



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

TEMA:

Implementación tecnológica de prototipo de una aplicación móvil de geolocalización y asistencia para la movilidad de estudiantes invidentes mediante beacons BLE y ESP32 en el hall de la Facultad de Ingeniería del campus de la UCSG.

AUTORES:

**Gómez Moreira, Ritche Fernando
Romero Alarcón, Xavier Fernando**

**Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de
INGENIEROS EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

TUTOR:

Ing. Morejón Campoverde, José Lenin

**Guayaquil, Ecuador
9 de septiembre del 2025.**



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de integración curricular fue realizado en su totalidad por los individuos **Gómez Moreira, Ritche Fernando y Romero Alarcón, Xavier Fernando**, . como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**.

TUTOR (A)

f. _____

Ing. Morejón Campoverde, José Lenin

Guayaquil, a los martes 9 del mes de septiembre del año 2025



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **Gómez Moreira, Ritche Fernando**
Romero Alarcón, Xavier Fernando

DECLARAMOS QUE:

El Trabajo de Integración Curricular, “**Implementación tecnológica de prototipo de una aplicación móvil de geolocalización y asistencia para la movilidad de estudiantes invidentes mediante beacons BLE y ESP32 en el hall de la facultad de ingeniería del campus de la UCSG.**” previo a la obtención del título de **INGENIERO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN.** ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Integración Curricular referido.

Guayaquil, a los 9 días del mes de septiembre del año 2025.

Autores

Gómez Moreira, Ritche Fernando

f. _____
Romero Alarcón, Xavier Fernando



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Gómez Moreira, Ritche Fernando**
Romero Alarcón, Xavier Fernando

Autorizamos a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular, **“Implementación tecnológica de prototipo de una aplicación móvil de geolocalización y asistencia para la movilidad de estudiantes invidentes mediante beacons BLE y ESP32 en el hall de la facultad de ingeniería del campus de la UCSG.”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 9 días del mes de septiembre del año 2025

Autores

Gómez Moreira, Ritche Fernando

f. _____
Romero Alarcón, Xavier Fernando



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
REPORTE ANTIPLAGIO



Proyecto de Titulación de Ritche Gómez.
Xavier Romero - Informe Final (Corregido)



Nombre del documento: Proyecto de Titulación de Ritche Gómez.
Xavier Romero - Informe Final (Corregido).docx
ID del documento: c1a5cf0c2ecaa5a13e7bc706abb79e5f15ab7854
Tamaño del documento original: 5,03 MB

Depositante: José Lenin Morejón Campoverde
Fecha de depósito: 25/8/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 25/8/2025

Número de palabras: 7817
Número de caracteres: 52.056

Ubicación de las similitudes en el documento:



TUTOR (A)

f. _____

Ing. Morejón Campoverde, José Lenin

Agradecimiento

Después de haber llegado a este punto final en nuestro aprendizaje, parece apropiado que expresemos gratitud por haber alcanzado este punto.

Primeramente, se ha de agradecer a Dios por habernos dado no solo la buena fortuna de habernos equipado con salud, sino con las cualidades y virtudes que nos han empujado a esta dirección, como la honestidad, la sabiduría y la perseverancia nos han permitido sobreponernos a las dificultades de la vida educativa.

Por supuesto, también hay que expresar un sentido de gratitud a nuestros guías como nuestros profesores por habernos instruido en la materia en la que nos especializamos, y que este documento hace prueba de que dichos conocimientos se han receptado en su totalidad.

Este logro no es solo gracias a nuestros esfuerzos, sino de cada persona que, de una u otra forma, ha sido parte de esta etapa de nuestras vidas. Declaramos el cierre de nuestra vida educativa, al menos de manera oficial, pues la vida siempre exige que uno se adapte y crezca, una situación para la que nos hemos preparado.

Una vez más, nuestra más sincera gratitud.

Dedicatorias

Este proyecto lo dedicamos a nuestras familias y docentes que nos han apoyado a lo largo de este tiempo y que sin su ayuda no se hubiera logrado, pero en especial lo dedico a mi madre quien siempre ha sido un pilar fundamental y a quien le debo todos mis logros no solo académicos sino personales ya que ella fue quien me formo como la persona de bien que soy, a mis hermanos quienes siempre me han apoyado y dado su consejo cuando lo necesitaba y a Dios por iluminarnos durante todo el camino de realización de este trabado de tesis.

Xavier Romero A.

A pesar que el proyecto desarrollado presento varias dificultades, puedo decir con seguridad que he conseguido un sentimiento de dicha al haberlo finalizado. No es por poco, pues la cantidad de esfuerzo tanto mío, como de mi compañero, han concluido en un producto funcional.

Por todo esto, debo dar mi sentida gratitud a mi familia por apoyarme durante todo este tiempo, nada hubiera posible sin su constante ayuda y soporte. Mi padre y mi madre han sido fuentes de fuerza e inspiración a lo largo de mi vida, y el periodo universitario no ha sido excepción. Ha sido una experiencia dura, pero gratificante; y agradezco a Dios por haberme permitido atravesarla.

Ritche Gómez M.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

ING. ANA CAMACHO CORONEL, MGS

DIRECTORA DE CARRERA

f. _____

ING. ROBERTO GARCIA SANCHEZ, MGS

DOCENTE DE LA CARRERA

f. _____

ING. CESAR SALAZAR TOVAR, MGS

OPONENTE

Índice general

Resumen	XIII
Abstract.....	XIV
Introducción	2
Capítulo I: El Problema	5
1.1. Planteamiento del Problema	5
1.2. Hipótesis de la Investigación	6
1.3. Objetivos	6
1.3.1. Objetivo General:.....	6
1.3.2. Objetivos Específicos:	6
1.4. Alcance	7
1.5. Justificación e Importancia del Problema	8
Capítulo II: Marco Teórico	10
2.1. Apoyo a Personas con discapacidad visual en el Ámbito de Educación Superior ...	10
2.2. Tecnología BLE (Bluetooth Low Energy).....	10
2.3. Tecnología ESP32.....	12
2.3.1. ESP32-D0WDQ6	13
2.3.2. ESP32-C3	14
2.4. Lenguaje de Programación en la Creación de una App de Automatización	15
2.4.1. C – C++ / Arduino IDE.....	15
2.4.2. Java Script / CSS - React Native Expo.....	16
2.4.3. Python -FastAPI.....	16
2.5. Servidor en la Nube - AWS	17
2.5. Marco Legal.....	18
2.5.1. Constitución de la República del Ecuador	18
2.5.2. Ley Orgánica de Discapacidades	19
2.5.3. Ley Orgánica de Educación Superior	19
2.5.4. Ley Orgánica de Telecomunicaciones	19
2.5.5. Normas INEN y NTE relacionadas con accesibilidad.....	20
2.5.6. Ley de Protección de Datos Personales	21
Capítulo III: Metodología de la Investigación	22
3.1. Definición de la investigación.....	22

3.2. Definición de uso de tecnologías	23
3.2.1. Tecnologías de Detección Y Transmisión	23
3.2.2. Tecnologías para Procesamiento y Muestra de Datos	25
3.3. Población Y Muestra	27
Capítulo IV: Propuesta Tecnológica	28
4.1. Levantamiento De Información Del Área Del Hall Universitario	28
4.2. - Desarrollo De La App Móvil.....	29
4.2. - Diagrama de Arquitectura y de Red del software	29
4.3. – Matriz de pruebas realizadas.....	30
Capítulo V: Marco Administrativo	34
5.1. Cronograma.....	34
5.2. Presupuesto.....	36
Conclusiones Y Recomendaciones.....	38
Conclusiones	38
Recomendaciones	41
Referencias	44
Anexos	46

Índice de Tablas

<i>Tabla 1. Análisis comparativo de precios, modelos y características de dispositivos BLE</i>	<i>11</i>
<i>Tabla 2. Cronograma del Proyecto</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 3. Presupuesto de Componentes Tecnológicos de Hardware del Proyecto</i>	<i>37</i>

Índice de Figuras

<i>Imagen 1. ESP32-D0WDQ6</i>	13
<i>Imagen 2. ESP32-C3</i>	14
<i>Imagen 3. Funcionamiento del Sistema</i>	30

Resumen

Palabras claves: Microcontroladores ESP32, Beacons BLE, Ayuda Visual, Prototipo.

