Redpin</b>	2008	Fingerprint-based system	--	--	✓	✓
<b>IndoorAtlas</b>	2016	Magnetic fields	< 3metros	✓	✓	✓
<b>Wifarer</b>	2010	Mobile Centric Bluetooth LE /Beacon	--	--	✓	--
<b>Sinionlab</b>	2019	Senion Beacons	--	✓	✓	--
<b>Skyhook</b>	2015	Wifi access points	--	✓	✓	✓
<b>Infsoft</b>	2015	Beacons	1 metro	✓	✓	--

De la revisión de las tecnologías más destacadas en el transcurso de los años se evidencia la necesidad de crear nuevas soluciones para el posicionamiento den espacios indoor. Como con conclusión de la revisión de las tecnologías comprobamos que IndoorAtlas es la tecnología que mejor cumple con los requerimientos para esta investigación. Debido a que no necesita de hardware adicional y presenta la documentación necesaria para llevar a cabo el desarrollo del prototipo y lograr el objetivo de este proyecto.

## 7. MARCO CONCEPTUAL

Los aspectos conceptuales que son fundamentales para el entendimiento de este proyecto está dividido en dos categorías: Tecnologías de Posicionamiento y tecnologías de conectividad.

### 7.1 TECNOLOGIAS DE POSICIONAMIENTO.

#### 7.1.1 Sistema de posicionamiento global (GPS)

El GPS (Sistema de Posicionamiento Global) es la tecnología que nos permite fijar a escala mundial la posición de un objeto, una persona, un vehículo o una nave con una precisión casi milimétrica, a cualquier hora y desde cualquier lugar.

Para conseguirlo, el receptor se comunica con una constelación de 24 satélites a unos 20.200 km y 5 estaciones repartidas en toda la superficie terrestre, de los que reciben datos de posición y hora.

De esta manera en la pantalla dibuja un mapa con el sitio exacto del objeto indicando calles, rutas, ríos y accidentes geográficos del terreno a todo color.

Imagen 1: Ejemplo imagen de interfaz del GPS.

Fuente: (gizig,2012)

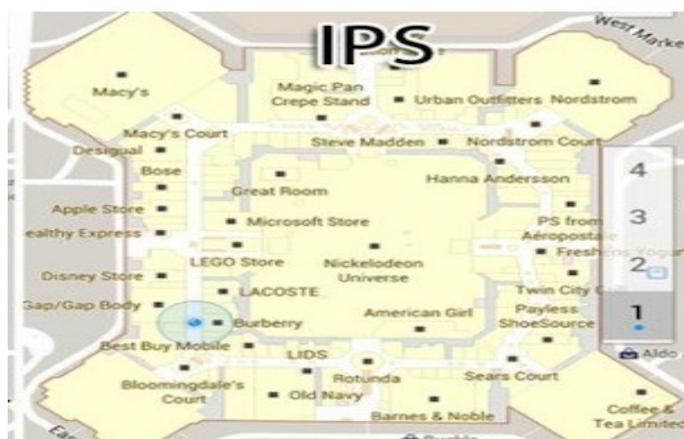


#### 7.1.2 Sistema de posicionamiento interior (IPS)

Sistema de posicionamiento interior (IPS) es un sistema de dispositivos conectados a la red que se utiliza para la ubicación inalámbrica de objetos y

personas dentro de edificios y áreas parcialmente cubiertas. Las tecnologías utilizadas por esos sistemas están disponibles comercialmente en varias formas (hardware requerido) y con varias características (funcionalidad por medios de contacto visual, radiofrecuencia, campo magnético, sonido). Hay una gran cantidad de disponibles tecnologías que se pueden usar en el sistema IPS.

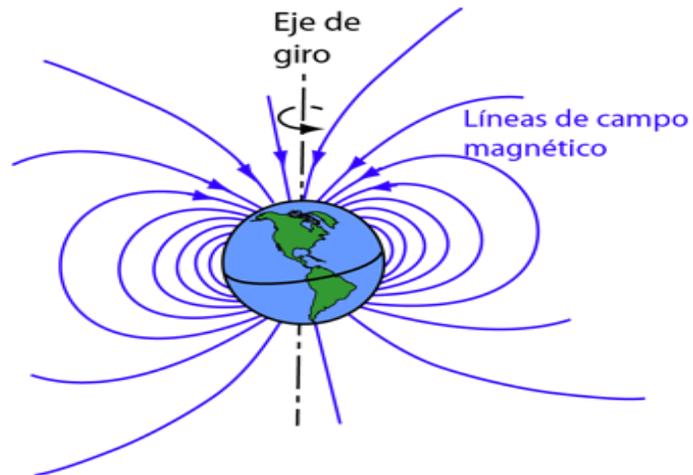
Imagen 2: interfaz de un sistema de posicionamiento en interiores  
Fuente: (Gizig,2012)



### 7.1.3 Campo magnético.

Todos los edificios modernos tienen un paisaje magnético único producido por el campo magnético de la Tierra que interactúa con el acero y otros materiales que se encuentran en las estructuras de los edificios. Al utilizar el sensor magnético incorporado (brújula) y otras tecnologías de detección dentro del teléfono inteligente, Indooratlas puede utilizar el campo magnético dentro del edificio como un mapa para localizar y rastrear con precisión la ubicación de una persona en el interior; el valor del campo magnético para conocer la localización del usuario, de la misma forma que lo hacen algunas especies de aves y animales migratorios los cuales son capaces de orientarse en largas distancias gracias a su sensibilidad a los campos magnéticos de la tierra.

Imagen 3: descripción campo magnético del planeta Tierra.  
Fuente: (Hyperphysics, 2017)



## 7.2 TECNOLOGIAS DE CONECTIVIDAD.

### 7.2.1 Redes Wifi

Las redes Wifi son estructuras de red que implementan principalmente la utilización de tecnología inalámbrica WiFi (802.11a - 802.11b - 802.11g - 802.11n) de tal manera que los equipos puedan tener conexión a internet y conectividad entre sí.

Imagen 4: diagrama Wifi  
Fuente: (Tecnología&informática,2018)



### **7.2.2 Redes Móviles**

Son redes pensadas para que el dispositivo móvil del usuario pueda moverse con libertad en la zona de cobertura de dicha red incluso mientras mantiene una conversación o una conexión de datos. Dicha zona de cobertura se denomina celda, donde la sesión de voz o datos migra automáticamente a la siguiente celda debido al desplazamiento habitual del usuario; dependiendo de la ubicación del usuario y la intensidad de la señal recibida varían

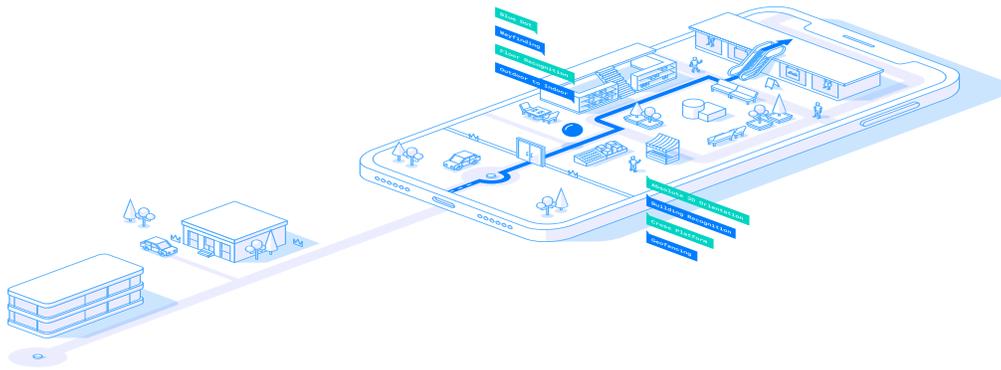
## 8. MARCO TEÓRICO

Para la realización de este trabajo es necesario contextualizar algunos de los componentes teóricos los cuales serán fundamentales para el desarrollo de los objetivos del trabajo; por lo cual es preciso conceptualizar los términos que se van a implementar constantemente.

### 8.1 IndoorAtlas

El SDK de Indooratlas se integra con su aplicación y los sensores del dispositivo inteligente. Cada fuente de datos, ya sea magnética, Beacons, Wi-Fi o cualquier otro sensor, se observa condicionalmente. Esta información del entorno junto con el movimiento relativo inferido del usuario se compara con los mapas digitales, producidos por algoritmos de aprendizaje automático en nuestra plataforma en la nube, para obtener la ubicación precisa del usuario.

Imagen 5: visión de IndoorAtlas.  
Fuente: (IndoorAtlas ,2018)



### 8.2 Aplicativo móvil.

Las aplicaciones móviles o más conocidas comúnmente como “apps” en el lenguaje anglosajón, se utilizan cada vez más en smartphones, Tablet y dispositivos móviles para acceder a noticias, juegos, entretenimiento, tiempo y otras informaciones. Las aplicaciones de software para los dispositivos móviles

han estado disponibles desde hace algunos años. Las apps son los nuevos sustitutos de los softwares para computadoras con fines de mejorar los procesos informáticos.

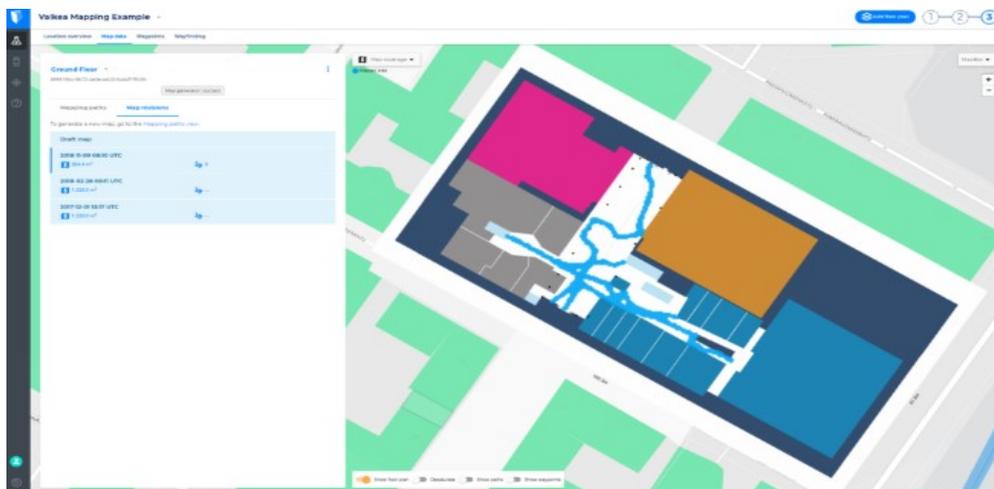
### 8.3 Prototipo.

Un prototipo es un primer modelo que sirve como representación o simulación del producto final y que nos permite verificar el diseño y confirmar que cuenta con las características específicas planteadas. Estos prototipos nos permiten aprender más acerca de la funcionalidad de la tecnología realizar pruebas y testar el producto para poder evidenciar su viabilidad.

### 8.4 Mapeo.

Trazar un mapa o la distribución espacial de un conjunto de elementos de un mismo tipo o categoría; el mapeo nos servirá a la hora de crear los planos del caso de estudio para poder realizar las rutas dentro del aplicativo móvil.

Imagen 6: muestra de mapeo IndoorAtlas.  
Fuente: (IndoorAtlas,2018)



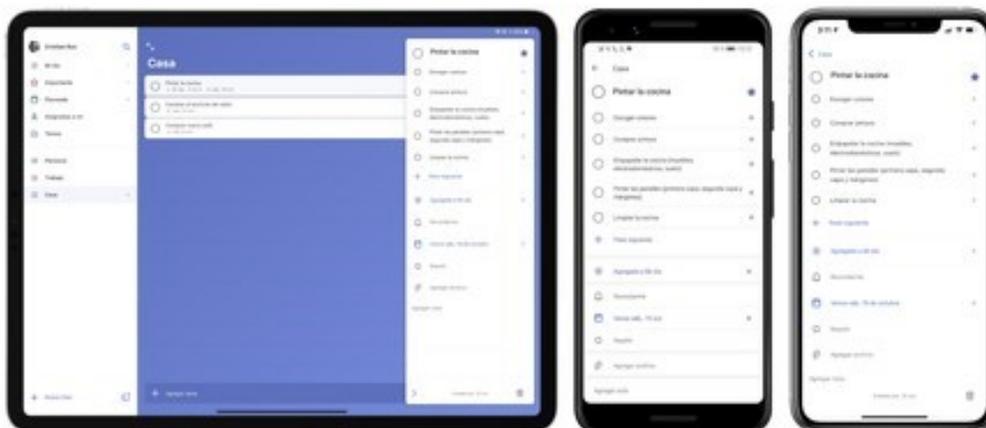
## 8.5 Android.

Android es un sistema operativo basado en el kernel de Linux diseñado principalmente para dispositivos móviles con pantalla táctil, como teléfonos inteligentes o tabletas, inicialmente desarrollado por Android, Inc. Google respaldó económicamente y más tarde compró esta empresa en 2005. Según AppBrain, una firma de analítica de aplicaciones, actualmente forman parte de la Google Play 2'610.940 aplicaciones; de las cuales el 12 % son consideradas de baja calidad con puntuaciones mínimas y valoraciones de bajo nivel.

## 8.6 Dispositivos móviles.

Un dispositivo móvil se puede definir como un aparato de pequeño tamaño, con algunas capacidades de procesamiento, con conexión permanente o intermitente a una red, con memoria limitada, que ha sido diseñado específicamente para una función, pero que puede llevar a cabo otras funciones más generales.

Imagen 7: Dispositivos móviles.  
Fuente: (ToDo Microsoft,2020)



## 8.7 Cartografía Digital

Los planos y mapas cartográficos son dibujos que muestran las principales características físicas del terreno, tales como edificios, cercas, caminos, ríos, lagos y bosques, así como las diferencias de altura que existen entre los accidentes de la tierra tales como valles y colinas (llamadas también relieves verticales). Los planos y mapas topográficos se basan en los datos que se recogen durante los levantamientos topográficos, Los planos son representaciones geográficas de pequeñas extensiones de un territorio, son mayores a las que se representan normalmente en planos arquitectónicos.

Imagen 8: Cartografía Digital.  
Fuente: (Cartografiando, 2013)



## 9. METODOLOGÍA

Existen diversos tipos de metodologías para el desarrollo de software; el que más se ajusta a los requerimientos del proyecto es el modelo Scrum.

Este modelo se desarrolla incremental manejando **Sprint** cada semana en los cuales se reflejará un incremento en el software potencialmente entregable. Las características del Scrum que se adapta al proyecto son los resultados anticipados, la flexibilidad y adaptación, la mitigación de riesgos, productividad y calidad. Se realizó semanalmente una reunión en la que se evidenciaba el avance del proyecto obteniendo así una retroalimentación sobre el trabajo a futuro y las dificultades encontradas.

En este trabajo se llevarán a cabo cinco etapas las cuales se dividirán en: la etapa exploratoria, la etapa de análisis, la etapa de diseño, la etapa de implementación y la etapa de evaluación; a continuación, se indicará el aporte de cada una de las etapas y la importancia que tienen en el trabajo.

### 9.1 Etapa Exploratoria.

En esta etapa se realizará la búsqueda de la información acerca de las tecnologías que en la actualidad existen para el posicionamiento en espacios interiores y con el resultado de la búsqueda se realizará una comparación de cada una de las tecnologías analizando sus especificaciones y características para así poder identificar la tecnología más viable para el proyecto, en esta etapa se utilizarán las herramientas de búsqueda que proporciona la Universidad Autónoma de Bucaramanga.

### 9.2 Etapa de Análisis.

En esta segunda etapa se analizará y se evaluará la viabilidad de la tecnología ya escogida y se observará si cumple con los requerimientos establecidos para dar solución a la problemática planteada en el proyecto, también podemos analizar el impacto que tendría por medio de encuestas; ya que estas hacen parte de uno de los procedimientos más importantes

a la hora de realizar una investigación; con los resultados obtenidos podremos interpretar los requerimientos necesarios para empezar la etapa de diseño.

### **9.3 Etapa de Diseño.**

En esta etapa se diseñará todos los requerimientos que los usuarios señalaron en la etapa de análisis también se diseñara el modelo de base de datos, las interfases y la parte funcional y visual del aplicativo móvil y la arquitectura móvil.

### **9.4 Etapa de Implementación.**

En esta etapa comenzaremos con la programación del aplicativo móvil teniendo en cuenta la lógica del proyecto y las anteriores etapas.

### **9.5 Etapa de evaluación.**

En la etapa de evaluación realizaremos las pruebas pertinentes tales como las pruebas de usuario e interacción con el mismo evaluando su funcionalidad, rendimiento y cumplimiento de los requerimientos para dar por finalizado el proyecto.

## 10. DESARROLLO DISEÑO METODOLÓGICO

### 10.1 Etapa Exploratoria.

En las primeras semanas se llevó a cabo la consulta en las diferentes bases de datos académicas utilizando las herramientas proporcionadas por la Universidad Autónoma de Bucaramanga, las bases de datos que se consultaron fueron IEE, Science Direct, Scopus de las cuales se logró obtener información sobre las diferentes tecnologías y demás aspectos relacionados con la temática. En esta etapa se evaluaron cinco criterios necesarios para lograr el desarrollo de este proyecto.

- **AÑO:** Este criterio ofrece la confianza de que se analizaron varios avances en las tecnologías a lo largo del tiempo y así poder obtener las más recientes que cuenten con todas las actualizaciones y mejoras en el soporte técnico.
- **Documentación:** En este criterio encontramos información detallada del uso de la tecnología y una guía para darle así el uso óptimo a la tecnología, en esta documentación se encuentra los métodos y procesos utilizados en su uso y así evitar complicaciones a futuro.
- **Precisión:** Este criterio es de los más importantes ya que al ser una tecnología de medición la precisión tiene un papel fundamental, con esto buscamos darle al usuario una eficacia mayor.
- **SDK:** El criterio de SDK o Software Developer kit es el conjunto de herramientas que nos permitirá un desarrollo posterior, en este caso usaremos un SDK para el sistema operativo Android.
- **Facilidad de descarga del SDK:** Al existir un SDK es posible que su acceso sea restringido para cierto público por ello se evalúa que tan fácil es su acceso y la facilidad de su implementación en el desarrollo del proyecto

Teniendo en cuenta estos criterios la tecnología que se selecciono fue IndoorAtlas ya que cumplió con la mayoría de los requerimientos planteados en el desarrollo del proyecto.

## 10.2 Etapa De Análisis.

Con el fin de analizar la viabilidad del proyecto se utilizó el método de recolección de datos por medio de una encuesta cerrada con diferentes preguntas las cuales consideraban aspectos importantes para el usuario al momento de ubicarse dentro de los diferentes campus de la Universidad Autónoma de Bucaramanga.

Imagen 9: Encuesta.  
Fuente: (Google,2020)

### Encuesta para el uso de un aplicativo móvil para posicionamiento en espacios indoor en la Universidad Autónoma de Bucaramanga-UNAB.

Soy estudiante del programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB), actualmente me encuentro realizando una investigación con el fin de conocer el uso de un aplicativo móvil para el posicionamiento en espacios indoor en la Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB) es decir, posicionamiento en su interior. Esta encuesta es de gran importancia para el desarrollo de la investigación y sus experiencias serán fundamentales para la continuación del desarrollo de la misma, los datos que usted suministre en este estudio serán de carácter estrictamente confidencial; de antemano agradezco su aporte a esta investigación.

**\*Obligatorio**

¿Cada cuanto frecuenta la Universidad Autónoma de Bucaramanga? \*

- todos los días
- de 1 a 2 veces por semana
- de 3 a 4 veces por semana
- de 4 a 5 veces por semana

¿Durante sus primeras visitas y/o recorridos a las instalaciones de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, se le hizo fácil encontrar sus aulas, laboratorios, auditorios y demás espacios en los diferentes campus de la UNAB? \*

- Sí
- No

---

¿Ha tenido problemas a la hora de ubicarse dentro los diferentes campus de la UNAB? \*

- Sí
- No

---

¿Es de fácil acceso la información que se tiene sobre la disponibilidad de aulas, laboratorios, auditorios y demás espacio que posee la UNAB? \*

- sí
- No

¿Cuanto tiempo gasta buscando un aula, laboratorios, auditorios y demás espacios en los diferentes campos de la UNAB? \*

- 5 -10 minutos
- 10-15 minutos
- 30 minutos
- Más de 30 minutos

---

¿Considera que el desconocimiento de la ubicación de los diferentes espacios de los campus de la Universidad Autónoma de Bucaramanga genera confusión haciendo que usted requiera de mayor tiempo para encontrar sus sitios de interés? \*

- Sí
- No
-

¿ en algún momento por no conocer la ubicación que necesitaba de los diferentes campus de la Universidad Autónoma de Bucaramanga; ha sentido bullying por parte de sus compañeros ? \*

- Sí
  - No
- 

¿En la actualidad posee usted un Smartphone? \*

- Sí
  - No
- 

¿Que tipo de gama es el Smartphone que posee? \*

- Alta
- Media
- Baja

¿Que sistema operativo utiliza su Smartphone? \*

- Android
  - ios
  - Windows Phone
  - BlackBerry os
  - Symbian os
  - Firefox os
  - Ubuntu Touch.
- 

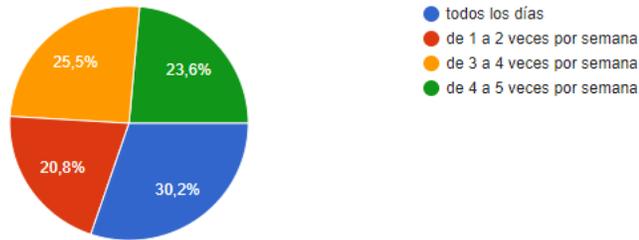
¿Usaría usted una aplicación móvil que le permita saber su ubicación en los diferentes espacios del campus universitario de la universidad Autónoma de Bucaramanga y que además le proporcione información acerca de los eventos y disponibilidad de las aulas, laboratorios, auditorios y demás sitios de interés? \*

- Sí
- No

Imagen 10: Resultados encuesta.  
Fuente: (Google, 2020)

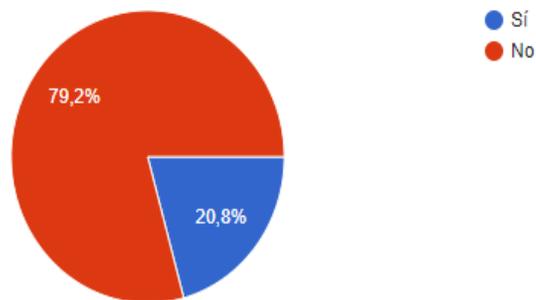
¿Cada cuanto frecuenta la Universidad Autónoma de Bucaramanga?

106 respuestas



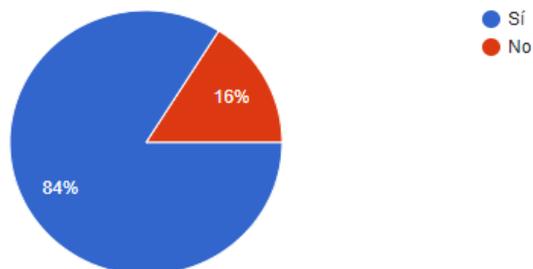
¿Durante sus primeras visitas y/o recorridos a las instalaciones de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, se le hizo fácil encontrar sus aulas, laboratorios, auditorios y demás espacios en los diferentes campus de la UNAB?

106 respuestas



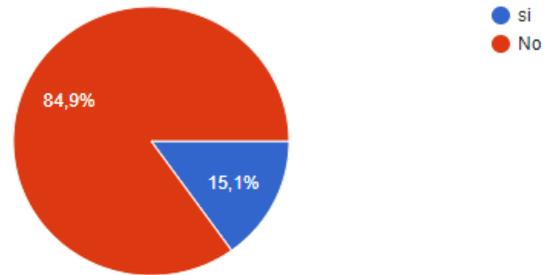
¿Ha tenido problemas a la hora de ubicarse dentro los diferentes campus de la UNAB ?

106 respuestas



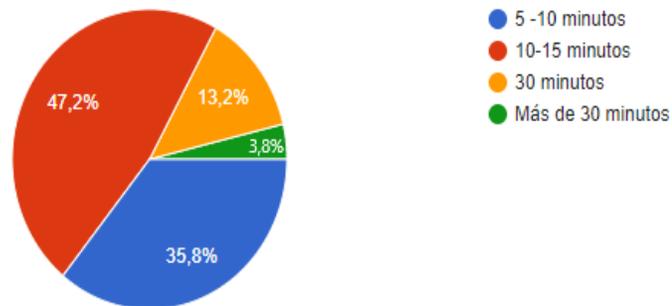
¿Es de fácil acceso la información que se tiene sobre la disponibilidad de aulas, laboratorios, auditorios y demás espacio que posee la UNAB ?

106 respuestas



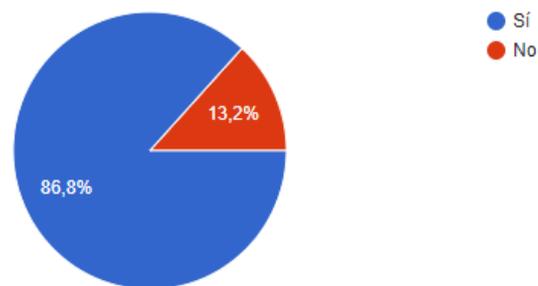
¿Cuanto tiempo gasta buscando un aula, laboratorios, auditorios y demás espacios en los diferentes campos de la UNAB?

106 respuestas



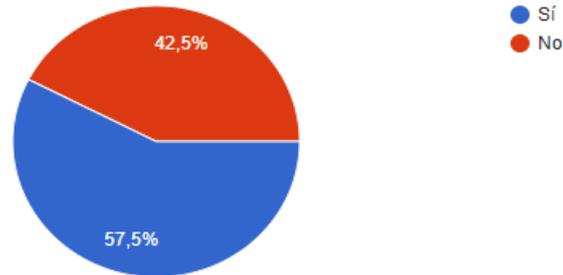
¿Considera que el desconocimiento de la ubicación de los diferentes espacios de los campus de la Universidad Autónoma de Bucaramanga genera confusión haciendo que usted requiera de mayor tiempo para encontrar sus sitios de interés?

106 respuestas



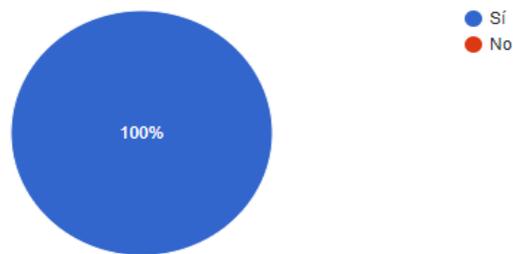
¿ en algún momento por no conocer la ubicación que necesitaba de los diferentes campus de la Universidad Autónoma de Bucaramanga; ha sentido bullying por parte de sus compañeros ?

106 respuestas



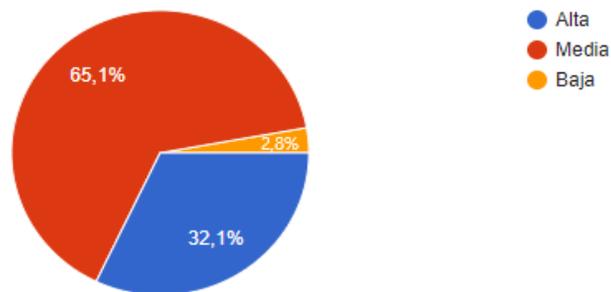
¿En la actualidad posee usted un Smartphone?

106 respuestas



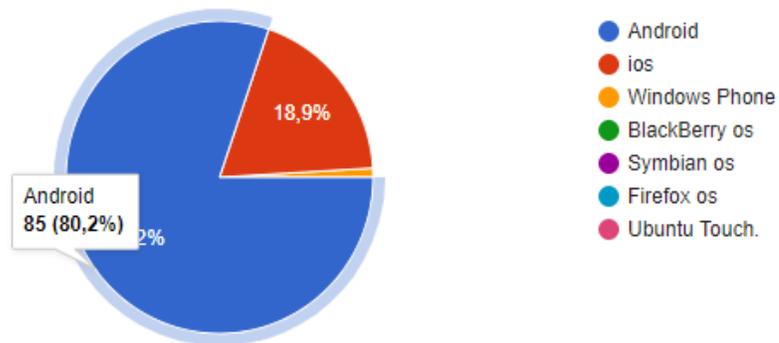
¿Que tipo de gama es el Smartphone que posee?

106 respuestas



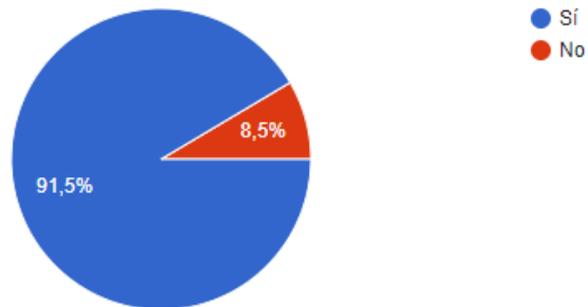
¿Que sistema operativo utiliza su Smartphone?

106 respuestas



¿Usaría usted una aplicación móvil que le permita saber su ubicación en los diferentes espacios del campus universitario de la universidad Autónoma de Bucaramanga y que además le proporcione información acerca de los eventos y disponibilidad de las aulas, laboratorios, auditorios y demás sitios de interés?

106 respuestas



### 10.2.1 Determinación de la muestra.

Para la determinación de la muestra del estudio de viabilidad del proyecto se tuvo en cuenta la población que ingreso a la Universidad Autónoma de Bucaramanga según el Sistema Nacional de Información de la Educación Superior en el segundo semestre de 2018; que fue un total de 11012 de personas la fórmula que se empleo fue:

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_a^2 \times p \times q}$$

Para lo cual se asignó un nivel de confianza del 95%, un error del 5% y una desviación del 0,7.

### 10.2.2 Análisis de la encuesta.

- En la pregunta que busca saber si en las primeras visitas y/o recorridos en los diferentes campus de la Universidad Autónoma de Bucaramanga fue fácil ubicarse podemos observar que un 79,2% de personas tuvieron complicaciones las primeras veces y que un 84% ha tenido problemas para ubicarse dentro del campus universitario lo cual evidencia que existe un problema de ubicación planteado en un comienzo, y por ende observamos que un 47,2% tarda entre 10 y 15 minutos tratando de buscar los diferentes espacios en el campus.
- Los resultados demuestran que un 84,9 % de personas consideran que la información sobre la disponibilidad de los espacios del campus universitario no es de fácil acceso. También se evidencia que un 86,8 % de la población gasta mayor tiempo en buscar los espacios en el campus universitario por falta de información.
- También logramos observar que el no conocimiento de la ubicación de los diferentes espacios del campus universitario genera un gran foco de bullying ya que un 57.5 % de la población ha sufrido de este.
- Se logra evidenciar que en su totalidad la muestra cuenta con un Smartphone y que sobre salen la gama media con un 65,1% y la gama alta con un 32,1 % lo que demuestra que la solución planteada para la problemática es la correcta ya que se dará

solución por medio de un prototipo de aplicación móvil y el sistema operativo a utilizar será el Android ya que un 80,2 % de la muestra cuenta con este.

- Finalmente, un 91,5 % de la muestra indico que si haría uso de un aplicativo móvil que le permita conocer su ubicación dentro de los diferentes espacios del campus universitario y que a su vez brindara información acerca de los eventos y disponibilidad de los mismos.
- Este análisis permitió identificar una oportunidad para brindar solución al problema planteado por medio de un aplicativo móvil y su aceptación por parte de la comunidad universitaria.

### **10.3 Etapa de Diseño.**

#### **10.3.1 Requerimiento de diseños.**

Para la etapa de diseño el aplicativo móvil debe ser de fácil acceso y entendible para el usuario de manera que la experiencia de uso sea lo mejor posible por ello para la relación e interacción y la organización de las vistas surgen los siguientes requerimientos:

- En el inicio de la aplicación el usuario debe tener claro los componentes que encontrara en ella tales como el mapa con la ubicación en tiempo real, los salones, eventos y búsqueda.
- La aplicación debe contar con un entorno amigable con el usuario para evitar confusiones en su uso y así lograr una experiencia agradable para el usuario.
- Debe contar con una lista de salones (5 piso edificio de ingenierías campus el jardín)
- Cada salón debe contar con la información sobre su disponibilidad necesaria para ser brindada al usuario.
- Los iconos en la aplicación deben ser claros en cuanto a la funcionalidad que cumplen dentro de la aplicación.

#### **10.3.2 Categorías.**

- 1. Mapa:** Contiene el plano del campus (5 piso edificio de ingenierías campus el jardín) el cual permitirá mostrarle al usuario su posición en tiempo real.

2. **Salones:** Contiene la lista de salones y laboratorios existentes en el campus (5 piso edificio de ingenierías campus el jardín).
3. **Eventos:** Contiene los eventos más destacados que se realizaran en los auditorios, salones y laboratorios.

### 10.3.3 Sub-Categorías

En el caso de la categoría salones es necesario una segunda categorización para poder mencionar la disponibilidad de los mismo ayudando así al usuario a un mejor uso de las instalaciones.

- **Disponibilidad de Salones:** En esta subcategoría se podrá encontrar los horarios de clase ya asignados por la institución y los horarios en los que estos estarán disponibles para su uso.