El presente proyecto de titulación tiene como objetivo generar un prototipo funcional sobre el cual se pueda construir y mejorar para con el tiempo obtener un producto final que aliente un ambiente inclusivo en el campus universitario.

Para el desarrollo de este proyecto, se utilizaron componentes tipo software y hardware, en el caso del hardware se usó tres microcontroladores ESP32 y dos beacons BLE. Y en el software se usaron distintos componentes: para la interacción entre los componentes del hardware se empleó lenguaje C++ a través del IDE de Arduino, el backend se construyó a base del lenguaje Python, y la interfaz de usuario se hizo con JavaScript, a través del framework Echo.

Abstract

Keywords: ESP32 Microcontrollers, BLE Beacons, Visual Aid, Prototype.

The purpose of this graduation project is to develop a functional prototype that can serve as a foundation for future improvements, ultimately leading to a final product that fosters an inclusive environment within the university campus.

For the development of this project, both software and hardware components were used. In terms of hardware, three ESP32 microcontrollers and two BLE beacons were employed. On the software side, different components were implemented: C++ was used through the Arduino IDE for interaction between hardware components, the backend was built using Python, and the user interface was developed in JavaScript using the Echo framework.

Introducción

La inclusión de personas con discapacidad visual en entornos de educación superior es un reto en términos de accesibilidad y autonomía. A pesar de que estamos en un periodo de tiempo donde hay una abundancia de nuevas tecnologías, se puede observar la ausencia de herramientas específicas que provean una solución adecuada para estudiantes con discapacidad visual cuando estos tengan la necesidad de orientarse y desplazarse de forma segura y automatizada.

Con este contexto inicial como punto de partida, la idea con la que hemos definido el proyecto plantea realizar una prueba de contexto con la implementación de un prototipo de un sistema con una interfaz de usuario que constará de una aplicación móvil que permitirá la navegación en interiores usando varias tecnologías, lo que incluirá: Frameworks Frontend y Backend, tecnologías IoT (específicamente microcontroladores) y tecnologías de beacons BLE. Se propone que la aplicación trabaje en dispositivos móviles de distintos sistemas operativos en conjunto con microcontroladores ESP32 y los dispositivos beacon BLE, a través de ciertos comandos por voz que permitan al usuario ubicarse en interiores. El sistema hará los cálculos de distancias mediante el método de aproximación que empleará tres puntos de referencia para calcular la posición del usuario. Específicamente, este enfoque consiste en que cada usuario porte uno de los beacon BLE, este beacon estará constantemente transmitiendo una señal RSSI que será captada por los dispositivos ESP32 distribuidos en puntos fijos de la zona donde hemos decidido llevar a cabo la implementación. Una vez la señal haya sido detectada, los ESP32 enviarán la información en forma de paquete por medio de conexión a la red al Backend que procesara los datos y estos datos de respuesta serán finalmente enviados a la aplicación móvil, que, por comandos de voz, informara al usuario sobre su ubicación con respecto a los puntos fijos que decidamos.

Como se puede inferir, este proyecto tiene como meta contribuir a la inclusión social mediante el uso de tecnologías accesibles, ofreciendo una solución viable y útil enfocada en un grupo vulnerable dentro del ámbito universitario, específicamente a los estudiantes con discapacidad visual de la Facultad de Ingeniería.

El documento cuenta con toda la información referente a todos los procesos que se llevaron a cabo en el periodo de desarrollo, así como especificaciones de las tecnologías que se utilizaron; su papel en el sistema y sus especificaciones.

El Capítulo I explicara el problema a profundidad, junto a las razones por la cual se ha decidido trabajar este proyecto; y cuáles eran las metas y objetivos de este y por supuesto, el alcance del proyecto.

En el Capítulo II se revisará el marco teórico del proyecto, es decir, qué se abordarán los términos acerca de las tareas que se realizaran durante el desarrollo e implementación del sistema, incluyendo los dispositivos BLE, ESP32, software y lenguaje de programación que se utilizará y que sea la más adecuada para cumplir eficazmente con el desarrollo e implementación del nuestro proyecto.

El Capítulo III se tratará de hablar de cómo hemos usado la metodología cuasiexperimental para el desarrollo de nuestro proyecto. Como prueba de contexto, no hemos utilizado encuestas para gente con discapacidad visual, sino que hemos dejado claro que el sistema puede funcionar en beneficio de este si se decide llevarlo a un nivel completo.

En el capítulo IV el enfoque será sobre la propuesta tecnológica, desde la toma de medidas del hall de la facultad de ingeniería, la identificación y toma de coordenadas de puntos de interés, hasta la ubicación exacta donde se fijarán los microcontroladores que trabajarán junto

al aplicativo móvil por la cual los usuarios podrán ver los datos calculados por el Backend.

El Capítulo V contara con un cronograma de Gantt, es decir, un cronograma detallado de las actividades que se realizaran durante el periodo de vida de este proyecto, así como información sobre el presupuesto utilizado en la adquisición de todos los microcontroladores que se colocaran en el hall de la facultad de ingeniería, así como el motivo de porque esos dispositivos serán seleccionados en específico. También se mostrarán los gastos en realizados en los dispositivos BLE.

En Conclusiones y Recomendaciones se compararán los hitos logrados contrastados con los objetivos específicos planteados al inicio del proyecto para concluir si estos se cumplieron de manera exitosa, y por supuesto, el planteamiento de las recomendaciones para posibles mejoras que le conciernen al área administrativa de la UCSG que se hayan generado al terminar el proyecto y que serían útiles para una futura implementación más completa.

En la zona de anexos se presentará la evidencia fotográfica que se ha recopilado en estas fases iniciales del proyecto, así como el plano que detalla el área donde se realizara la prueba de contexto. Así como los manuales y explicaciones de las tareas que se han realizado hasta ahora.

Capítulo I: El Problema

1.1. Planteamiento del Problema

Exponemos que las personas con discapacidad visual sufren de varias dificultades en cualquier entorno donde se hallen, en el caso del ámbito educativo, donde enfocaremos el proyecto, se les presentan limitaciones al desplazarse en espacios interiores como el hall de la facultad, debido a factores como la falta de señalización que estos puedan entender, una falta de acompañamiento por chaperones y la ausencia de herramientas digitales adaptadas para su desplazamiento en interiores; todo esto sin mencionar que incluso si existe presencia de estas acomodaciones, estas generan un sentido de dependencia y de desorientación; lo que puede afectar psicológicamente al individuo.

Para ofrecer una solución que trate con estas dificultades, y para prevenir posibles accidentes y una insatisfactoria experiencia académica. Es que hemos llevado a cabo el desarrollo de este proyecto, con el fin de crear un prototipo funcional de un sistema con varias tecnologías modernas para ofrecer una alternativa a aquellos que viven esta situación.

Y, si bien existen otras aplicaciones de navegación general basadas en tecnologías como GPS, varias de estas no funcionan efectivamente en espacios interiores ni están adaptadas a entornos universitarios específicos. Por este motivo, se hace la propuesta de una solución tecnológica de un sistema compuesto basado en tecnología BLE, Internet de las Cosas y una arquitectura de desarrollo móvil, en el cual cada usuario porta un beacon personal cuya señal será detectada por módulos ESP32 instalados en puntos estratégicos del hall. Estos módulos remitirán los datos RSSI a un Backend FastAPI cargado en un servidor tipo bitnami, permitiendo devolver datos procesados a la aplicación móvil que conste de los cálculos de la distancia entre el usuario, los microcontroladores y los puntos de interés de la zona, facilitando así la ubicación aproximada del usuario y su posición en el hall.

1.2. Hipótesis de la Investigación

Nuestra implementación de un sistema móvil de asistencia a la movilidad para estudiantes discapacidad visual, basado en detección de señal BLE mediante módulos ESP32 y aplicación móvil, permite mejorar la orientación y desplazamiento autónomo dentro del hall de la Facultad de Ingeniería de la UCSG.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General:

Hacer una prueba de contexto implementando un prototipo funcional de un sistema de asistencia de movilidad de estudiantes con discapacidad visual dentro del hall de la Facultad de Ingeniería, mediante el uso de beacons BLE portados por los usuarios, la detección de señal RSSI por parte de dispositivos ESP32 y procesamiento de distancias para presentar mediante una aplicación móvil.

1.3.2. Objetivos Específicos:

- Definir la arquitectura general del sistema compuesto empleando las herramientas tecnológicas de Backend y Frontend.
- Instalar los tres dispositivos ESP32 estáticos con su configuración que les especificara su papel como receptores de la señal RSSI de los beacons BLE en ubicaciones estratégicas del hall.
- Establecer la comunicación entre los ESP32 hacia el Backend FastAPI mediante el envío y recibimiento de paquetes HTTP, respectivamente.
- Desarrollar los algoritmos de aproximación que se encargaran de calcular la

posición del usuario y su distancia de los puntos de interés en el hall.

- Realizar pruebas controladas en entornos reales dentro del hall de la facultad de ingeniería, incluyendo diferentes puntos de interés.
- Cumplir la condición de prueba de contexto para probar la viabilidad de la propuesta mediante los cálculos de distancias entre los puntos de interés.

1.4. Alcance

Incluidos:

- Prototipo de sistema en la zona del hall de la Facultad de Ingeniería.
- Implementación de 3 microcontroladores ESP32 para recepción de las señales de beacons BLE.
- Sistema de posicionamiento usando coordenadas bidimensionales.
- Desarrollo del Backend con Framework FastAPI.
- Desarrollo de la aplicación móvil que actuara como interfaz de usuario.
- Base de datos estructurada para gestión de microcontroladores ESP32 y puntos de interés.
- Instrucciones de navegación mediante comandos de voz.
- Cálculo de distancia en tiempo real con base en valores RSSI.

No incluidos:

- Navegación fuera de la zona del hall de la facultad de ingeniería.
- Sistema de posicionamiento complejo.
- Detección de obstáculos, es decir, la inclusión de zonas muertas.

1.5. Justificación e Importancia del Problema

Desde una perspectiva técnica, este proyecto busca dar una posible respuesta a una necesidad urgente: mejorar la orientación y movilidad de estudiantes con discapacidad visual dentro de entornos universitarios cerrados, en nuestro caso, usaremos el hall de la Facultad de Ingeniería como zona de pruebas.

La propuesta parte de un enfoque que combina tecnologías inalámbricas con un bajo consumo energético y un valor de costo relativamente bajo BLE, microcontroladores ESP32 y una aplicación móvil accesible, para crear un sistema de asistencia funcional y escalable.

El sistema se basa en el uso de los dispositivos ESP32 para el fin de la detección de la señal RSSI emitidas por los beacons BLE que serán llevados por los usuarios. Luego, por medio de paquetes HTTP, estos mismos ESP32 enviarían la información captada al Backend para que procese los datos y que finalmente entregue los datos calculados de posición y distancias a la aplicación móvil, la cual se encargara de informar al usuario mediante comandos que facilitarían el ubicarse y desplazarse en la zona donde se implementa el prototipo.

Los puntos que consideramos más atractivos en nuestra propuesta para justificar una implementación a mayor escala dentro de la facultad de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil son:

- **Alta adaptabilidad:** Siendo que en el sistema que se propone desarrollar, el usuario estaría en un estado de movimiento constante y por ende su beacon también estaría en constante movilización, se reduciría la necesidad de una infraestructura fija para los dispositivos BLE, de esa manera manteniendo un bajo número de equipos que requerirían mantenimiento, y esto facilitaría una posible expansión hacia otras áreas de la facultad o incluso en otras facultades.

- **Precisión en zonas interiores:** Como se ha explicado, usando la señal RSSI de los beacons BLE podemos realizar los cálculos de posición y distancias a través del Backend en tiempo real mediante algoritmos de aproximación, lo cual nos dará la información necesaria para generar las instrucciones de navegación.
- **Bajo consumo de energía:** Tanto los dispositivos ESP32 como los beacons BLE hacen bajo uso de energía, lo que los hace ideales para implementaciones permanentes sin requerir un mantenimiento de manera seguida.
- **Costos manejables:** Es nuestra intención que el sistema utilice componentes de bajo costo y software de código abierto, facilitando así una solución económica y sostenible a largo plazo. En nuestro caso el hardware que compone el sistema no es muy costoso, y su baja necesidad energética corta la necesidad de hacer gastos elevados en la alimentación energética.
- **Interfaz sencilla:** La aplicación móvil incluirá el uso de librerías que darán la capacidad de emplear herramientas como text-to-speech y control por voz.

La relevancia del proyecto está en su posible impacto social; la búsqueda de un futuro en el que se pueda garantizar el derecho a la autonomía y la inclusión de estudiantes con discapacidad visual en el entorno universitario, mediante esta solución tecnológica que diseñaremos para ser práctica, eficiente y, sobre todo, escalable. La intención es que la implementación de este sistema prototipo sea el principio para una expansión mayor en el futuro que permita la reducción de restricciones para las personas con discapacidad visual que deseen ejercer su derecho a la educación. Cabe señalar que esto resultaría en la generación de una mejora en la seguridad durante el desplazamiento de dichos individuos y en un fortalecimiento en la igualdad de oportunidades.

Capítulo II: Marco Teórico

2.1. Apoyo a Personas con discapacidad visual en el Ámbito de Educación Superior

En el caso de los usuarios para los cuales se diseña la aplicación, es decir, las personas con discapacidad visual, ellos enfrentan una serie de desafíos en su periodo de educación superior, como institución educativa es una responsabilidad darle herramientas para darles apoyo, y así mismo debemos generar estrategias que les permitan desenvolverse académica y socialmente; entre estos apoyos encontramos: lectores de pantalla, líneas Braille electrónicas y aplicaciones móviles , es la última en la que nosotros nos enfocaremos.

Es importante asegurar el cuidado y seguridad de estos alumnos, pues como se ha dicho por otras organizaciones importantes; “la inclusión educativa no es un favor, es un derecho” (UNESCO, 2020).

Como conclusión, las personas con discapacidad visual pueden y deben tener la potestad de ser capaces de actuar de manera autónoma y exitosa en un entorno universitario, y dicho entorno debe asegurarse que existan condiciones de accesibilidad, acompañamiento institucional y sensibilización de la comunidad. Además, hay que destacar el hecho que la tecnología y la actitud inclusiva juegan un papel fundamental en la esta integración académica y social.

2.2. Tecnología BLE (Bluetooth Low Energy)

BLE es una tecnología inalámbrica diseñada para aplicaciones que requieren una comunicación eficiente en energía a corta distancia. En el contexto de este proyecto, se utilizará para apoyar la navegación en interiores, del hall de la facultad de ingeniería para ser precisos, y de esta manera realizar la prueba de concepto de que es posible brindar asistencia contextual a personas con discapacidad visual.