### 10.3.4 Interfaz de Búsqueda

En cuanto a la interfaz de búsqueda contara con la nomenclatura y los nombres de cada uno de los salones del caso de estudio (5 piso edificio de ingenierías campus el jardín).

### 10.3.5 Interfaces

Imagen 11: interfaz inicio mapa  
Fuente: (Autor, 2020)



imagen 12: interfaz categoría Salones  
Fuente: (Autor, 2020)

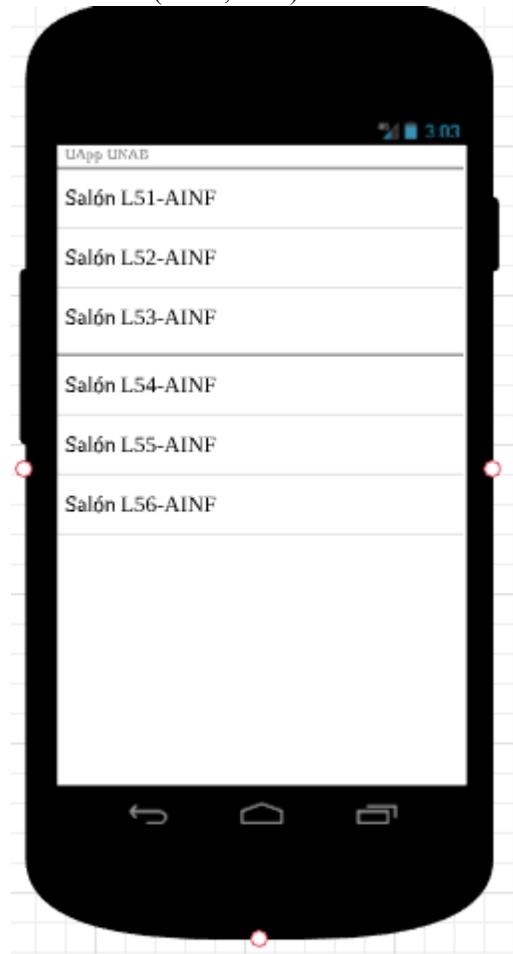


Imagen 13: interfaz Disponibilidad de salones

Fuente: (Autor, 2020)

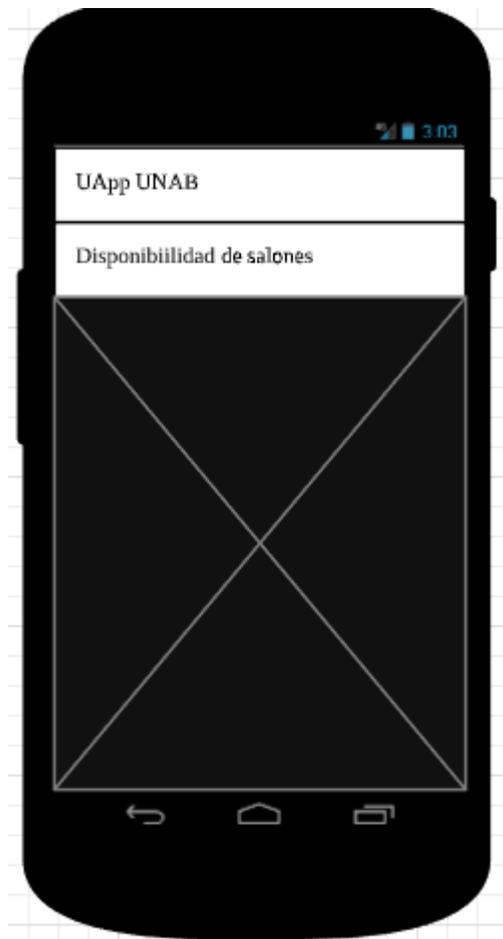
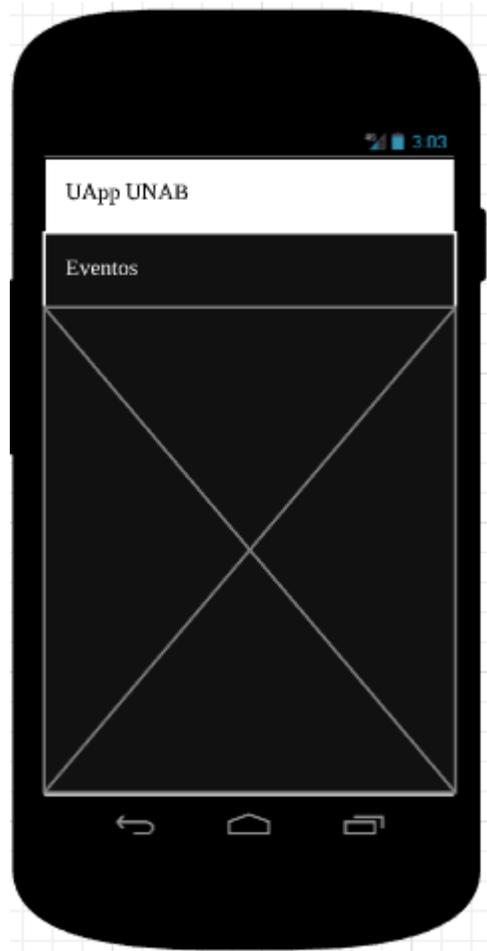


imagen14: Interfaz eventos

Fuente: (Autor, 2020)



### **10.3.6 etapa final.**

Partiendo de las interfaces propuestas en la etapa inicial del diseño son desarrolladas con un número de detalles y ya funcionales para el aplicativo móvil en el sistema operativo Android.

### **10.3.7 Logo de la aplicación.**

El logotipo de la aplicación móvil consta de uno de los emblemas representativos de la UNAB como lo es la cúpula de la torre del edificio administrativo en la parte inferior cuenta con un icono que hace alusión al posicionamiento en un mapa de varios niveles, el nombre de la aplicación está situado debajo del logotipo.

La paleta de colores que se utilizó fue el color naranja representativo de la Universidad autónoma de Bucaramanga – UNAB y el color morado utilizado como el color de los iconos de posicionamiento en la aplicación se utilizó un fondo blanco para resaltar los colores del logotipo.

Imagen 15: logo de la aplicación UApp UNAB.  
Fuente: (Autor, 2020)



## 10.3.8 Interfaces prototipo.

### 10.3.8.1 Interfaz inicio.

Imagen 16: interfaz final del mapa  
Fuente: (Autor, 2020)



### 10.3.8.2 Interfaz eventos.

Imagen17: interfaz pestaña eventos

Fuente: (Autor, 2020)



### 10.3.8.3 Interfaz disponibilidad de salones.

Imagen.18: interfaz disponibilidad de salones  
Fuente: (Autor, 2020)



### **10.3.9 Detalle de los elementos.**

Teniendo en cuenta los requerimientos detallados en la fase de diseño del prototipo de aplicación, consiste en brindarle al usuario la posibilidad de tener la información relevante de la app en una sola vista por lo cual se implementaron el concepto de Tabs o pestañas; se busca brindarle al usuario una interfaz amigable y una interacción optima mezclando el funcionamiento con la estética. Para esto Android dispone de un material Design que posee animaciones, movimientos y un nuevo diseño para diferentes dispositivos y plataformas Android.

### **10.3.10 Material Design**

Material Design es una guía completa para el diseño visual; de interacciones y de movimientos en distintas plataformas y dispositivos Android con esta nueva implementación en la interfaz de las aplicaciones Android se busca lograr encontrar una mayor interacción del usuario con el dispositivo móvil para este proyecto de implementaron los siguientes conceptos.

### **10.3.11 Barra de aplicación**

La app bar o la barra de aplicación o también conocida como barra de acciones en un elemento de diseños más importante de las actividades de las aplicaciones Android ya que nos proporciona una estructura visual y elementos interactivos que son familiares para los usuarios tales como:

- Acceso a las acciones importantes del sistema como la navegación o la búsqueda.
- Darle identidad a la aplicación que indica la presencia del usuario dentro de esta.
- La app bar puede ser de 2 a 3 veces más alto que la altura normal el desplazamiento la barra de la aplicación puede colapsar sin ningún tipo de problemas por su altura.

La barra del aplicativo móvil consta de los siguientes elementos:

- Encabezado: el nombre de la app o del proyecto (UApp UNAB)

- Icono de búsqueda: permite la búsqueda de los diferentes espacios del campus universitario de la Universidad autónoma de Bucaramanga.
- Pestañas o Tabs: en esta se encuentran los diferentes contenidos de la aplicación.

Imagen 19: barra de la aplicación  
Fuente: (Autor, 2020)



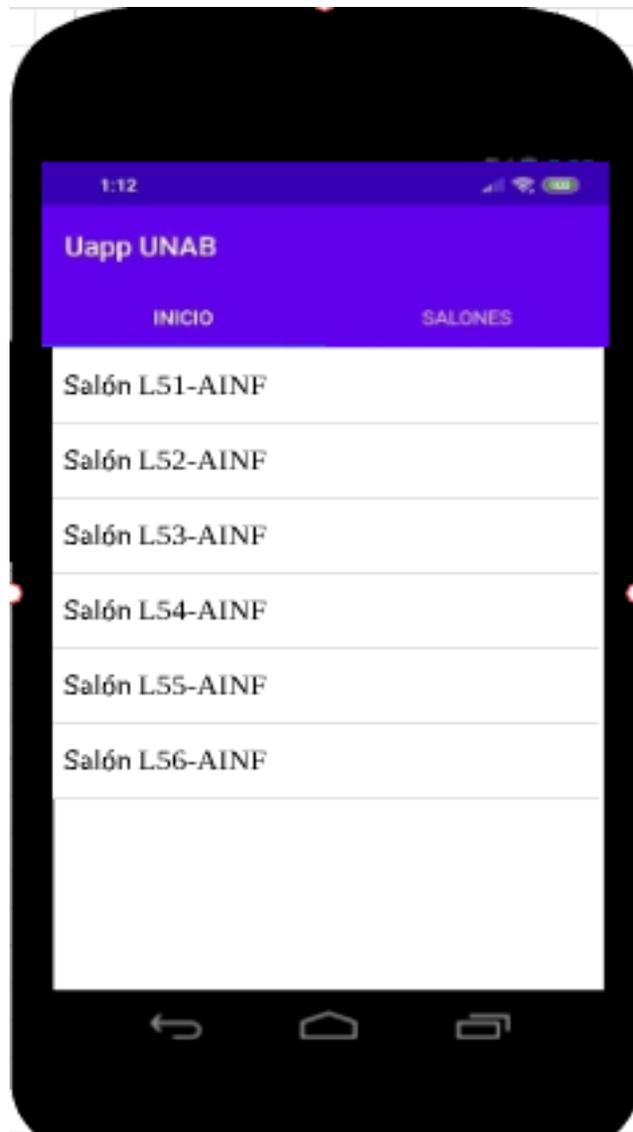
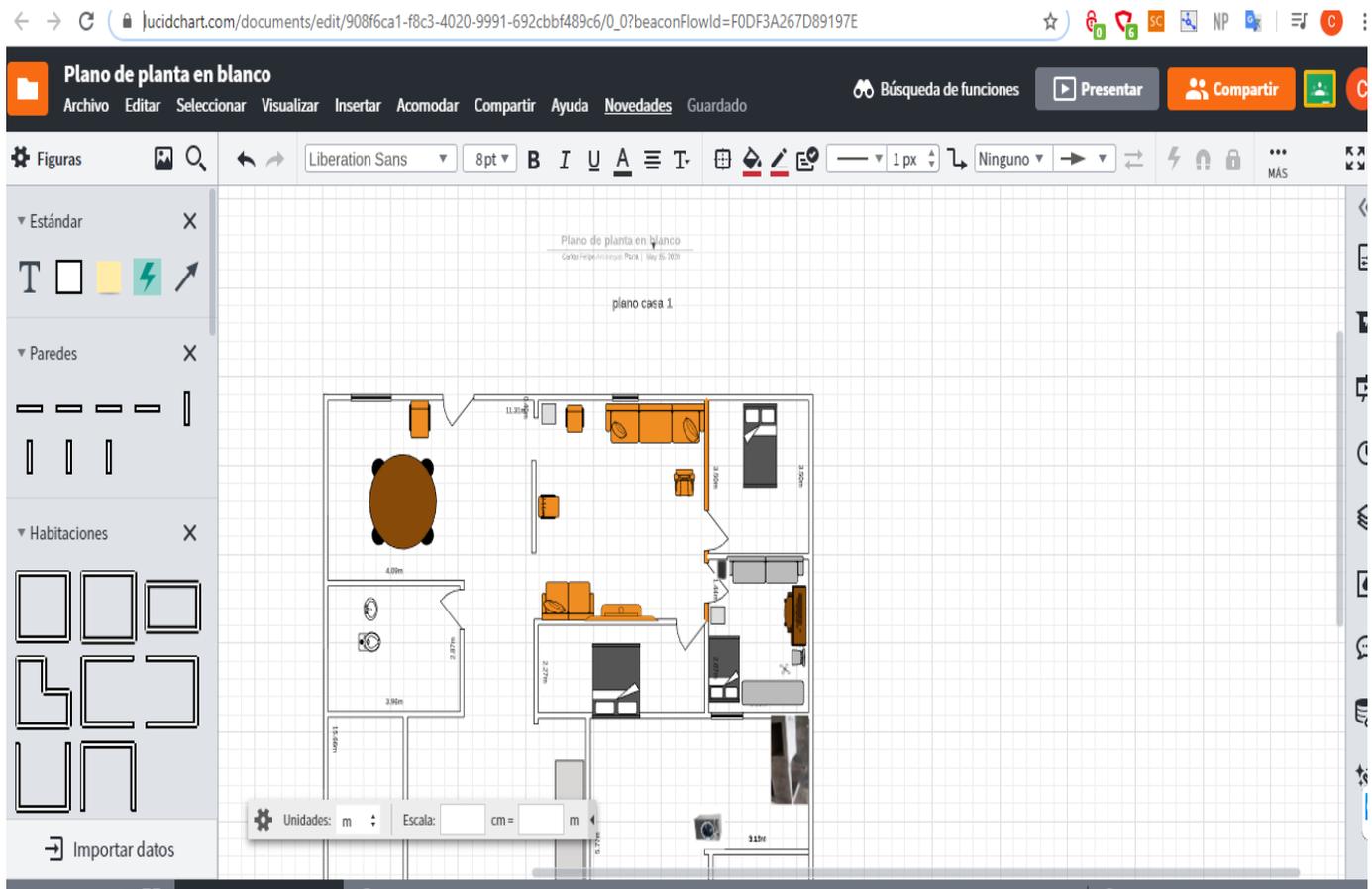


Imagen 20: barra con Scroll.  
Fuente: (Autor, 2020)

### 10.3.12 Mapa

para poder realizar el posicionamiento en espacios indoor requerimos tener un mapa a escala de la zona en la que deseamos posicionarnos en este caso se muestra el mapa de una casa de una planta realizado con la herramienta web Lucidchart y el cual fue extraído de la pagina [https://www.lucidchart.com/documents/edit/908f6ca1-f8c3-4020-9991-692cbbf489c6/0\\_0?beaconFlowId=F0DF3A267D89197E](https://www.lucidchart.com/documents/edit/908f6ca1-f8c3-4020-9991-692cbbf489c6/0_0?beaconFlowId=F0DF3A267D89197E)

imagen 21: herramienta lucidchart para elaboración de planos  
Fuente: (Autor, 2020)



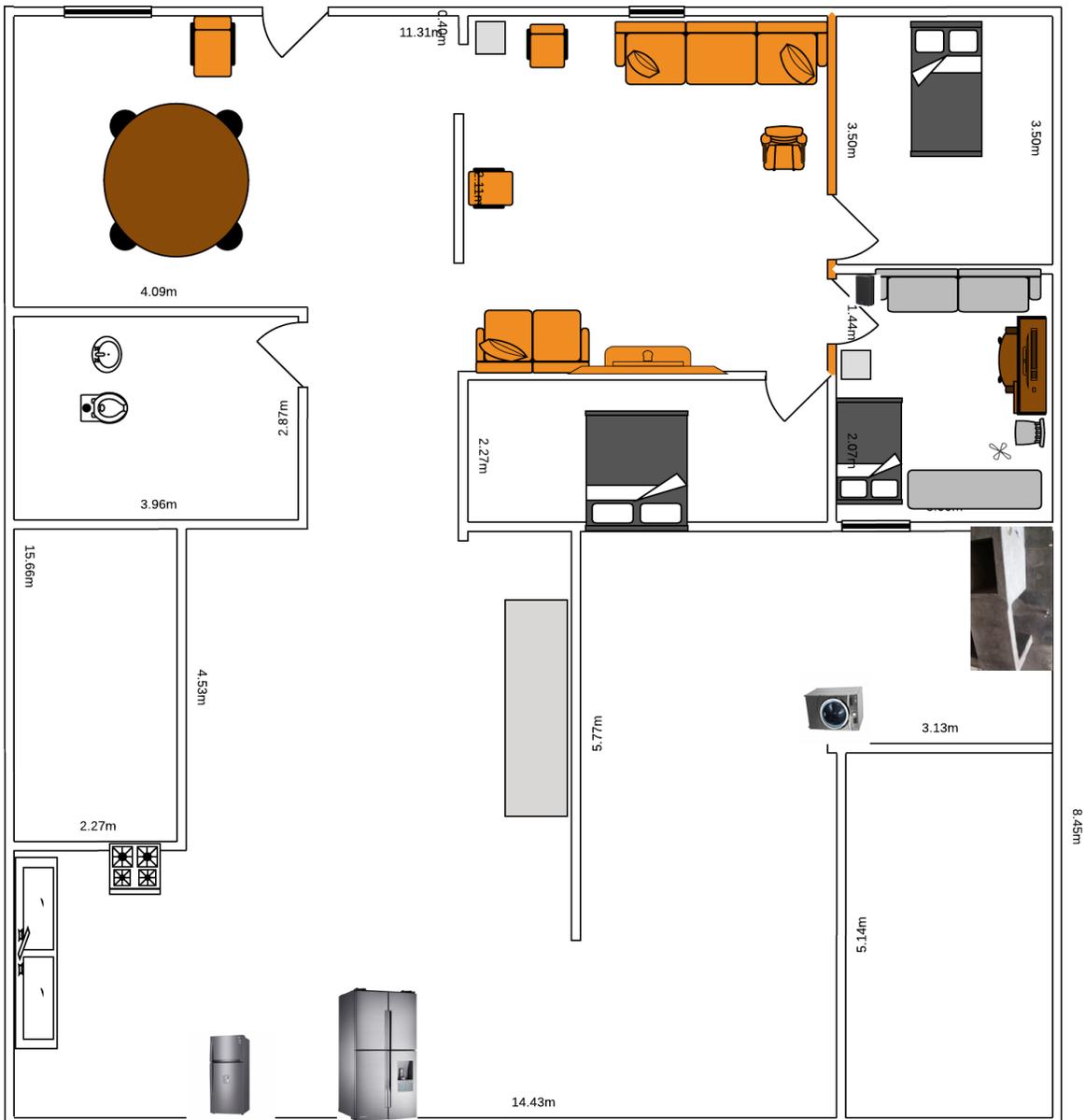
- Planos

Imagen 22: plano casa.  
Fuente: (Autor, 2020)

Plano de planta en blanco

Carlos Felipe Arciniegas Parra | May 15, 2020

plano casa 1

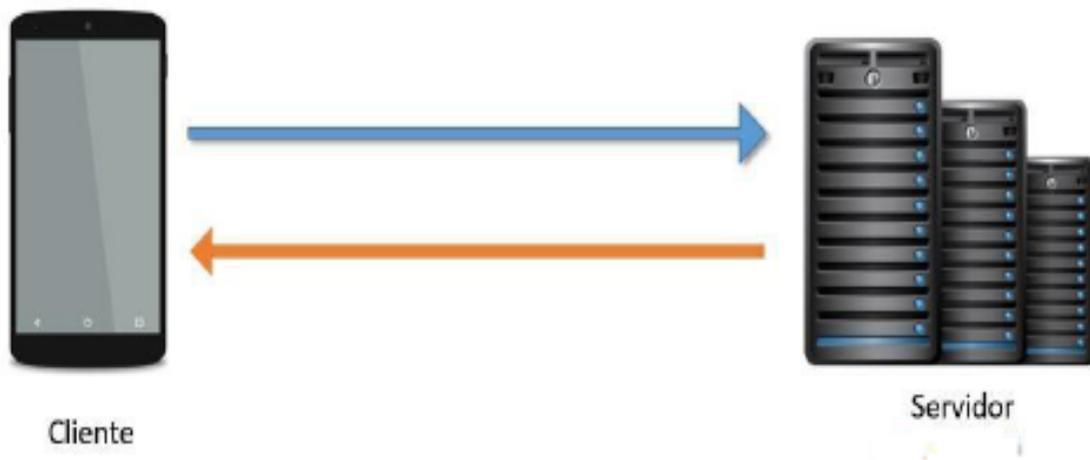


Con la herramienta IndoorAtlas este plano será cargado dependiendo de la ubicación del usuario en el espacio indoor de la casa, se le añadirá la información necesaria para poder distinguir casa una de las habitaciones; la implementación de la funcionalidad de la tecnología depende de la escala real del mapa porque si un plano no es preciso la información de retorno no será precisa.

### 10.3.13 Cliente-Servidor

Debido a que los datos de este aplicativo móvil necesitan ser consumidos por el usuario, estos deben estar alojados en un servidor por lo que es necesario implementar la arquitectura Cliente – Servidor.

Imagen 23: Cliente- Servidor  
Fuente: (Autor, 2020)



## 10.4 Etapa de implementación.

### 10.4.1 Especificación de los requerimientos.

En esta etapa se disponen los requisitos del prototipo UApp a un nivel más detalle suficiente para poder satisfacer los requerimientos y necesidades planteados anteriormente, efectuando las debidas pruebas al sistema con el fin de verificar la funcionalidad.

- **Funcionalidad**
  1. **Ubicación indoor.**

El prototipo debe permitir que el usuario conozca su posicionamiento dentro del caso de estudio proporcionándole su ubicación en tiempo real y la información detalla de estos, a su vez de ser necesaria la ruta para su desplazamiento, el aplicativo debe indicarle como dirigirse al local de destino.

## **2. Salones**

El usuario tendrá a su disposición los distintos espacios del campus cada uno tendrá información detallada de su disponibilidad.

## **3. Sección de eventos**

El prototipo debe permitirle al usuario el conocimiento de los diferentes eventos organizados por la Universidad Autónoma de Bucaramanga en donde de manera óptima podrán ser consultados rápida y detalladamente siendo de fácil acceso para el usuario.

## **4. Compatibilidad**

El sistema era compatible con los dispositivos móviles bajo el sistema operativo de Android dada a la facilidad de actualizar y dar soporte a los terminales con este sistema operativo además por ser el más demandado actualmente.

### **10.4.2 Requerimientos no funcionales**

El aplicativo debe ser eficaz y contar un bajo tiempo de respuesta siendo que para aplicativos Android es menor a 5 segundos.

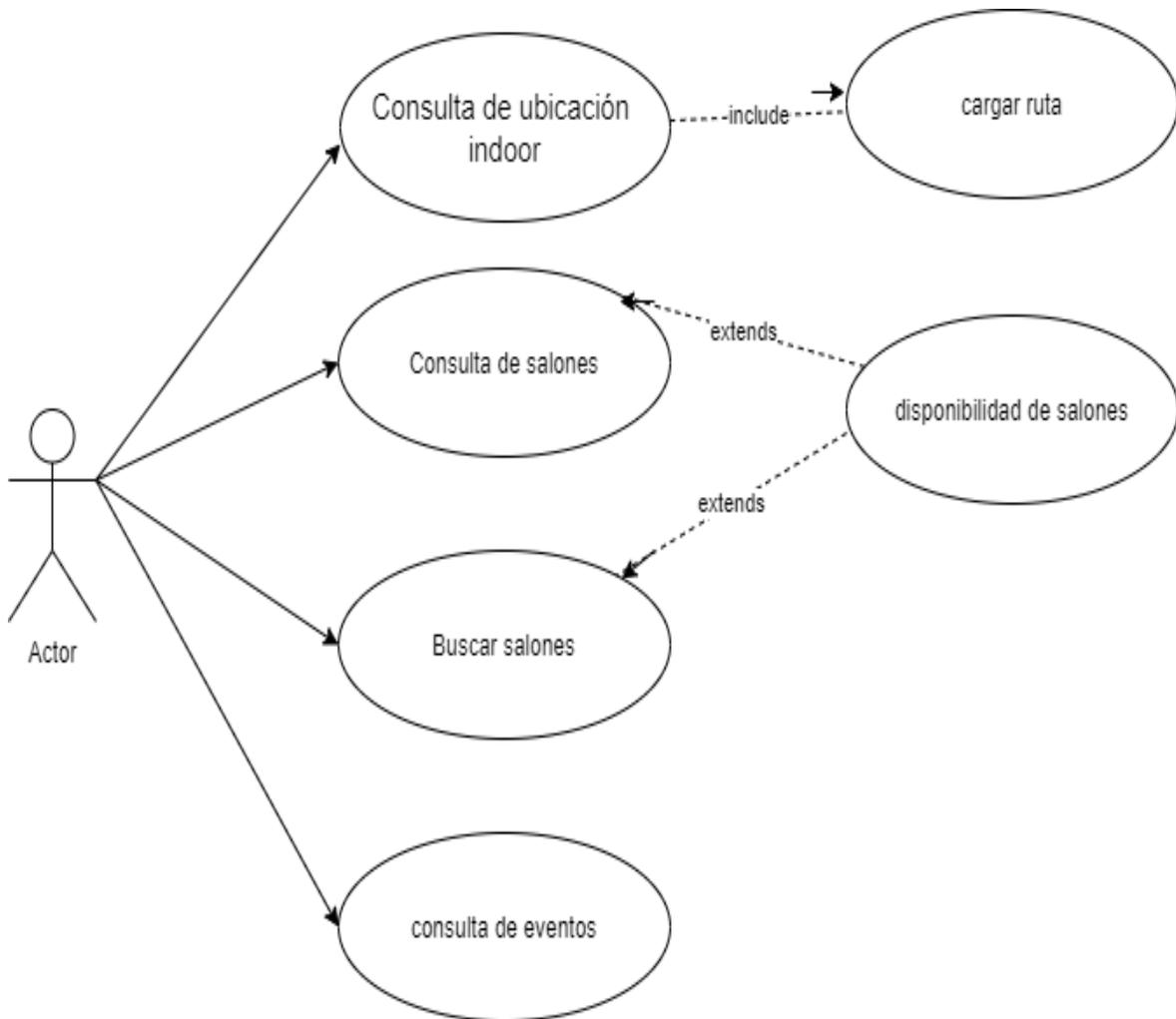
- Los permisos de acceso al sistema solo podrán ser modificados por el administrador.
- Debe impedir el cierre forzado del aplicativo.
- El sistema será desarrollado para el sistema operativo Android
- El sistema implementara el hosting más adecuado a las necesidades del sistema para el soporte de la aplicación desarrollada en Android.

- El sistema deberá tener alta disponibilidad cada vez que el usuario necesite hacer uso de la aplicación.

### 10.4.3 Caso de Uso.

En el siguiente caso de uso se plantea las actividades que se deben realizar para cada proceso que desarrolla el sistema, se especifica el comportamiento del sistema en propuestas por el usuario

Imagen 24: Caso de uso UApp Unab.  
Fuente: (Autor, 2020)

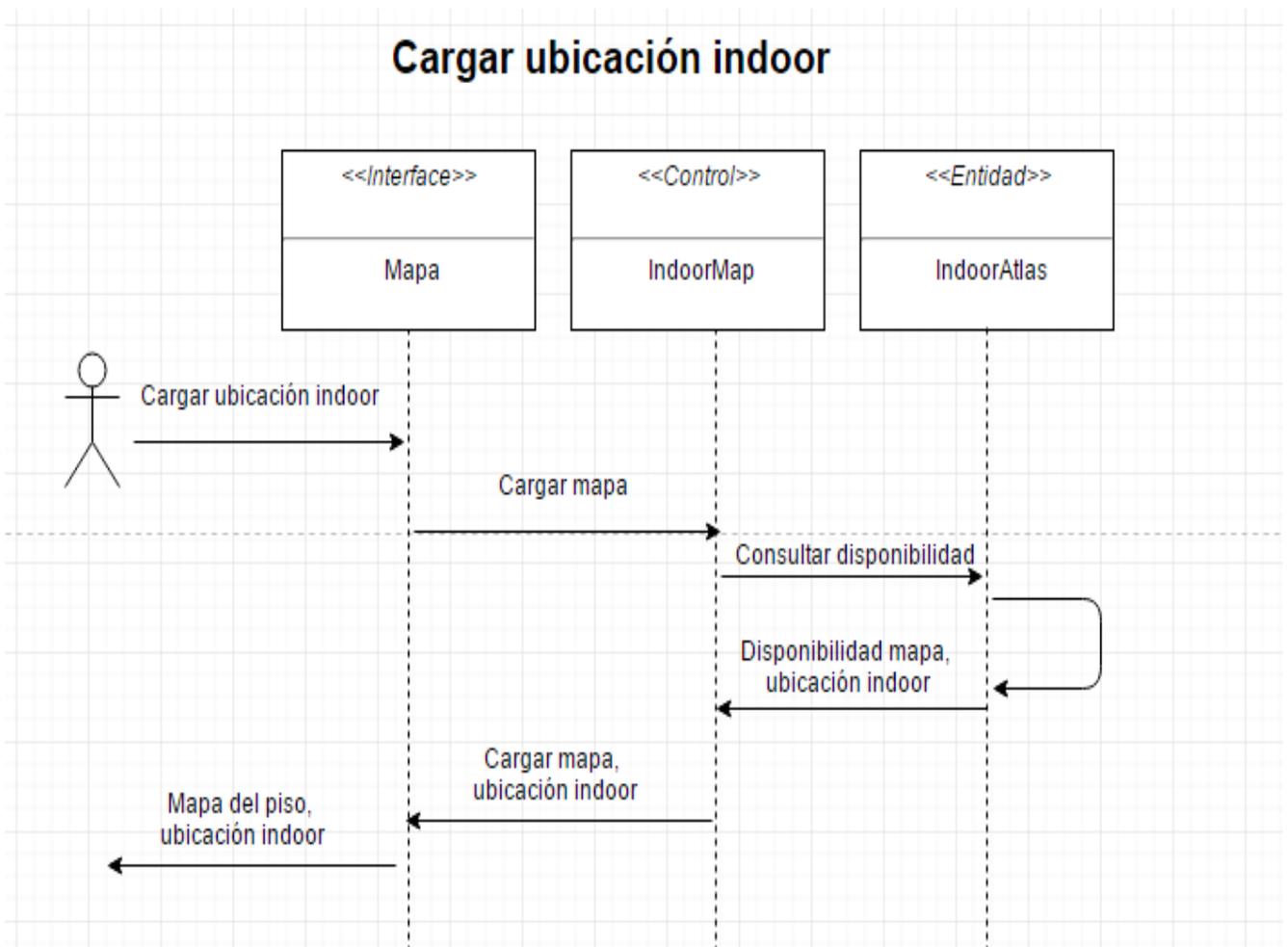


Text

#### 10.4.4 Diagrama de secuencia.

Los diagramas de secuencia incluyen los detalles de la implementación del sistema, incluyendo las interfaces, controladores y entidades.

Imagen 25: Diagrama de secuencia ubicación indoor  
Fuente: (Autor, 2020)



En el diagrama de secuencia se carga la ubicación indoor en el cual se evidencia la secuencia que realiza la aplicación para obtener el mapa de posicionamiento dentro del campus universitario, el usuario solo accede a la interfaz donde se cargará el mapa la cual realiza una consulta en el estado de este servidor de IndoorAtlas que en el mejor de los casos devolverá el mapa.