Los beacons BLE ofrecen varias ventajas, no solo en su bajo consumo de energía, también tiene una configuración extremadamente sencilla, sin mencionar la posibilidad de personalizable; todo mediante la aplicación gratuita Kbeacon, donde podemos programar el nombre del BLE, su intensidad de señal, entre otros.

La idea es que los usuarios lleven consigo dispositivos BLE mientras estos recorran el hall de la facultad, el funcionamiento de estos dispositivos consistirá en que cada beacon emita periódicamente paquetes de información, dentro de estos paquetes encontraremos valores como: el identificador único, nombre del dispositivo, los parámetros de telemetría, la señal RSSI, etc.

Ahora de los datos mencionados los que nos interesan son el nombre del dispositivo y la señal RSSI, el primero nos permitirá filtrar el beacon para no detectar otros dispositivos tipo Bluetooth, y la señal RSSI será vital para los cálculos de posición y distancias de usuario.

Tabla 1. Análisis comparativo de precios, modelos y características de dispositivos BLE

Beacon	Alcance	Batería	Tienda	Precio (sin impuesto)	Producto y Link
Kontakt.io Anchor Beacon 2	~70 m	>8 años (reemplazable)	kontakt.io	\$117,00	 https://store.kontakt.io/product/anchor-beacon-2/

Kontakt.io Puck Beacon	~100 m	5 años - 8 años	kontakt.io	Desconoci do (solo por pedido)	 https://store.kontakt.io/product/puck-beacon/
Blue Charm BC021-Mul tiBeacon	~60 m - ~90 m	1 año 4 meses	Amazon – Blue Charms Beacons	\$19,95	 https://www.amazon.com/Blue-Charm-Beacons-Bluetooth-BC021-MultiBeacon/dp/B08PCHJ1KS

2.3. Tecnología ESP32

Los ESP32 son microcontroladores que pueden ser fácilmente programados mediante Arduino IDE, el papel de estos en nuestro sistema es poder detectar la señal RSSI de dispositivos beacon BLE y luego enviarla a nuestro Backend desarrollado en mediante paquetes HTTP. Por supuesto, también serán los encargados de filtrar los beacons detectados para no enviar señales ajenas a las que queramos.

El Backend entonces será el encargado de calcular las distancias usando la señal recibida junto a las coordenadas almacenadas en la base de datos secuencial, obteniendo la ubicación del usuario en un plano bidimensional mediante los algoritmos de aproximación. A continuación, con

esas coordenadas y las de los puntos de interés, que también estarán registrados en la base de datos SQL, se podrá calcular rutas en metros de un punto a otro mediante cálculos euclidianos.

2.3.1. ESP32-D0WDQ6

ESP32 ESP32-D0WDQ6 es la designación de una placa de desarrollo basada en el microcontrolador ESP32, que incluye conectividad con redes Wi-Fi y Bluetooth Low Energy (BLE), ambas cosas esenciales en nuestro proyecto, específicamente, el envío de datos al Backend. Usaremos dos de estos para nuestro proyecto, aunque tres hubiera sido algo preferible, estos dispositivos son compactos, de bajo consumo y fácilmente programables mediante el Arduino IDE. Su programación y alimentación de energía depende del conector USB, el cual es de modelo estándar.



Imagen 1. ESP32-D0WDQ6

2.3.2. ESP32-C3

ESP32-C3 es, como el ejemplo anterior, una designación de una placa de desarrollo basada en el microcontrolador ESP32, que incluye conectividad con redes Wi-Fi y Bluetooth Low Energy (BLE), aunque a diferencia de los dos anteriores, este posee una menor capacidad de memoria Flash, y su transmisión es relativamente más lenta, esto puede suponer un problema en el sistema, pero se recurrió a este modelo a causa de escasez de los anteriores, y se requerían tres dispositivos que actuaran como puntos de referencia para el funcionamiento del sistema.

Este modelo de ESP32 probó ser problemático de configurar, se requirió de un cable USB tipo micro para su programación ya que no acepta los modelos estándares, también requirió la descarga de un driver específico en la computadora para trabajar con él, ya que carece la funcionalidad “plug and play” presente en los microcontroladores anteriores. Como consecuencia de estas dificultades, se tuvo que crear un segundo programa en Arduino IDE para poder implementarlo en el sistema.

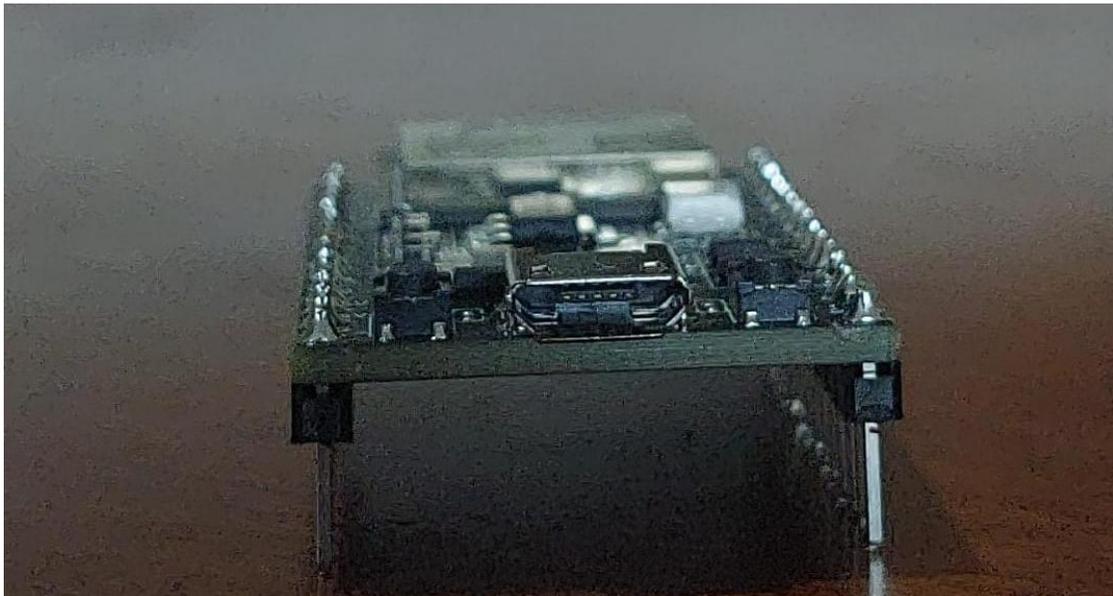


Imagen 2. ESP32-C3

2.4. Lenguaje de Programación en la Creación de una App de Automatización

La creación del sistema prototipo para realizar la prueba de contexto y cumplir la premisa de guiar estudiantes con discapacidad visual en el hall de la facultad de ingeniería de la universidad, requerirá varios lenguajes de programación, y usaremos Frameworks de estos lenguajes para facilitar el desarrollo, y cada uno contará con un propósito.

Primero se hablará de la programación de los tres ESP32 desarrollada en el lenguaje C/C++ en Arduino IDE.

Luego, se explicarán las características de los Frameworks de programación que usaré para el desarrollo de la consola de automatización que se verá como una app móvil: FastAPI y React Native.

2.4.1. C – C++ / Arduino IDE

Para el correcto funcionamiento de los dispositivos ESP32 necesitamos cargar su respectivo programa desarrollado en el Arduino IDE, que utiliza el lenguaje C/C++, pero con simplificaciones y que cuenta con ciertas funciones y librerías ya integradas para facilitar el trabajo que tenemos con nuestros tres microcontroladores.

Usando las librerías BLE y Wifi aseguramos la recepción y emisión de datos entre todo nuestro sistema, no usaremos la librería HTTP, ya que es demasiado pesada, sino que el método de transmisión fue hecho de manera manual para no sobrecargar la memoria Flash.

2.4.2. Java Script / CSS - React Native Expo

React Native es el Framework Frontend basado en el lenguaje JavaScript que usaremos para desarrollar la aplicación móvil, que será multiplataforma, desde una única base de código. A su vez, sacaremos provecho de su es alto nivel de personalización para crear un diseño agradable.

Contaremos con una pantalla de bienvenida para los usuarios y ese será el punto inicial desde donde el usuario empezará área luego llegar a la pantalla de guía.

Las funciones que el Framework deberá cumplir en la aplicación serán:

- Interfaz accesible con soporte para lector de pantalla y salida por voz.
- Comunicación con el Backend FastAPI para obtener información contextual basada de coordenadas de los ESP32.
- Activación de mensajes de navegación por medio de salida de audio.

2.4.3. Python -FastAPI

FastAPI es un Framework de desarrollo Backend en Python que permite crear APIs RESTful rápidas y escalables. Aprovechando recursos como async/await y puede integrarse bien con bases de datos, autenticación y servicios externos, elemento que serán cruciales en el desarrollo de nuestro sistema.

El Backend será la parte más impórtate del sistema, ya que será necesario para el funcionamiento de todas las demás partes del sistema.

El Framework deberá cumplir con las siguientes funciones en nuestro prototipo:

- Gestión de la base de datos con la ubicación física y descripción de cada microcontrolador ESP32.
- Recibimiento de paquetes de datos emitidos por los ESP32.

- Calcular los valores que hacen referencia a la posición del usuario y su distancia actual respecto a los puntos de interés.
- Exposición de la API para:
 - Obtener datos de coordenadas, almacenados previamente y los que se devolverán al Frontend ya calculados.
 - Actualizar dinámicamente contenidos.

2.5. Servidor en la Nube - AWS

Se usará un servidor en la nube de Bitnami AWS para el proyecto, este servidor no es más que una instancia virtual desplegada en Amazon Web Services que utiliza preconfiguraciones de Bitnami. Estas proporcionan entornos listos para cargar diferentes aplicaciones y servicios, lo que nos facilitara la implementación de dichos servicios en la nube.

Ahora, para especificar el papel que este servidor jugara en nuestro proyecto, este será el punto donde se migrara la base de datos SQL y el Backend FastAPI, uno de los motivos es que al cargar el servicio en la nube, la dirección URL IP donde los ESP32 enviaran el paquete HTTP se mantendrá estática, en lugar de cambiar cada cierta cantidad de tiempo como cuando se trabaja localmente en la computadora en una red wifi cualquiera, así garantizando que la aplicación pueda operar de forma confiable, eficiente y más importante, sin interrupciones.

2.5. Marco Legal

Para las consideraciones legales del proyecto, y tomando en cuenta nuestra ubicación en la ciudad de Guayaquil en Ecuador deberemos seguir las normativas legales existentes que deben ser las guías en el desarrollo del proyecto descrito en este documento. Debemos tomar en cuenta las leyes que delimitan lo que debemos hacer o no hacer con respecto a esta implementación, así mismo debemos tener en cuenta las leyes que describen nuestra responsabilidad de ayudar a aquellos que de otra manera tendrían dificultades, entre las normativas a las que tenemos en consideración son:

2.5.1. Constitución de la República del Ecuador

De la Constitución del Ecuador de 2008, denominada oficialmente por nuestra nación como la Constitución de la República del Ecuador, los artículos que nos conciernen son:

- **Art. 47 y 48:** Garantizan los derechos de las personas con discapacidad, incluyendo el acceso a servicios públicos, educación y tecnologías que aseguren su inclusión plena.
- **Art. 66, numeral 26:** Reconoce el derecho a la privacidad y a la protección de datos personales.
- **Art. 385:** Establece que el Estado fomentará la innovación tecnológica, especialmente con fines sociales y de inclusión.

2.5.2. Ley Orgánica de Discapacidades

Del conjunto de leyes del Estado que se ocupa de regular los derechos y obligaciones relacionados con las personas con discapacidad, incluyendo a aquellos con discapacidades de visión, los artículos que debemos tomar en cuenta son:

- **Art. 15:** Obliga a las instituciones educativas a garantizar la accesibilidad física, comunicacional y tecnológica.
- **Art. 25 y 26:** Promueven el desarrollo de tecnologías inclusivas y accesibles.
- **Art. 48:** Establece incentivos para proyectos de innovación tecnológica en beneficio de personas con discapacidad.

2.5.3. Ley Orgánica de Educación Superior

Garantiza el derecho a la Educación Superior de calidad, promoviendo la excelencia, acceso universal, permanencia, movilidad y egreso sin discriminación, analizar los siguientes artículos es necesario gracias a que tiene la intención de que la aplicación funcione en un entorno universitario:

- **Art. 6 y 71:** Establecen la obligación a las universidades a implementar políticas de inclusión educativa y tecnológica.
- **Art. 98:** Fomenta la investigación y el desarrollo de proyectos con impacto social.

2.5.4. Ley Orgánica de Telecomunicaciones

Regula el uso del espectro radioeléctrico y tecnologías inalámbricas, para nuestro caso, los dispositivos en cuestión son los 3 beacons BLE, a continuación, veremos los artículos que nos conciernen:

- **Art. 5:** Declara el espectro radioeléctrico como patrimonio inalienable, imprescriptible y no susceptible de apropiación.
- **Art. 11:** Establece que ciertas bandas de frecuencia pueden ser utilizadas sin concesión.
- **Art. 12:** Determina que ARCOTEL establecerá las condiciones técnicas para el uso eficiente y seguro del espectro libre.
- **Art. 26:** Los servicios de telecomunicaciones deben estar protegidos de interferencias, y los equipos deben operar sin causar interferencia perjudicial a otros servicios.
- **Art. 33:** Dispone que todo equipo terminal que se conecte a una red debe estar homologado por ARCOTEL.
- **Art. 84:** Obliga a garantizar la confidencialidad de los datos de los usuarios y su uso autorizado.

2.5.5. Normas INEN y NTE relacionadas con accesibilidad

Adopción internacional que especifica los requisitos generales para la competencia de los proveedores de programas de ensayos de aptitud; las normas que tendremos en cuenta para diseñar el entorno físico y digital del sistema. relacionadas con la accesibilidad se describirán a continuación en este documento:

- **NTE INEN 3011:2013:** Accesibilidad de personas al entorno físico – requisitos generales.
- **NTE INEN-ISO 21542:2013:** Construcción accesible y orientación para personas con discapacidad visual.

2.5.6. Ley de Protección de Datos Personales

Como parte del proyecto requiere el desarrollo de una aplicación móvil, tendremos que dejar claro que cumplimos con las regulaciones relacionadas al uso de datos de localización e información de los estudiantes, y como tal debemos debe cumplir con los siguientes artículos:

- **Art. 3:** Define conceptos clave como "dato personal", "dato sensible", "tratamiento", "responsable del tratamiento", y todas lo demás que sea importante.
- **Art. 4:** Establece los principios de licitud, consentimiento, finalidad, proporcionalidad, confidencialidad, entre otros.
- **Art. 8:** Establece el tratamiento de datos personales requiere consentimiento libre, específico, informado e inequívoco del titular.
- **Art. 10:** Regularización del tratamiento de datos sensibles, como los relacionados con la condición de discapacidad.
- **Art. 18:** Enumera derechos como acceso, rectificación, eliminación, oposición, portabilidad, entre otros.
- **Art. 42:** Establece la responsabilidad del tratamiento debe aplicar medidas técnicas y organizativas para proteger los datos.
- **Art. 47:** Deja clara la exigencia legal de realizar una evaluación de impacto de privacidad si el tratamiento representa un alto riesgo para los derechos de los titulares.