Imagen 26: Diagrama de secuencia sub categorías.  
Fuente: (Autor, 2020)

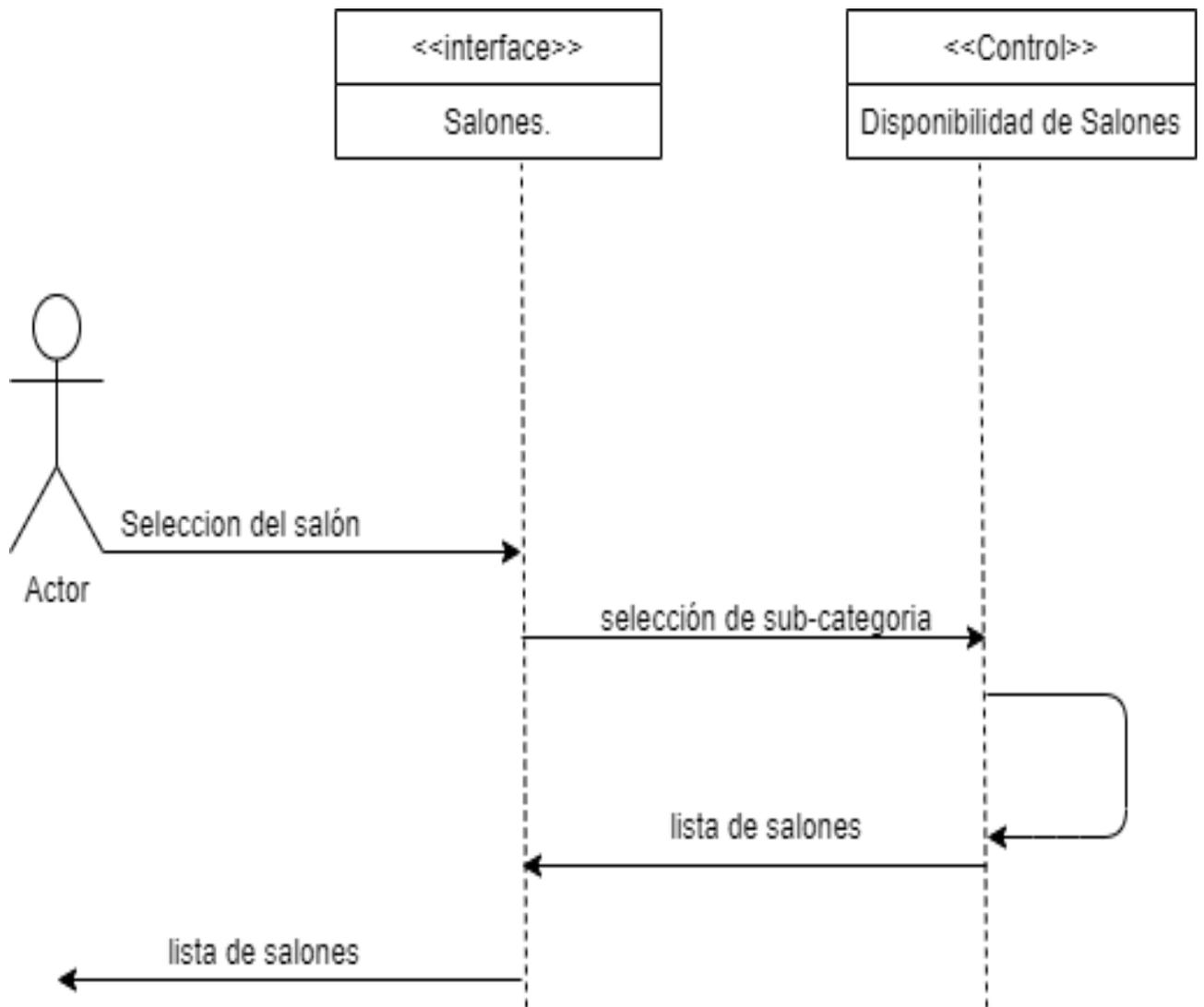
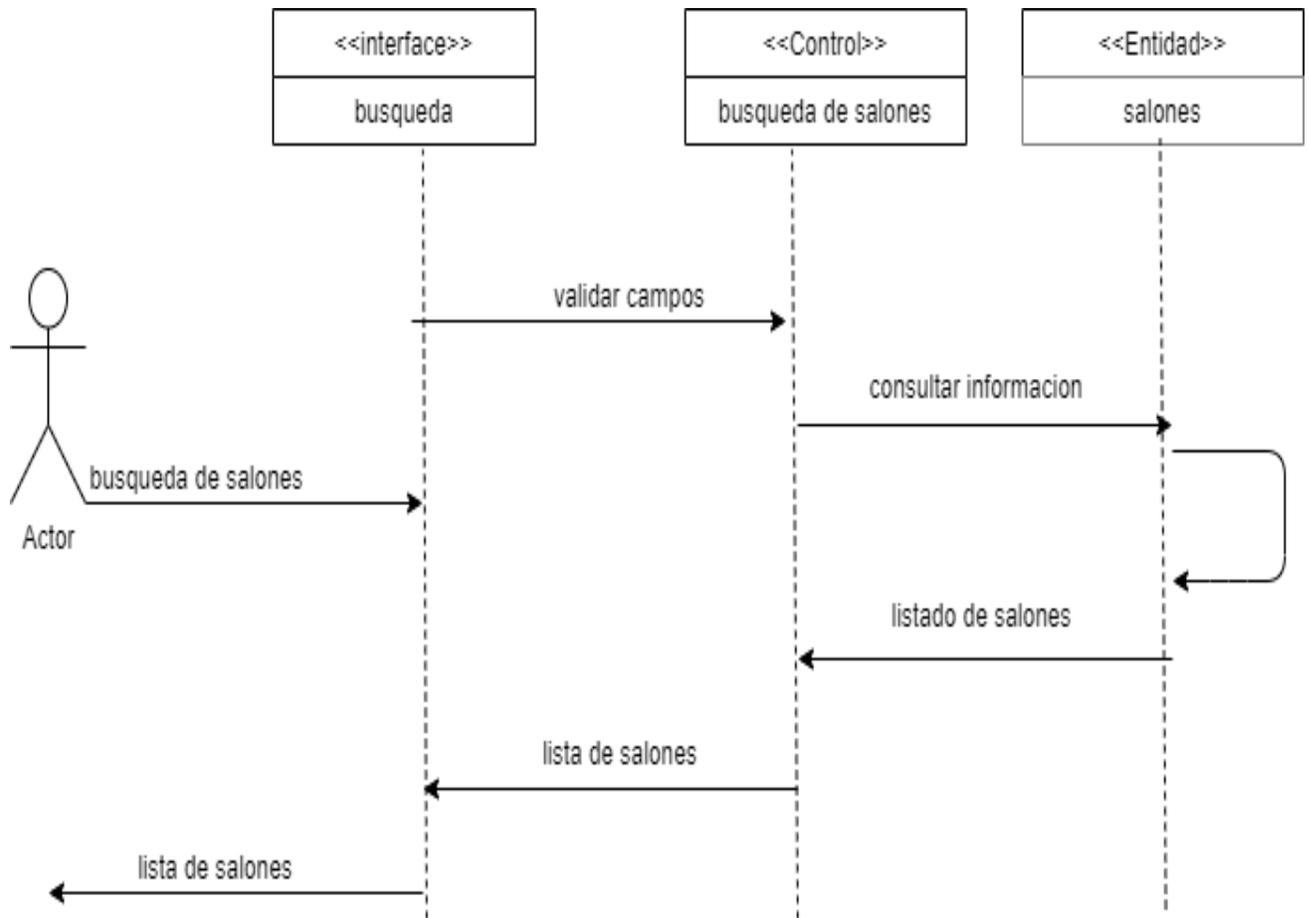


Imagen 27: Diagrama de secuencia búsqueda de salones  
Fuente: (Autor, 2020)



Buscar salones permite al usuario consultar salones de manera rápida, la interfaz de búsqueda mostrara los parámetros que concuerden con la búsqueda una vez se haya establecido si existe o no algún salón con dichos parámetros.

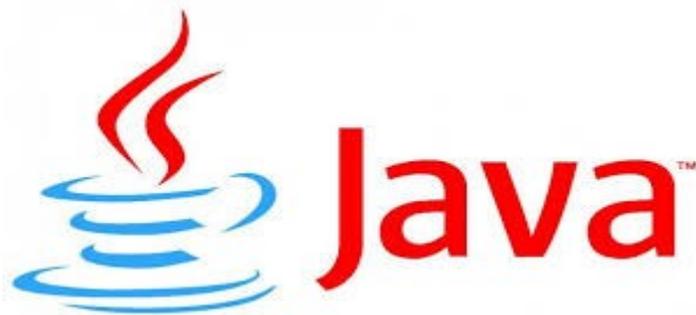
## 10.4.5 Desarrollo del aplicativo móvil

### 10.4.5.1 elección del sistema operativo

- **Java**

Es un lenguaje de programación orientado a objetos lo cual añade mayor facilidad al momento de añadir o realizar modificaciones al sistema. Al soportar Android múltiples lenguajes de programación, se optó por seleccionar Java para la implementación de la aplicación móvil por su versatilidad y reconocimiento.

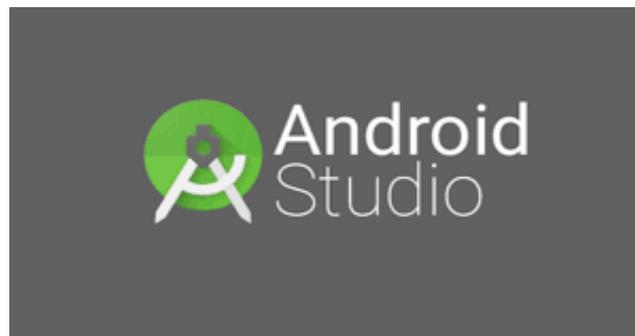
imagen 28: Logo java.  
Fuente: (Anthoncode,2019)



- **Android Studio**

Es el IDE (Ambiente de desarrollo integrado) oficial de Android. Proporciona las diferentes herramientas integradas para la creación de aplicaciones móviles desde bajo hasta alto nivel.

Imagen 29: logo Android Studio  
Fuente: (Linux adictos, 2019)



### 10.4.5.2 Uso de la plataforma IndoorAtlas.

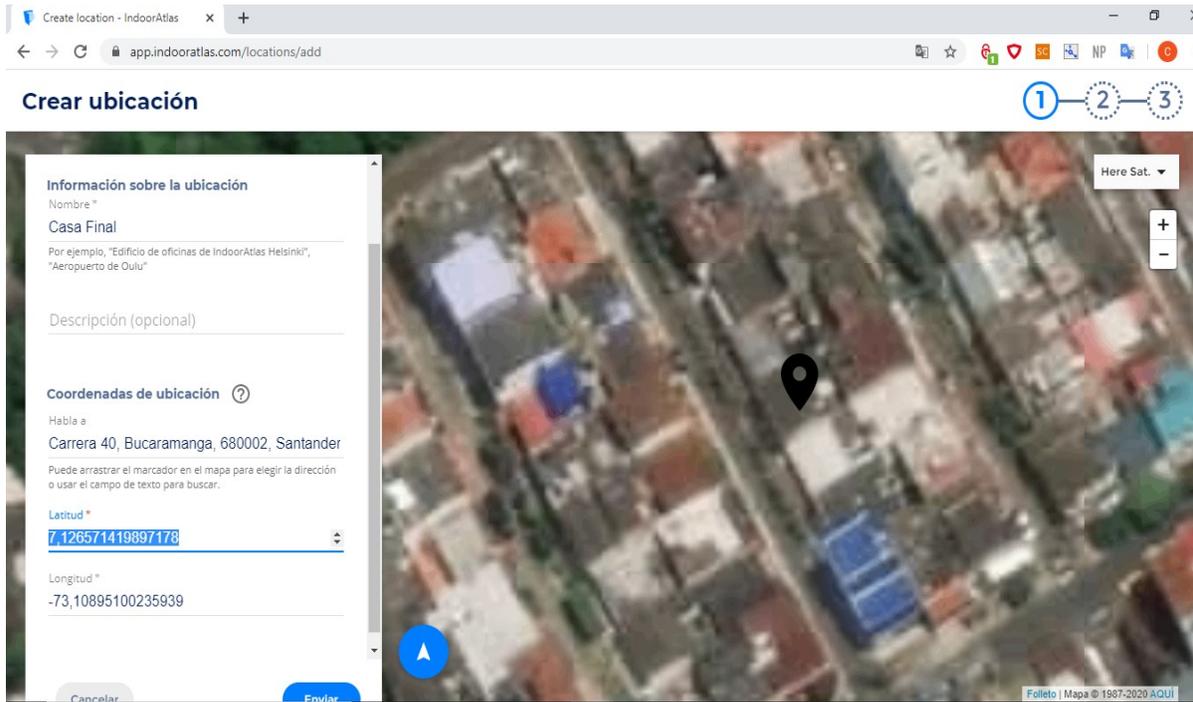
La tecnología más viable para nuestro proyecto es la tecnología de IndoorAtlas ya que nos permite el posicionamiento en espacios indoor. Mediante el uso de su plataforma, se agregan los diferentes planos del sector que se pretende mapear. Para añadir un plano de planta, la plataforma pide la imagen del plano, el piso correspondiente del plano y un nombre para su identificación.

Imagen 30: Crear ubicaciones  
Fuente: (IndoorAtlas, 2020)



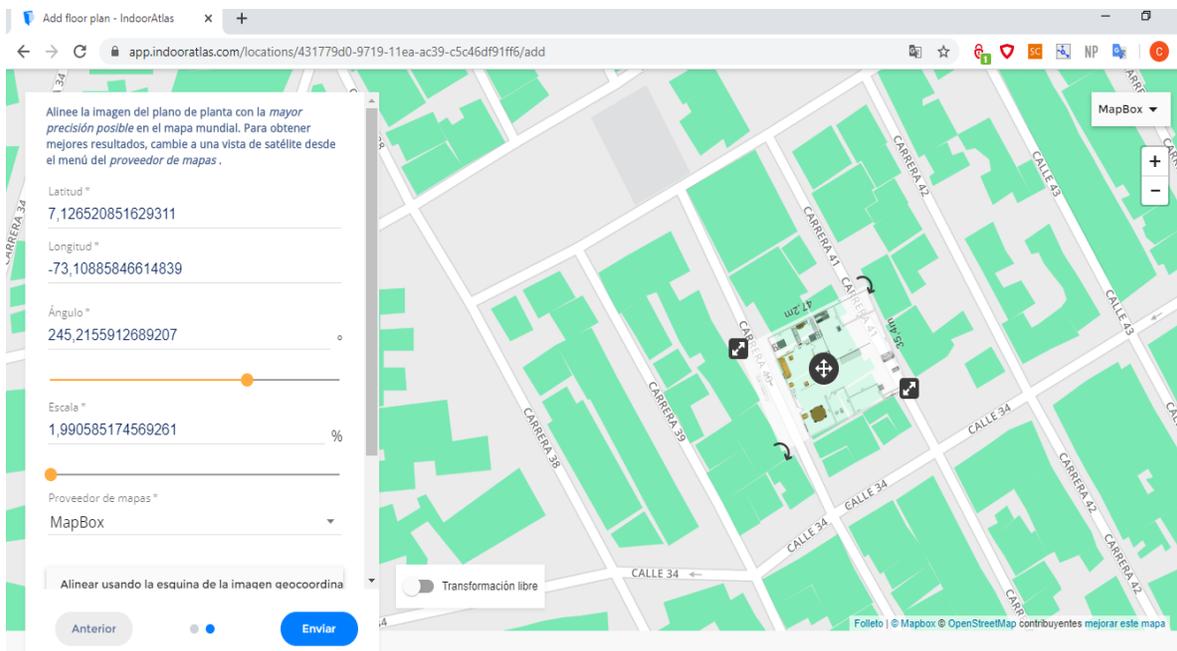
En este primer paso vamos a buscar la ubicación por medio de un mapa el lugar donde se encuentra geográficamente la estructura que vamos a recorrer.

Imagen 31: ubicación geográfica.  
Fuente: (IndoorAtlas, 2020)



Después de encontrar el punto geográfico donde se encuentra la estructura a recorrer tomamos nota de la latitud y la longitud.