Capítulo III: Metodología de la Investigación

3.1. Definición de la investigación

En el contexto de este proyecto, y a causa de la ausencia de participantes con discapacidad visual, se ha decidido utilizar un tipo de investigación aplicada con un enfoque experimental de tipo cuasi-experimental; esto con el objetivo de desarrollar e implementar una solución tecnológica al problema que estamos tratando; es decir, apoyo a estudiantes con discapacidad visual para movilizarse en espacios interiores. Con esta metodología, abordaremos problemática de accesibilidad de manera ordenada y estructurada, y realizaremos la prueba de contexto mediante el desarrollo y validación de un prototipo funcional de geolocalización para interiores en el hall universitario.

Estamos empleando el tipo de investigación aplicada gracias al uso de conocimientos para generar el producto final; es decir, la aplicación, que será una herramienta para la movilización de estudiantes con dificultades de visión, con esta premisa, se deja claro que no vamos a generar ningún tipo de teoría o conjetura nueva, simplemente esperamos realizar la debida aplicación de las tecnologías ya mencionadas para llegar a la solución final, que nos permitirá demostrar la prueba de contexto.

El enfoque cuasi-experimental se ha escogido debido a que se espera el cruce de una fase de pruebas de contexto en un entorno real, en la cual se realizaran simulaciones de recorrido y otras situaciones que representen el uso esperado de la aplicación, y estas situaciones se calificaran mediante evaluadores que ayuden a medir características de la aplicación como: precisión del sistema, la estabilidad de la señal, la funcionalidad de la aplicación móvil, la calidad de las instrucciones auditivas y la capacidad del sistema para calcular rutas en tiempo real.

Además, se hará uso de otro enfoque gracias a la localización del hall de la facultad de ingeniería donde se espera implementar la solución. El enfoque será el de estudio de caso, y se lo empleará con el fin de generar conclusiones sobre la viabilidad de la solución propuesta en el entorno descrito, y si son positivas utilizar dichas conclusiones como posibles puntos de referencia para futura extrapolación y adaptación a otros espacios universitarios, otro tipo de interiores y exteriores para ser más específicos.

Con todo lo dicho al inicio de este capítulo, se concluye, que nuestra presente investigación adoptara una metodología coherente con sus objetivos y limitaciones bien delimitados. Y esta, al ser una investigación aplicada con diseño cuasi-experimental, se garantiza una evaluación técnica rigurosa del prototipo. Este enfoque permitirá establecer la viabilidad técnica de la solución y sentar las bases para futuras etapas de validación.

3.2. Definición de uso de tecnologías

Para este proyecto se tuvo en cuenta varias tecnologías según sus características que pueden aportar la implementación del proyecto y sus limitantes; por lo que a continuación definimos las herramientas tecnológicas que usamos y las funciones que tuvieron dentro del proyecto:

3.2.1. Tecnologías de Detección Y Transmisión

ESP32: es un modelo de microcontroladores de bajo costo que permite detectar señales WiFi, Bluetooth, BLE, entre otras señales de baja potencia en un rango de 10 m a la redonda aproximadamente, pudiendo medir las señales RSSI de los dispositivos BLE para calcular las distancias. Los modelos de estos microcontroladores que se usaron en el proyecto son: ESP32-D0WDQ6 y ESP32-C3, cabe señalar que estos dispositivos cuentan con un tamaño de 5cm x 2.3cm

x 0.75cm y de 4.5cm x 2.5cm x 1.4cm con un costo de 20\$ respectivamente y al pertenecen a la familia de microcontroladores ESP32 cuentan con las características necesarias para las especificaciones de nuestro proyecto.

Debido a estas características se decidió utilizar modelos de esta familia de microcontroladores debido a su capacidad de reconocer las señales de los dispositivos BLE que se implementaran en el proyecto, relación costo/beneficio, capacidad de detección de señales y dimensiones ideales para poder implementarse en cualquier lugar.

Cabe señalar que al principio del proyecto se pensó en la idea de utilizar lectores RFID junto con tarjetas HID ya que estos cuentan con un mayor alcance y recepción, pero se descartaron debido a los costos de implementación y a que estos tienen una menor capacidad al enviar datos de las señales RSSI, debido a estas limitantes se optó por elegir los dispositivos ESP32 que pueden enviar paquetes HTTP con los datos recolectados de forma autónoma y periódica.

Dispositivo BLE: es un dispositivo que utiliza una tecnología de comunicación inalámbrica de corto alcance (Bluetooth Low Energy), diseñado para consumir poca energía y transmitir datos periódicamente. Al ser dispositivos pequeños tienen la ventaja de poder llevarlo en cualquier bolsillo o inclusive como accesorio ya que es de bajo peso y tamaño. Para este proyecto escogimos los dispositivos BLE Blue Charm debido a su diferencia de costos con los otros dispositivos que se cotizo, así mismo este modelo de BLE se puede modificar los datos que envía, como nombre del dispositivo, de forma rápida y sencilla con la aplicación KBeacon sin la necesidad de adquirir software de pago.

Se escogió este dispositivo debido a que las características previamente dichas cumplen con especificaciones que necesitamos para poder cumplir con la prueba de concepto del proyecto.

3.2.2. Tecnologías para Procesamiento y Muestra de Datos

- Servicio de almacenamiento en la nube AWS: es un servicio de almacenamiento en la nube en el cual se pueden cargar las bases de datos o los proyectos que requieran de una conexión web para la recepción y envío de datos por medio de un paquete HTTP y una API respectivamente. El servicio que utilizamos para poder cargar y procesar los datos que envían los dispositivos ESP32 es Bitnami el cual fue proporcionado por la Facultad de Ingeniería para poder usarlo para esta prueba de concepto. Este servicio se encargará de recibir y enviar datos sobre la localización de los dispositivos BLE y los enviará al FrontEnd ya que es compatible con las herramientas digitales que utilizaremos, es personalizable con las funciones que necesita cada proyecto y es un servicio que está activo 24/7.
- Código del BackEnd: Python: se escogió este lenguaje de programación ya que ofrece una sintaxis clara y concisa que facilita la implementación de algoritmos de cálculo sin necesidad de manejar estructuras de código complejas, así mismo este lenguaje de programación cuenta con librerías de recepción de datos y matemáticas las cuales son de utilidad en este tipo de aplicaciones que deben realizar cálculos precisos con los datos RSSI enviados. Para esta prueba de concepto en el código del BackEnd utilizamos las librerías python-multipart (soporte para subida de archivos en peticiones HTTP multipart), uvicorn[standard] (para ejecutar la aplicación FastAPI donde enviamos los datos al FrontEnd), fastapi (para crear APIs rápidas y eficientes), decimal (para manejar números decimales con precisión) y math (funciones matemáticas básicas)

- Código para los dispositivos ESP32: Ya que los dispositivos ESP32 que usamos son microcontroladores estos se pueden cargar con el lenguaje C++ con lo que podremos acceder a los componentes de detección de señales de baja potencia.
- Código del FrontEnd: Para codificar la parte visual y las funciones que se muestran al usuario usamos como tecnología base React Native ya que esta tecnología nos permite codificar nuestro proyecto en archivos tsx (TypeScript + JavaScript XML) lo que nos permite trabajar con React y TypeScript de forma más segura y con un tipado fuerte, lo que nos ayuda a evitar combinaciones inválidas, evitar errores y hacer el código fácil de entender. De igual manera se utilizó el lenguaje de programación js (JavaScript) que nos permite establecer una comunicación clara con el servicio API y los datos de distancias que envía el BackEnd ya calculado. Se utilizo este lenguaje de programación ya que el único lenguaje que todos los navegadores entienden de forma nativa y las funciones de cálculo de distancias e información asociada a cada dispositivo BLE se encuentra en una dirección web especifica en la que se puede acceder a los datos de RSSI ya procesados. Para mostrar y subir el aplicativo de localización utilizamos en conjunto la aplicación Expo Go, la cual nos permite ejecutar la aplicación en dispositivos con sistemas operativos móviles Android y IOS sin la necesidad de codificar el aplicativo en diferentes versiones para cada sistema operativo. La aplicación Expo Go se puede descargar desde PlayStore o AppStore sin ningún tipo de costo y sin ninguna condición especial, para poder descargar esta aplicación los requerimientos mínimos son poseer uno de los siguientes sistemas operativos móviles IOS o

Android, con los más antiguos compatibles con el sistema siendo IOS 15.1 y Android 7.