Imagen 32: Agregar el plano  
Fuente: (IndoorAtlas, 2020)



Una vez cargado el plano correspondiente a la estructura se procede al mapeo de la zona mediante el aplicativo móvil MapCreator2 de IndoorAtlas

Imagen 33: interfaz MapCreator2  
Fuente: (Autor, 2020)

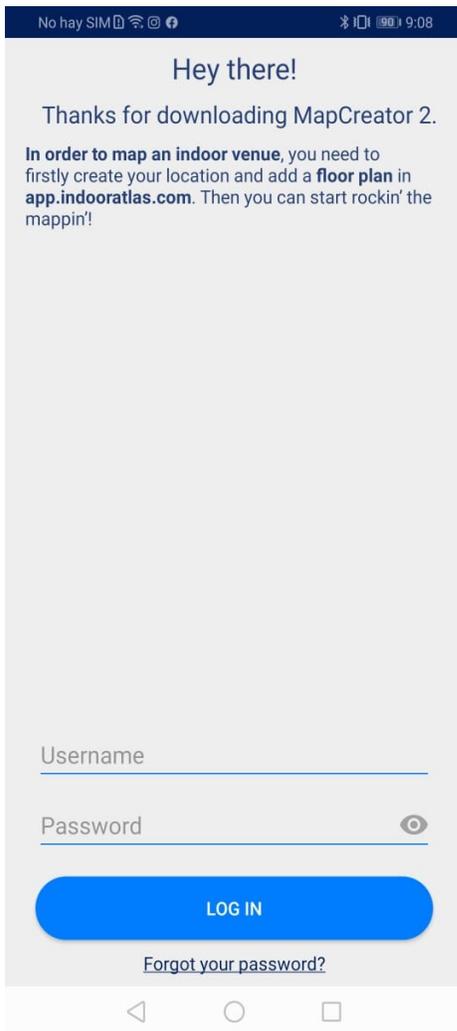


Imagen 34: my locations  
Fuente: (Autor, 2020)

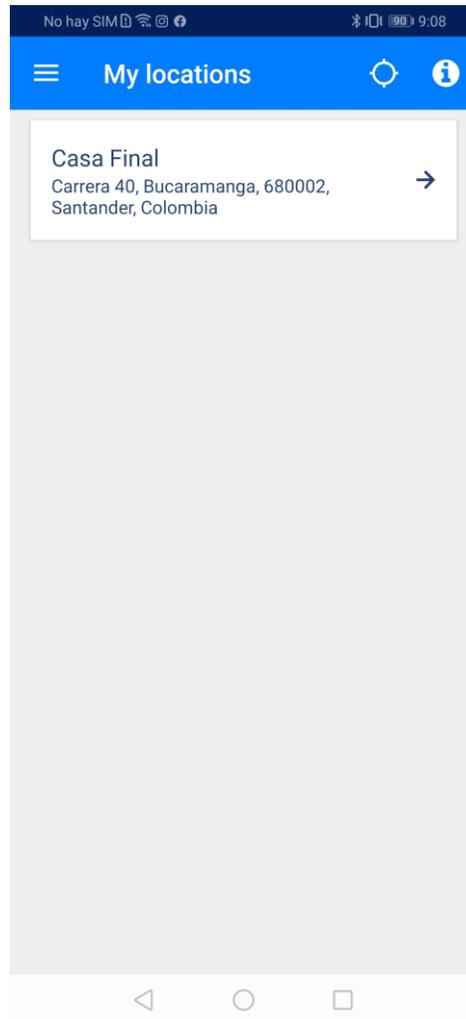


Imagen 35: Mapa sin recorrido.  
Fuente: (Autor, 2020)

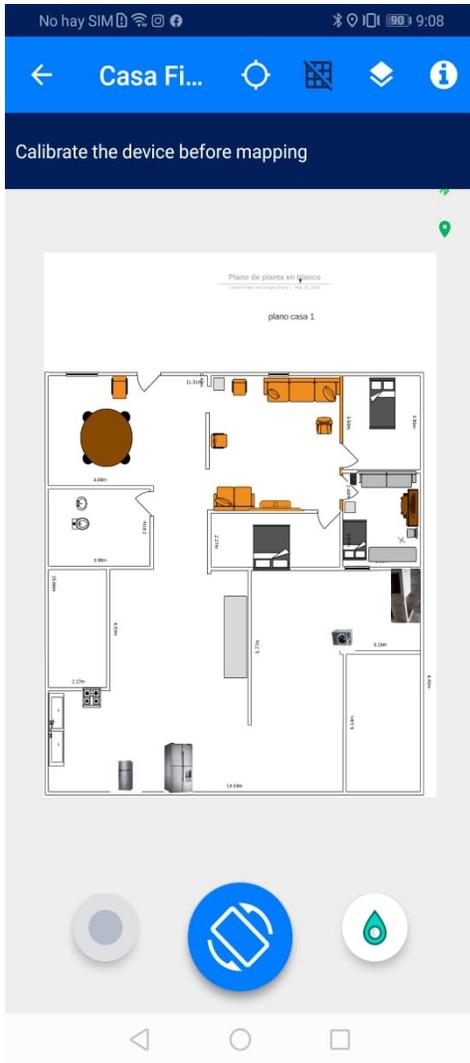


Imagen 36: Calibración de sensores  
Fuente: (Autor, 2020)

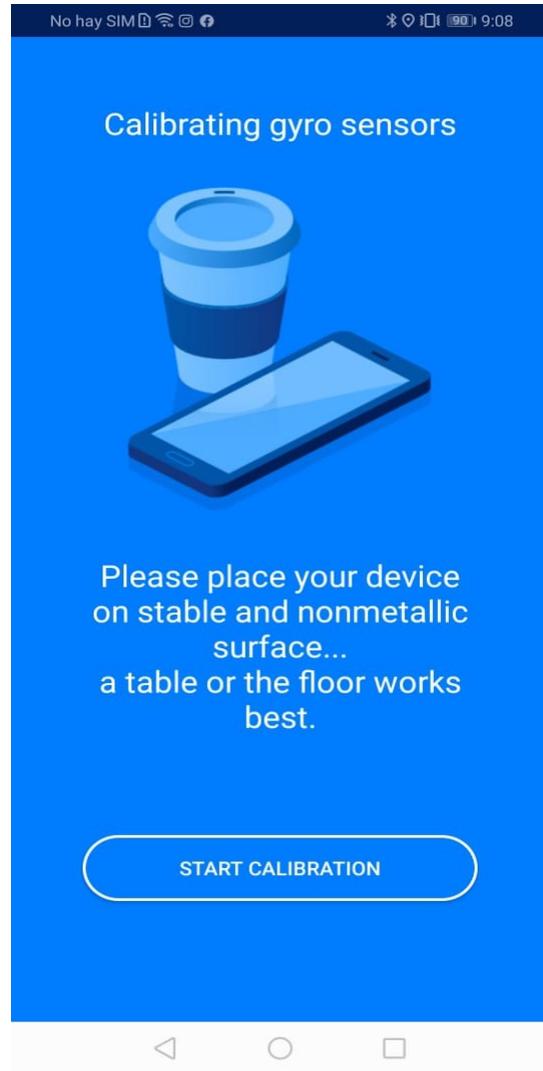


Imagen 37: Calibración sensores  
Fuente: (Autor, 2020)

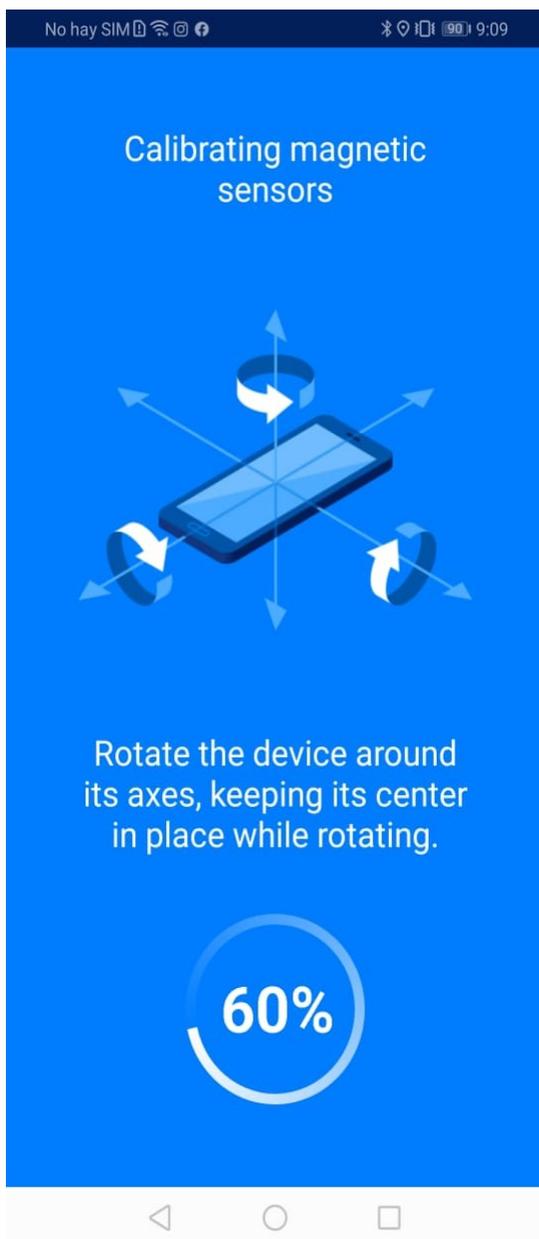


imagen 38: plano con rutas trazadas  
Fuente: (Autor, 2020)

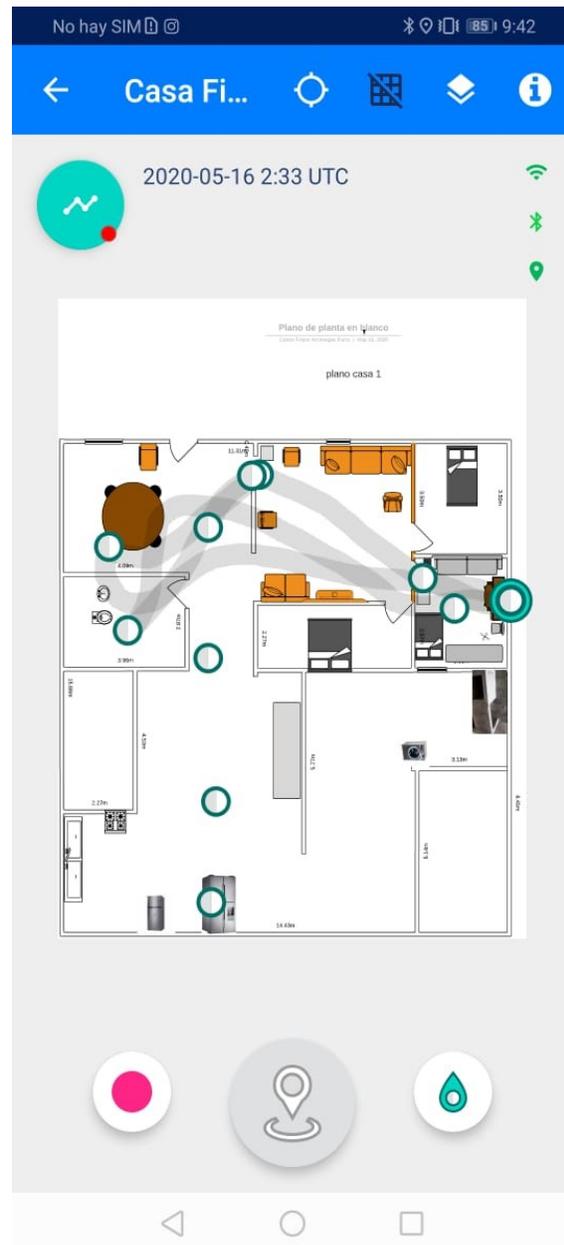
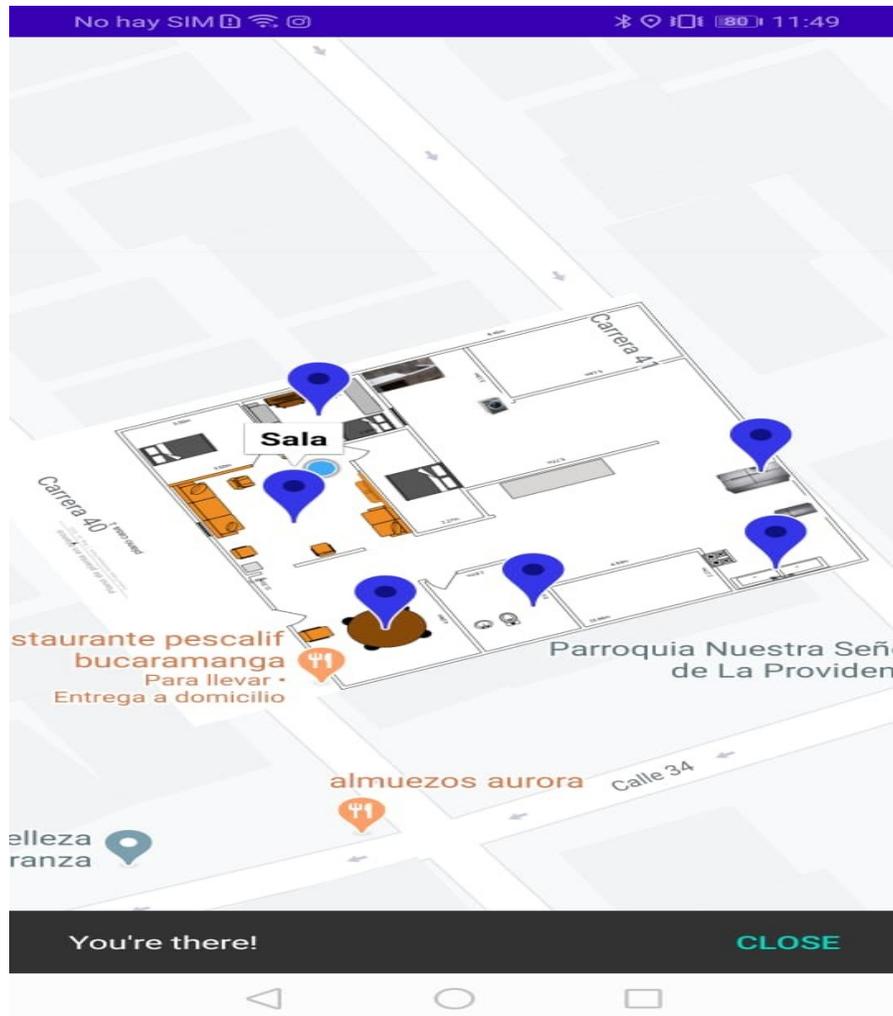


Imagen 39: plano con descripción de salones.  
Fuente: (Autor, 2020)



Una vez terminado el mapeo de todos los pisos respectivos del centro comercial, los datos obtenidos serán cargados en los servidores de IndoorAtlas para ser usados como coordenadas dentro de un espacio cerrado. Entre más rutas sean trazadas en un mismo piso, mayor será la precisión al momento de ubicarse en interiores.

#### **10.4.5.3 Programación en Android.**

En los requerimientos de diseño nos piden darle al usuario en una sola vista la mayor cantidad de información que encontrara dentro de la aplicación debido a esto utilizamos el concepto de fragmentos en Android.

#### **10.4.5.4 Fragmentos en Android.**

“Un Fragment representa un comportamiento o una parte de la interfaz de usuario en una FragmentActivity. Puedes combinar varios fragmentos en una sola actividad para crear una IU multipanel y volver a usar un fragmento en diferentes actividades.” (Developer.android.com,2020) Cada fragmento debe ir incrustado dentro de una actividad, por lo cual, en el proyecto, se dispone de 3 fragmentos en la interfaz inicial y otros para el listado de salones.

#### **10.4.5.5 Ciclos de vida fragmentos.**

Con la implementación de los fragmentos se hace necesario conocer el ciclo de vida de estos ya que el ciclo de vida de un fragmento es diferente al de la actividad que lo aloja.

Imagen 40: Ciclo de Vida Activity  
 Fuente: (Autor, 2020)

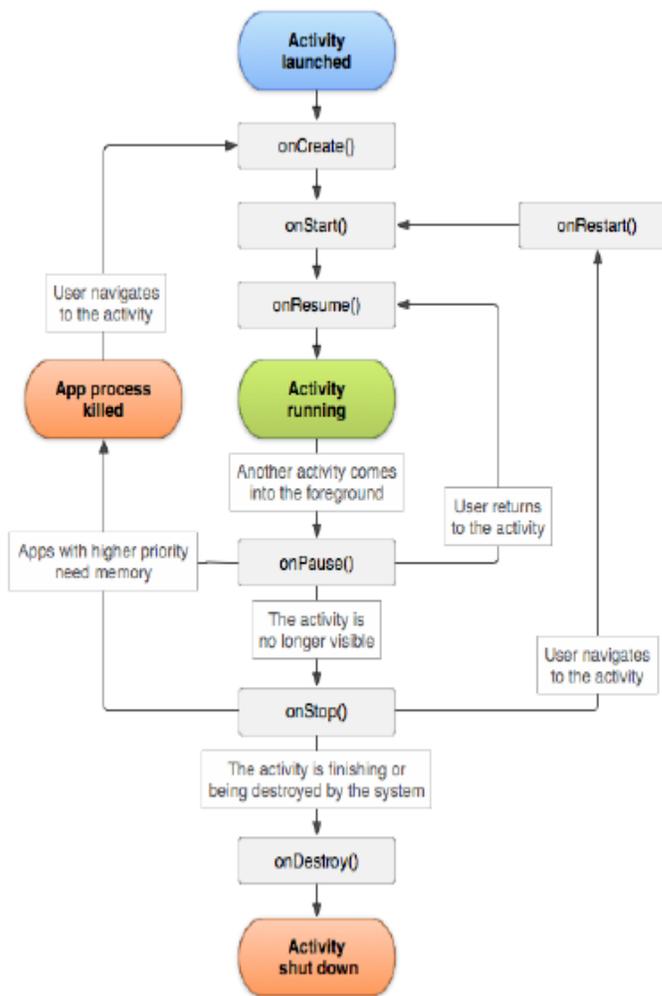
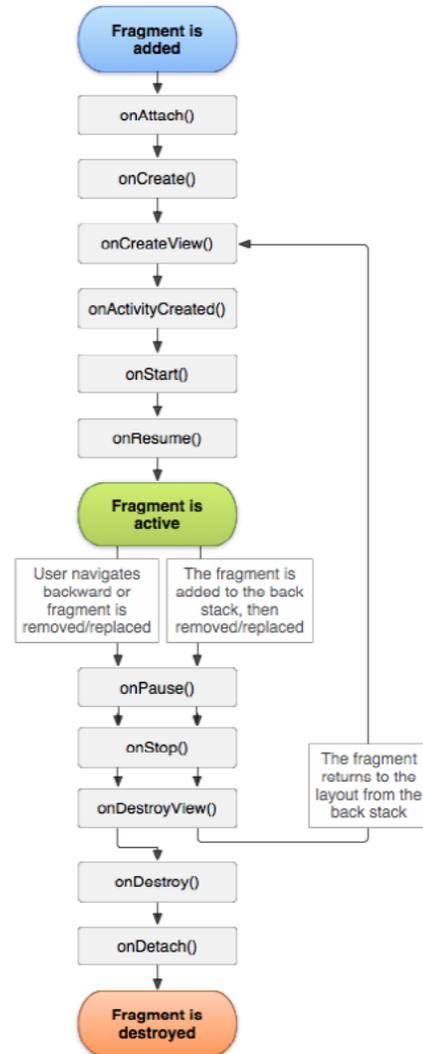


imagen 41: ciclo de vida Fragment  
 Fuente: (Autor, 2020)



A diferencia del activity, el fragmento tiene varios métodos adicionales. Una vez que la vista es destruida para ser sustituida por otra, el fragmento tiene dos posibilidades: desvincular la vista o recrearla de nuevo. La clase `Fragment_Indoor` contiene el código necesario para cargar el mapa dentro de la aplicación y hacer uso de él.