Por todas estas características de las tecnologías previamente descritas que tomamos en consideración y que finalmente escogimos fue posible la implementación de nuestro proyecto y en consecuencia se logró que tenga la funcionalidad necesaria para considerar esta prueba de concepto un éxito.

3.3. Población Y Muestra

En este proyecto, hemos definido a la población objetiva a los estudiantes con dificultades de visión de la institución UCSG; en cambio, la muestra será el hall de la facultad de ingeniería de la Universidad Católica, con 4 puntos de importancia, donde se implementará el proyecto y se probará el concepto de este.

Capítulo IV: Propuesta Tecnológica

Este capítulo detallara el proceso de la configuración y montaje de los dispositivos ESP32 en posiciones fijas para puedan recibir la señal RSSI emitida por dispositivos BLE que serán llevados por los usuarios, y el desarrollo de la aplicación de guía para personas con discapacidad visual mediante la toma de la fuerza de señal emitida por los beacons BLE y el cálculo de las distancias. Además, tendremos que probar y confirmar la conexión entre los dispositivos ESP32, los dispositivos beacons BLE y la aplicación móvil. Todo para confirmar el correcto funcionamiento del proyecto en el área del hall de la facultad de ingeniería.

4.1. Levantamiento De Información Del Área Del Hall Universitario

Durante el proceso de desarrollo, se asistió a la universidad varias veces para tomar las medidas del hall de la facultad de ingeniería, se determinó que se trabajara en un área de 168,19 m², como corresponde, también se diseñaron planos con los puntos de interés entre los cuales nos desplazaremos, uno a mano y otro en AutoCAD, el ultimo siendo visible en anexos.

En el diseño resultante, tendremos 4 puntos de interés que nos conciernen en nuestra etapa de desarrollo. La sala SUM, la entrada a Oficinas, las Ventanillas de Servicio, y la Rampa para Minusválidos.

Como se está trabajando con un enfoque bidimensional para el posicionamiento, las coordenadas de cada punto son:

- Sala SUM (-12.5 , 9.85)
- Entrada a Oficinas (0 , 11.1)
- Ventanillas de Servicio (0 , 4.07)
- Rampa para Minusválidos (-13.22 , 11.53)

Y estos datos, naturalmente, serán almacenados en la base de datos SQL del proyecto, denominada tci.

4.2. - Desarrollo De La App Móvil

La app se desarrollará para dispositivos móviles y será multiplataforma, utilizando los Frameworks React Native + Expo para la construcción del Frontend. Su funcionamiento se basa en la cercanía del dispositivo móvil del usuario al rango de microcontroladores ESP32, con dos ESP32-D0WDQ6 y un ESP32-C3, todos programados en el Arduino IDE y colocados estáticamente en tres zonas del hall de la facultad, una vez fijados estos tendrán dos tareas, la primera será la recepción de la señal RSSI de los beacons BLE que serán llevados por los usuarios; la segunda tarea será enviar los datos recolectados a la aplicación móvil mediante paquetes HTTP para que comience el cálculo de la posición del usuario en un plano bidimensional y las rutas a los puntos de interés del hall basándose en la posición actual del usuario.

Una vez que la app se encuentre activa en la zona de pruebas, recibirá los datos procesados desde el Backend, todos calculados con la señal RSSI emitida por los beacons BLE y enviada por los ESP32, e informara al usuario por instrucciones de voz.

También, hay que dejar en claro que la aplicación no funcionara sin estar dentro de la zona del hall, ni tampoco si el usuario no lleva consigo el beacon BLE que le corresponde.

4.2. - Diagrama de Arquitectura y de Red del software

La aplicación móvil tiene como objetivo emplear el cálculo de la posición actual y las distancias mediante la intensidad de la señal RSSI de los dispositivos beacon BLE para poder guiar al usuario. Como observamos en el diagrama, los dispositivos ESP32 estarán situados de manera

fija en tres ubicaciones conocidas y recibirán la señal en un formato iBeacon de los beacons BLE llevados por los usuarios, con los datos que nos concierne extraer siendo la señal RSSI y el nombre del dispositivo, luego transmitirá al Backend de la app un paquete HTTP con el identificador quemado en el ESP32, la señal RSSI recolectada y el nombre del BLE; con el identificador permitiendo distinguir el dispositivo ESP32 exacto y así poder usar sus coordenadas y la potencia de la señal RSSI, y el nombre del BLE validando al usuario ya que este estará asignado a un individuo específico. Luego, estos valores serán usados por el Backend para calcular la posición del usuario con respecto a los tres ESP32, y luego usando dichas coordenadas bidimensionales, se calcularán las distancias del usuario con respecto a los puntos de interés, todo mediante los algoritmos de aproximación. Finalmente, la app se encargará de recibir la información transmitida por los dispositivos ESP32 y el Backend, para dar los comandos de voz con los cuales el usuario podrá ubicarse dentro del hall de la facultad de ingeniería en tiempo real.

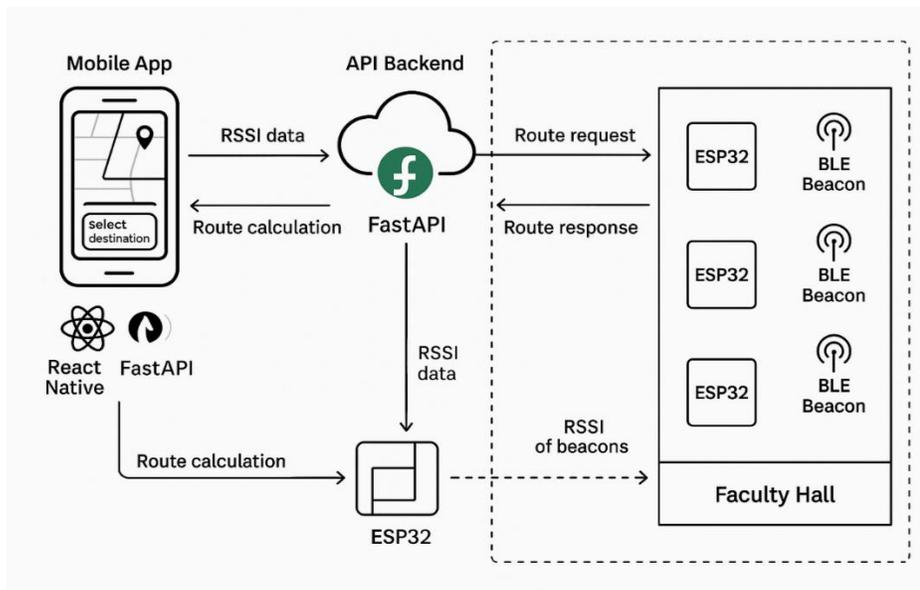


Imagen 3. Funcionamiento del Sistema

4.3. – Matriz de pruebas realizadas

Con el propósito de mantener un nivel de organización en el desarrollo e implementación

de este proyecto, será vital la creación de un cronograma de Gantt para ilustrar los hitos cumplidos dentro de los plazos establecidos desde mayo del 2025 donde se dio inició al proceso de titulación hasta cuando se requiera sustentar el proyecto.