#### 10.4.5.6 Manifiesto

El manifiesto en la plataforma Android contiene las configuraciones, permisos y servicios que se utilizaran, UApp UNAB utilizara los sensores del dispositivo móvil, además de permisos para acceder a la red y su estado, localización y leer y escribir para guardar el mapa descargado desde el servidor de IndoorAtlas.

Imagen 42: permisos  
Fuente: (Autor, 2020)

```
<!-- Permisos requeridos -->
<uses-permission android:name="android.permission.WRITE_EXTERNAL_STORAGE" />
<uses-permission android:name="android.permission.READ_EXTERNAL_STORAGE" />
<uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_FINE_LOCATION" />
<uses-permission android:name="android.permission.DOWNLOAD_WITHOUT_NOTIFICATION" />
<uses-permission android:name="android.permission.INTERNET" />
<uses-permission android:name="android.permission.BLUETOOTH" />
<uses-permission android:name="android.permission.BLUETOOTH_ADMIN" />
```

#### 10.4.5.7 Metadata

Para hacer uso del servicio de posicionamiento dentro de una aplicación móvil en el sistema operativo Android es necesario utilizar el API\_KEY y el SECRET\_API\_KEY suministrados por IndoorAtlas.

Imagen 43: Metadata  
Fuente: (Autor, 2020)

```
<meta-data
    android:name="com.google.android.gms.version"
    android:value="12451000" />
<meta-data
    android:name="com.google.android.geo.API_KEY"
    android:value="AIzaSyBbiOL7U0A5XKZwKvD0rH21M19jHm9-hmg" />
<meta-data
    android:name="com.indooratlas.android.sdk.API_KEY"
    android:value="8b1dfcad-77d0-4025-b6da-10a752767599" />
<meta-data
    android:name="com.indooratlas.android.sdk.API_SECRET"
    android:value="8b1dfcad-77d0-4025-b6da-10a752767599" />
```

#### 10.4.5.8 Build.gradle.

Para este sistema de compilación de Android se requiere tener agregados las API keys mencionadas anteriormente por lo que son añadidas en el gradle del proyecto; las claves del api como google maps e IndoorAtlas se guardan en gradle. properties del proyecto para anotar los links de las librerías de indooratlas

Imagen 44: Credenciales anotadas en gradle. properties.

Fuente: (Autor, 2020)

```
#API key de Google Maps
googleMapsApiKey=AIzaSy8biOL7U0A5XKZwKvD0rH21M19jHm9-hmg
#API key de IndoorAtlas
IndoorAtlasApiKey=8b1dfcad-77d0-4025-b6da-10a752767599
IndoorAtlasApiSecret=g+Xy+KHCNKyukYnRri1Ttx8EoKN+adMZ3ihHXAJ5Lza0Wbd+wpzRhLq5Ar570C06YdcMp62EfhqMTsmg
```

Imagen 45: Build.gradle del proyecto.

Fuente: (Autor, 2020)

```
allprojects {
    repositories {
        google()
        jcenter()
        mavenCentral()
        maven {
            url "http://indooratlas-ltd.bintray.com/mvn-public"
        }
        maven {
            url "http://indooratlas-ltd.bintray.com/mvn-public-alpha"
        }
        maven {
            url "http://indooratlas-ltd.bintray.com/mvn-public-beta"
        }
    }
}
```

En el build.gradle del proyecto se anotan los links para la posterior descarga de las bibliotecas de la tecnología IndoorAtlas.

Imagen 46: Bibliotecas anotadas en build.gradle de la app.  
Fuente: (Autor, 2020)

```
dependencies {
    implementation fileTree(dir: 'libs', include: ['*.jar'])

    implementation 'androidx.appcompat:appcompat:1.1.0'
    implementation 'com.google.android.material:material:1.1.0'
    implementation 'androidx.constraintlayout:constraintlayout:1.1.3'
    implementation 'androidx.lifecycle:lifecycle-extensions:2.2.0'
    implementation 'androidx.legacy:legacy-support-v4:1.0.0'
    testImplementation "org.junit.jupiter:junit-jupiter-api:5.6.2"
    testRuntimeOnly "org.junit.jupiter:junit-jupiter-engine:5.6.2"
    androidTestImplementation "org.junit.platform:junit-platform-launcher:1.6.2"
    androidTestImplementation 'androidx.test.espresso:espresso-core:3.2.0'
    //IndoorAtlas
    implementation "com.indooratlas.android:indooratlas-android-sdk:3.2.1@aar"
    //Google Play Services
    implementation 'com.google.android.gms:play-services-maps:17.0.0'
    //Google Maps
    implementation 'com.google.maps.android:android-maps-utils:1.1.0'
    //Dependencias para encajar el plano de IndoorAtlas en Google Maps
    implementation 'com.davemorrissey.labs:subsampling-scale-image-view-androidx:3.10.0'
    implementation 'com.squareup.picasso:picasso:2.71828'
}
```

Diferentes librerías fueron utilizadas para el desarrollo del proyecto estas se ubican dentro del archivo dependencias. Algunas de las utilizadas fueron:

- Picasso: Es una librería para la descarga de imágenes facilitando el proceso de carga dentro de la aplicación ya sea de manera local o desde una url.
- Androidx: Librerías de Android para el uso de diferentes funcionalidades, entre las cuales está el soporte.
- mageView: Permite la manipulación de imágenes de gran escala, ideal para cargar los planos del caso estudio.

### 10.4.5.9 Selección de la versión.

para hacer una selección adecuada para la versión del aplicativo móvil se deben analizar cuáles son las versiones más usadas en la actualidad en los dispositivos a nivel mundial.

Imagen 47: versiones más usadas Android 2020  
Fuente: (Android Studio, 2020)

ANDROID PLATFORM VERSION	API LEVEL	CUMULATIVE DISTRIBUTION
4.0 Ice Cream Sandwich	15	
4.1 Jelly Bean	16	99.8%
4.2 Jelly Bean	17	99.2%
4.3 Jelly Bean	18	98.4%
4.4 KitKat	19	98.1%
5.0 Lollipop	21	94.1%
5.1 Lollipop	22	92.3%
6.0 Marshmallow	23	84.9%
7.0 Nougat	24	73.7%
7.1 Nougat	25	66.2%
8.0 Oreo	26	60.8%
8.1 Oreo	27	53.5%
9.0 Pie	28	39.5%
10. Android 10	29	8.2%

Según la tabla y las últimas actualizaciones las versiones que utilizaremos será desde la Lollipop hasta la Android 10.

#### 10.4.5.10 Fragment\_Indoor.

En esta encontramos todas las clases y variables que se utilizaron y que fueron desarrollados por IndoorAtlas. Las clases utilizados para cargar el plano del mapa y la ubicación en tiempo real son IALocationListener, IALocationManager, IAResourceManager, IAFloorPlan,

- IALocationListener: Actualiza los cambios en la posición indoor.
- IALocationManager: Carga la ubicación indoor en el plano del piso.
- IAResourceManager: Ayuda para recuperar los recursos de servicio en la nube IndoorAtlas.
- IAFloorPlan: Obtiene el mapa según el piso.

#### 10.4.5.11 Variables IndoorAtlas.

Imagen 48: variables desarrolladas por IndoorAtlas  
Fuente: (Autor, 2020).

```
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.resources.IAFloorPlan;
import com.indooratlas.android.sdk.resources.IALatLng;
import com.indooratlas.android.sdk.resources.IALocationListenerSupport;
import com.indooratlas.android.sdk.resources.IAVenue;
```

- ALocationListener: Valida la posición indoor dentro de la estructura. Si la posición no es nula, el dot azul que indica la posición del dispositivo se actualiza con las coordenadas indoor que devuelve el servidor de IndoorAtlas; Escucha constantemente el cambio de piso. Una vez la región actual sea diferente, se procede a cambiar el mapa por el respectivo piso.

Imagen 49: Variables IndoorAtlas  
Fuente: (Autor, 2020)

```
private Circle mCircle;
private IARegion mOverlayFloorPlan = null;
private GroundOverlay mGroundOverlay = null;
private IALocationManager mIALocationManager;
private Target mLoadTarget;
private boolean mCameraPositionNeedsUpdating = true; // update on first location
private Marker mDestinationMarker;
private Marker mHeadingMarker;
private IAVenue mVenue;
private List<Marker> mPoIMarkers = new ArrayList<>();
private List<Polyline> mPolylines = new ArrayList<>();
private IARoute mCurrentRoute;

private IAWayfindingRequest mWayfindingDestination;
private IAWayfindingListener mWayfindingListener = (route) -> {
    mCurrentRoute = route;
    if (hasArrivedToDestination(route)) {
        // stop wayfinding
        showInfo( text: "You're there!");
        mCurrentRoute = null;
        mWayfindingDestination = null;
        mIALocationManager.removeWayfindingUpdates();
    }
    updateRouteVisualization();
};

private IAOrientationListener mOrientationListener = new IAOrientationListener() {
    @Override
```

## 10.5 Etapa de Evaluación.

Las pruebas que se aplicaran consisten en analizar el funcionamiento del prototipo de aplicativo móvil utilizando las diversas funciones que se le brindan al usuario, se realiza la una prueba para saber cuántos recursos consume el aplicativo del dispositivo móvil, se realiza prueba física en 3 diferentes dispositivos como lo son

- Huawei Y9 Prime2019(API Level 28)
- Huawei P20 lite (API Level 28)
- Samsung A50 (API Level 29)

El testeo fue aprobado satisfactoriamente en cada una de las pruebas, 15 en total., el aplicativo móvil fue probado en tiempo real dentro del Caso de Estudio.

Imagen 50: Prueba de recursos utilizados por la aplicación móvil.  
Fuente: (Android Studio, 2020)

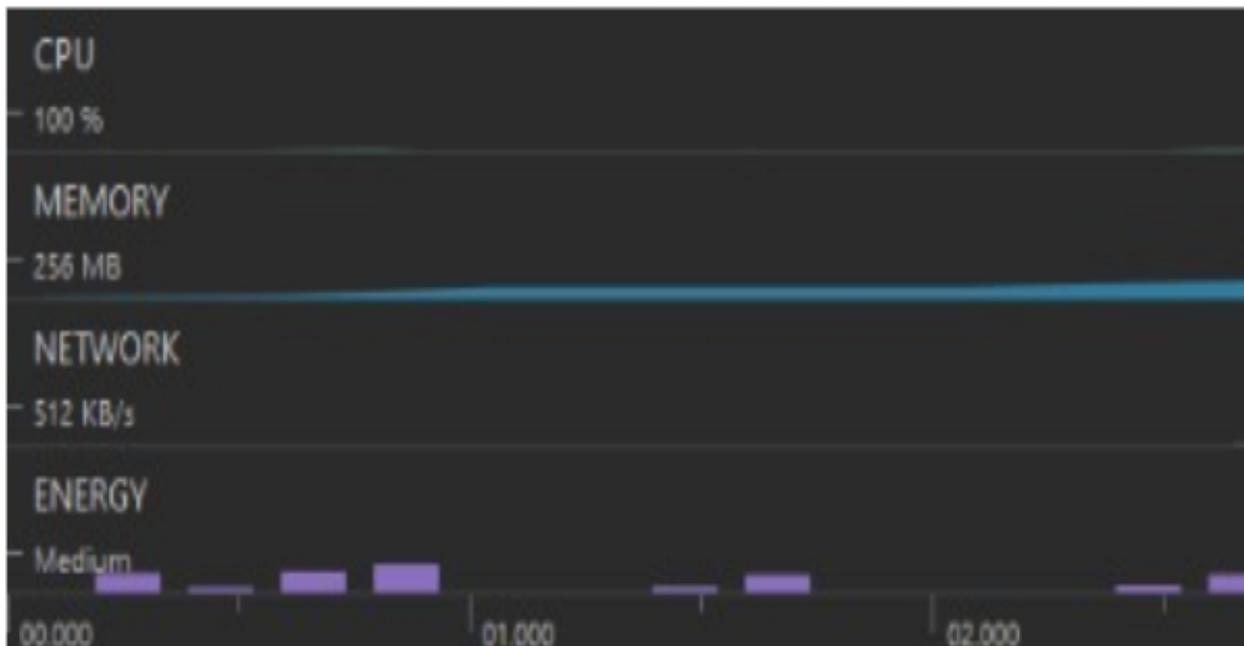


Imagen.51: prueba caso de estudio inicio de recorrido  
Fuente: (Autor, 2020)

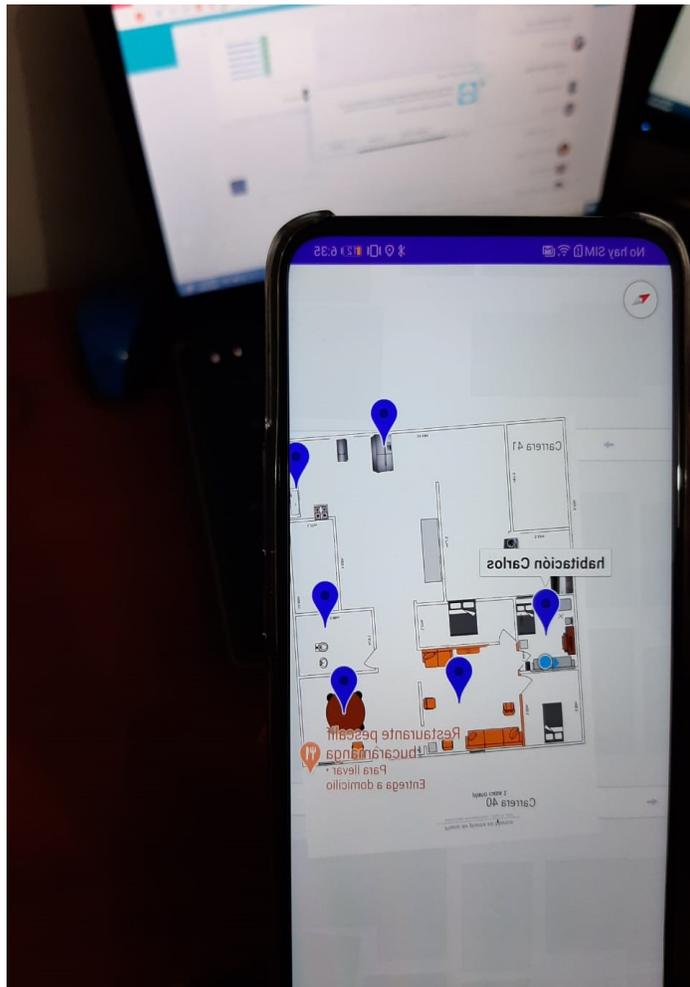


Imagen 52: prueba ruta marcada por la aplicación (habitación Carlos- Comedor)  
Fuente: (Autor, 2020)

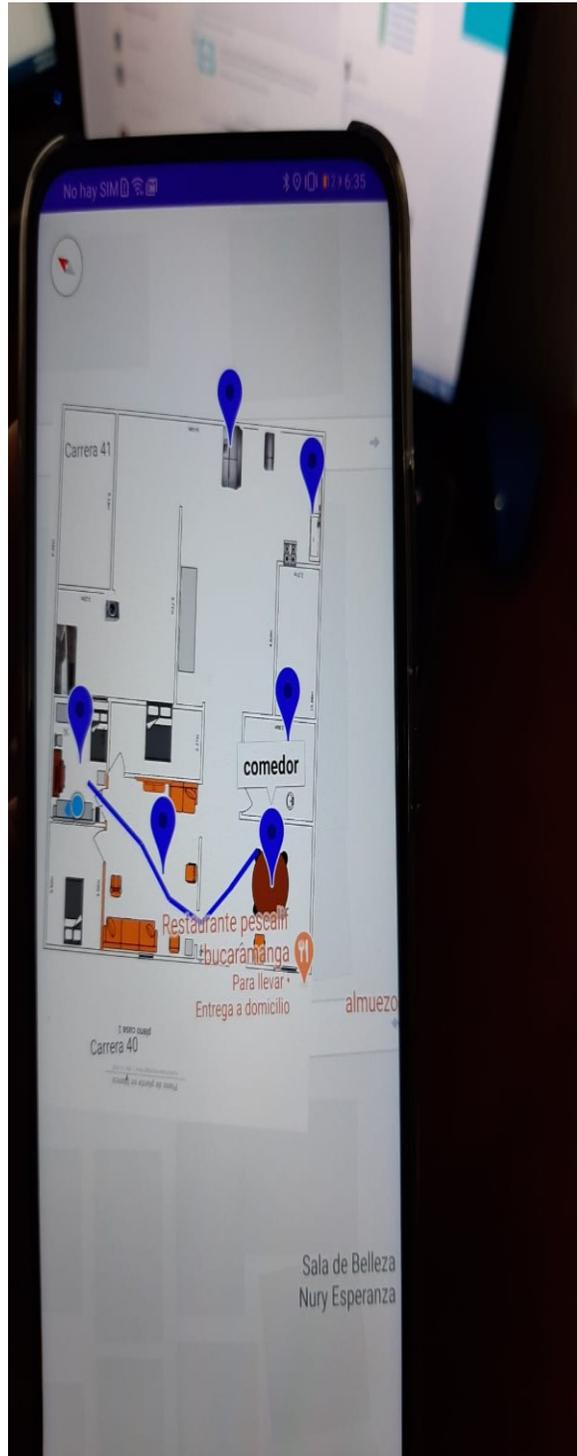
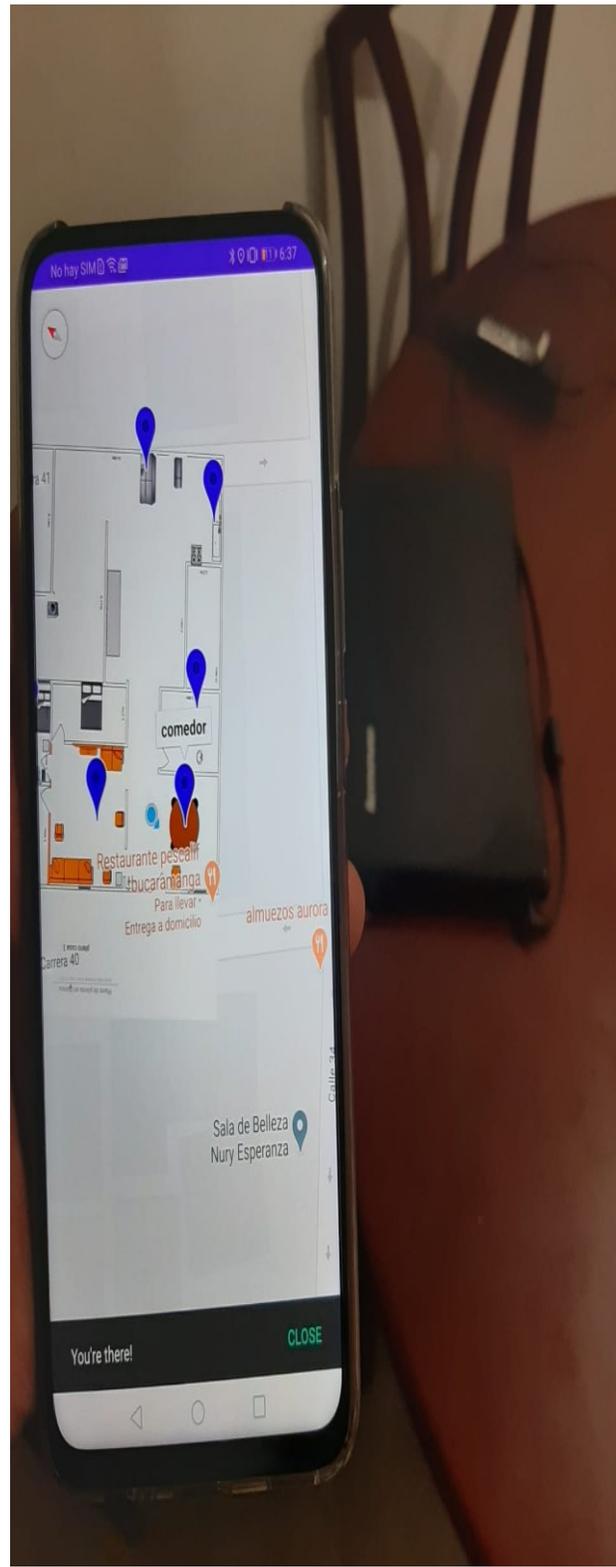


Imagen 53: Prueba llegada al destino  
Fuente: (Autor, 2020)



Como conclusiones de las pruebas físicas se obtuvo lo siguiente:

- El aplicativo móvil funciona correctamente dentro del centro comercial.
- Detecta las rutas a cada lugar de destino
- Entrega una precisión casi exacta de la ubicación indoor.
- Los tiempos de respuesta en la consulta de salones están alrededor de 1-3 segundos (con una conexión estable).

## 11. TRABAJO A FUTURO.

Dado que el prototipo opero con total normalidad y las funcionalidades propuestas fueron desarrolladas, se busca que en un trabajo futuro se puedan añadir más funcionalidades al sistema y se puedan implementar las debidas pruebas al caso de estudio ya que debido a la Pandemia del Covid-19 la ciudad de Bucaramanga incluyendo la Universidad Autónoma de Bucaramanga se encuentran en una contingencia sanitaria y por este motivo se encuentra cerrados todos los campus universitarios.

- Mejorar los planos añadiendo mejoras visuales al plano de manera que sea más atractivo para el usuario.
- Notificaciones Push para alertar al usuario de eventos que la comunidad universitaria realice.
- Crear una interfaz más amigable para el administrador del sistema, de modo que tenga mayor comodidad al momento de modificar, eliminar o insertar algún salón o evento.
- Mayor implementación de herramientas tales como openstreetmap y Mapbox para localizar los espacios del campus y proveer un mapa de mayor tamaño a los usuarios.
- Emprendimiento para adaptar esta tecnología de posicionamiento indoor a los almacenes de cadena, supermercados y grandes superficies así tratar de minimizar el tiempo de los usuarios en estos lugares.

## 12. CONCLUSIONES

1. El desarrollo del estado del arte permitió conocer las diferentes tecnologías que existen actualmente para el posicionamiento en espacios indoor; se analizaron las múltiples soluciones que brindaban al igual que sus ventajas y desventajas, lo cual permitió lograr hacer una selección apropiada de la tecnología más viable para dar solución a la problemática planteada.
2. La tecnología de IndoorAtlas es una de las pioneras en el posicionamiento Indoor y no requiere de hardware adicional, su precisión en ambientes cerrados es sumamente alta teniendo en pocas veces un error menor a tres metros.
3. En la etapa de análisis se logró observar la viabilidad del proyecto y se pudo determinar que la necesidad de las personas de querer conocer fácilmente su ubicación dentro de una estructura que para ellos es desconocida; además, los resultados de la encuesta planteada arrojaron respuestas positivas en cuanto al uso de un aplicativo móvil y la solución que se brinda a la problemática planteada.
4. Se analizó y se diseñó el sistema informático con base en los requerimientos propuestos para el desarrollo de este; la metodología Scrum que se adaptó para este proyecto nos permitió avanzar en los requerimientos teniendo una retroalimentación semanal y así lograr una experiencia agradable para el usuario.
5. Se desarrolló el prototipo de aplicativo móvil UApp Unab que permite el posicionamiento en espacios interiores; además, funcionalidades adicionales que permiten al usuario conocer las aulas, laboratorios, auditorios y demás espacios de los campus universitarios de la universidad autónoma de Bucaramanga.
6. Se realizaron pruebas teniendo en cuenta la contingencia Sanitaria por el Covid-19 en la cual se demuestra la exactitud y buen desempeño del aplicativo móvil, todas las pruebas arrojaron resultados positivos y todas fueron aprobadas satisfactoriamente.
7. Todas las consultas a los servidores se realizaron por medio de las bibliotecas que ofrece la API de IndoorAtlas. en donde este tipo de librerías ayudan al desarrollador a realizar tareas repetitivas favoreciendo a que el código siempre este actualizado por la comunidad de desarrolladores.

8. Debido a la escalabilidad del uso de la tecnología, no solamente podría aplicarse en el campus universitario, sino que las soluciones que brinda dan para emplearse en estos momentos de la contingencia sanitaria en almacenes de cadena, supermercados y grandes superficies entre otros recintos cerrados de gran afluencia, facilitando el desplazamiento de las personas en estos entornos cerrados.
9. El propósito del aplicativo móvil, además de dar a conocer al usuario su posicionamiento en tiempo real en espacios indoor, es también brindar la información necesaria sobre los diferentes espacios del campus universitario de la Universidad autónoma de Bucaramanga; teniendo organizada y clasificada una gran cantidad de información en la comodidad de su dispositivo móvil.

### 13.CRONOGRAMA.

Tabla 4: cronograma

Tiempo de trabajo desde el 3 de febrero de 2020 -22 de mayo de 2020																
<b>ACTIVIDAD SEMANAL.</b>	<b>01</b>	<b>02</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>05</b>	<b>06</b>	<b>07</b>	<b>08</b>	<b>09</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>
<b>Etapa Exploratoria.</b>	X	X	X													
<b>Etapa de Análisis.</b>				X	X											
<b>Etapa de Diseño.</b>					X	X	X	X								
<b>Etapa de Implementación</b>								X	X	X	X	X				
<b>Etapa de Evaluación.</b>												X	X	X	X	X

Tiempo total de trabajo: 16 semanas.

## 14.PRESUPUESTO.

Tabla 5. Presupuesto global de la propuesta por fuentes de financiación

RUBROS	FUENTES		TOTAL
	UNAB	OTRA	
EQUIPOS Y SOFTWARE	\$1.000.000	\$3.500.000	\$4.500.000
PERSONAL	\$0	\$3.400.000	\$3.400.000
MATERIALES, SUMINISTROS Y BIBLIOGRAFÍA	\$1.500.000	\$0	\$1.500.000
<b>TOTAL</b>	<b>\$5.000.000</b>	<b>\$1.800.000</b>	<b>\$6.800.000</b>

Tabla 6. Descripción de los gastos del personal.

DIRECTOR/ CODIRECTOR/ AUTOR	FORMACIÓN ACADÉMICA	FUNCIÓN DENTRO DEL PROYECTO	DURACIÓN (MESES)	RECURSOS		TOTAL
				UNAB	OTRA	
Autor	Estudiante pregrado profesional	Desarrollador	5	\$0	\$3.400.000	\$3.400.000
Director	Profesional	Coordinación y asesoría	5	\$	\$0	\$0
<b>TOTAL</b>				\$0	\$3.400.000	\$3.400.000

Tabla 7. Descripción y cuantificación de los equipos y software de uso.

EQUIPOS-SOFTWARE	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	UNAB	OTRAS	TOTAL
LICENCIA INDOORATLAS	1	\$0	\$0	\$0	\$0
COMPUTADOR PORTATIL	1	\$3.500.000	\$0	\$3.500.000	\$3.500.000
DISPOSITIVO ANDROID	1	\$1.000.000	\$1.000.000	\$0	\$1.000.000
ANDROID STUDIO	1	\$0	\$0	\$0	\$0

VISUAL STUDIO 2017	1	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>TOTAL</b>		<b>\$4.500.000</b>	<b>\$1.000.000</b>	<b>\$3.500.000</b>	<b>\$4.500.000</b>

Tabla 8. Materiales, suministros y bibliografía.

<b>MATERIALES</b>	<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNAB</b>	<b>OTRAS</b>	<b>TOTAL</b>
BASES DE DATOS BIBLIOGRÁFICAS	Información e investigación	1	\$1.500.000	\$0	\$1.500.000
<b>TOTAL</b>	-	<b>1</b>	<b>\$1.500.000</b>	<b>\$0</b>	<b>\$1.500.000</b>

## 15.BIBLIOGRAFIA.

Ministerio de educación. (2017-2018) información por IES recuperado el 23 de

Agosto de 2019. De Mineducación:

[http://hecaa.mineducacion.gov.co/consultaspublicas/content/poblacional/ies.jsf?p\\_anio=2018&p\\_se\\_mestre=0&p\\_variable=MATRICULADO&p\\_depto=COL](http://hecaa.mineducacion.gov.co/consultaspublicas/content/poblacional/ies.jsf?p_anio=2018&p_se_mestre=0&p_variable=MATRICULADO&p_depto=COL)

Marketing to marketing. (9 de octubre de 2018) Las aplicaciones móviles cada vez juegan un rol más preponderante en Colombia:

<https://m2m.com.co/movilidad/las-aplicaciones-moviles-cada-vez-juegan-un-rol-mas-preponderante-en-colombia/>

JC Aguilar Herrera (2014) *Pedestrian indoor positioning using smartphone multi-sensing, radio beacons, user positions probability map and IndoorOSM floor plan representation*. (Busan, South Korea). (2014). International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN). Recuperado de: <https://ieeexplore-ieee-org.aure.unab.edu.co/document/7275538/references#references>

Sánchez M.G. (2016). DESARROLLO DEL APLICATIVO MÓVIL “INDOORMALL” PARA EL POSICIONAMIENTO EN ESPACIOS INDOOR EN TIEMPO REAL EN CENTROS COMERCIALES CASO DE ESTUDIO CENTRO COMERCIAL EL CACIQUE. (Tesis de Grado Ingeniero de Sistemas). Recuperado de: <https://catalogo.unab.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=165841> (Disco Compacto).

He Huang, Dong Ha lee, Kun Chang, Wei Li, Acharya, Tri Dev. (2018). *Development of mobile platform for indoor positioning reference map using geomagnetic field data*. (china). (2018). Computers & Electrical Engineering; Volume 68May 2018Pages 557-569. Recuperado de: <https://www-sciencedirect-com.aure.unab.edu.co/science/article/pii/S0045790617327143>

Li, H. aEmail Author, Trocan, M.b, Galayko, D.c. (2019). Virtual fingerprint and two-way ranging-based Bluetooth 3D indoor positioning with RSSI difference and distance ratio. (Francia). (2019). Journal of Electromagnetic Waves and Applications Volumen 33, número 16, 2 de Noviembre de 2019, páginas 2155-2174. Recuperado de: <https://www-scopus->

com.aure.unab.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-85073613988&origin=resultslist&zone=contextBox

Arno Solin, (2016). *Terrain navigation in the magnetic landscape: Particle filtering for indoor positioning*. (Helsinki, Finland). (2016). 2016 European Navigation Conference (ENC). Recuperado de: <https://ieeexplore-ieee-org.aurr.unab.edu.co/document/7530559>.

Jing Xu. (2018). *Enhancing Smartphone-Based Multi-modal Indoor Localization with Camera and WiFi Signal*. (Chengdu, China). (2018). 2018 IEEE 15th International Conference on Mobile Ad Hoc and Sensor Systems (MASS). Recuperado de: <https://ieeexplore-ieee-org.aure.unab.edu.co/document/8567553>

Nguyen Dinh-Van. (2017). *Indoor Intelligent Vehicle localization using WiFi received signal strength indicator*. (Nagoya, Japan). (2017). 2017 IEEE MTT-S International Conference on Microwaves for Intelligent Mobility (ICMIM). Recuperado de : <https://ieeexplore-ieee-org.aure.unab.edu.co/document/7918849>

Sergio GL. (2012). *IPS, sistema de posicionamiento en interiores*. [imagen]. Recuperado de: <https://www.gizig.com/ips-sistema-posicionamiento-interiores.html>

Janne Haverinen. (2018). *INDOORATLAS*. [imagen]. Recuperado de: <https://www.indooratlas.com/> - <https://indooratlas.freshdesk.com/support/solutions/articles/36000050484-fingerprinting-overview>

M Olmo R Nave. (2017). *HyperPhysics*. [imagen]. Recuperado de: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/magnetic/MagEarth.html>

Tecnología & Informatica. (2018). *¿Qué es una red inalámbrica? Seguridad WiFi*. [imagen]. Recuperado de: <https://tecnologia-informatica.com/que-es-red-inalambrica-seguridad-wifi/>

Microsoft inc. (2020). [imagen]. Recuperado de: <https://to-do.live.com/tasks/>

CarGabyBenja. (2013). *Cartografiando*. [imagen]. Recuperado de: [http://cartounam.blogspot.com/2013/04/proceso-digital-para-la-elaboracion-de\\_14.html](http://cartounam.blogspot.com/2013/04/proceso-digital-para-la-elaboracion-de_14.html)

Anthon. (2013). Anthoncode. [imagen]. Recuperado de: <https://anthoncode.com/java-logo-vector-eps/>

David Naranjo. (2019). Linuxadictos. [imagen]. Recuperado de: <https://www.linuxadictos.com/ya-fue-liberada-la-beta-de-android-studio-3-5-y-estos-son-sus-cambios.html>