Al abordar el desarrollo de este proyecto desde sus inicios se documentado un registro de las pruebas realizadas, tanto de las tecnologías que se probaron como de las pruebas finales para confirmar la funcionalidad del aplicativo, mismas que se muestra según el siguiente detalle:

Matriz de Pruebas				
Fecha	Actividad	Problema/Situación	Resolución/Conclusión	Observaciones
9/6/2025	Revisión de datos enviados por Beacons.	Se reconocen los dispositivos, pero no se logra contar con aplicaciones móviles o con dispositivo móviles.	Buscar alternativas para la recolección de datos de posición o de intensidad de señal.	Se sugiere utilizar otros sistemas operativos o microcontroladores para captar señales o datos enviados por el Beacon.
23/7/2025	Revisiones finales de alternativas para captar datos de Beacon.	Se probaron sistemas operativos alternos tanto de PC o de dispositivos móviles para la captación de los datos de los Beacons, pero no se obtuvo ninguna respuesta.	Se investiga el uso de microcontroladores para la captación de la señal RSSI de los dispositivos Beacons para calcular la distancia estimada.	El tutor sugiere el uso de microcontroladores de la familia ESP32.
31/7/2025	Pruebas de alcance de los microcontroladores obtenidos al detectar los Beacons.	Se probó los dispositivos para detectar los dispositivos Beacons que se adquirieron a diferentes distancias.	Se detectaron los dispositivos y la señal RSSI con el software base.	Se recomienda optimizar el código en los microcontroladores para que solo detecte los dispositivos Beacon.
1/8/2025	Pruebas de alcance de los microcontroladores obtenidos al detectar los Beacons en el Hall de la facultad de ingeniería.	Se probó el alcance de reconcomiendo de los microcontroladores a los Beacons en los puntos clave del hall de la facultad de ingeniería.	Se probó que los microcontroladores tienen un alcance de reconocimiento de 20 m aproximadamente sin obstáculos, pero con obstáculos tienen una recepción de 7 m.	Para fines de implementar los microcontroladores solo en el hall de ingeniería, los microcontroladores adquiridos cumplen con las funciones necesarias para el proyecto, sin embargo, se sugiere el cambio a un modelo con más memoria y alcance ya que se tuvo que probar 2 versiones de código para su correcto funcionamiento.

3/8/2025	Segunda prueba de código optimizado para detectar solo Beacons.	Muestra un error al momento de cargar la segunda versión del código dentro del microcontrolador (error de falta de memoria).	Se volverá a crear un nuevo código para los microcontroladores y se tendrá en cuenta la baja cantidad de memoria de los microcontroladores.	Se vuelve a sugerir para implementaciones posteriores el uso de modelos de microcontroladores con una mayor cantidad de memoria interna.
6/8/2025	Tercera versión de código optimizado para la detección de dispositivos Beacons y envió de datos de RSSI a través de paquete HTTP.	Se probó una nueva versión del código que incluya la detección optimizada de los dispositivos Beacons y el envío de los datos por medio de un paquete HTTP.	Las pruebas fueron exitosas al captar las señales de RSSI de los dispositivos Beacons y el envío de los mismo a través de un paquete HTTP a la base de datos del proyecto.	N/A
7/8/2025	Ultima versión de código para microcontroladores.	Se probó una nueva versión del código para optimizar los tiempos de envíos de paquetes con los datos necesarios para la localización.	Las pruebas fueron exitosas y se obtuvo un mejor envío de datos de las señales RSSI ligados a cada dispositivo Beacons asignado por nombre.	N/A
16/8/2025	Revisión de funciones realizadas con los datos recibidos desde los microcontroladores.	Se realizaron pruebas y se revisó la funcionalidad del cálculo de las distancias con respecto a las medidas de los puntos de interés.	Los microcontroladores funcionaron de manera óptima y entregaban los datos de posición de forma correcta con respecto a los puntos de interés.	N/A
29/8/2025	Revisiones finales de los datos enviados por los microcontroladores al BackEnd y funciones del FrontEnd con los datos recolectados.	Se probó las funciones de cálculo de distancias y de captación de datos de los microcontroladores en el FrontEnd en el Hall de la facultad de ingeniería.	Pruebas Exitosas.	N/A

Capítulo V: Marco Administrativo

5.1. Cronograma

Con el propósito de mantener un nivel de organización en el desarrollo e implementación de este proyecto, será vital la creación de un cronograma de Gantt para ilustrar los hitos cumplidos dentro de los plazos establecidos desde mayo del 2025 donde se dio inició al proceso de titulación hasta cuando se requiera sustentar el proyecto.

Tabla 2. Cronograma del Proyecto

FASE	TIEMPO	DETALLES	CUMPLIDO							
1	MAYO	-Búsqueda de dispositivos beacon BLE en el mercado	█							
		-Comparación de los dispositivos disponibles encontrado en tiendas online.		█						
		- Redacción del documento de Word: Introducción			█					
		- Redacción del documento de Word: Capítulo 1: El Problema (Planteamiento del problema)				█				
2	JUNIO	- Definir conceptos para el Capítulo 2: Marco Teórico	█							
		- Redacción del documento de Word: Capítulo 2: Marco Teórico		█						
		- Definir conceptos para la sección del marco legal: Capítulo 2: Marco Teórico			█					

		Redacción del Marco Legal: Capítulo 2 Marco Teórico																		
		- Inicio de redacción del Capítulo 3: Metodología (parte teórica)																		
		- Formular el presupuesto para el proyecto																		
3	JULIO	- Levantamiento de información del área del hall de la facultad de ingeniería																		
		- Inicio del desarrollo de la app móvil																		
		- Redacción del documento de Word: Capítulo 3: Metodología de la Investigación (ya la parte práctica basada en la toma de datos y trabajo en proceso)																		
		- Redacción del documento de Word: Capítulo 5: Marco Administrativo																		
4	AGOSTO	- Definición concisa y clara de las coordenadas que se utilizaran en la aplicación																		

		- Revisión de código y su correcto funcionamiento							
		- Instalación de los beacons BLE en el hall de la facultad de ingeniería y la realización de las pruebas correspondientes							
		- Revisión del proyecto con el tutor asignado, Ing. Lenin Morejón para ver si la app móvil y el documento son declarados APTOS para sustentar.							
5	SEPTIEMBRE	- Modificaciones finales al documento y a la aplicación de ser necesario.							
		- Creación del poster académico que acompañará a la sustentación del proyecto de titulación.							
		- Sustentación final del proyecto.							

5.2. Presupuesto

Para poder realizar la prueba de concepto que es nuestro proyecto, se tuvo que empezar un proceso de adquisición de los dispositivos hardware en los que se evaluó distintos precios y especificaciones de los dispositivos beacon BLE y los microcontroladores ESP32 para el sistema. En el caso de los dispositivos beacons BLE, no se los pudo obtener localmente así que se los

compro del exterior mediante la tienda online Amazon, con los precios siendo afectados por los impuestos de importación y el agregado de envío; en el caso de los ESP32 se los obtuvo de manera local y eso incluye el valor de IVA. Para ayudar al lector a entender los costos de nuestro proyecto, este documento contará con un presupuesto de cada adquisición que realizamos:

Tabla 3. Presupuesto de Componentes Tecnológicos de Hardware del Proyecto

	Detalles	Unidades	Precio Unitario	Precio
Dispositivos beacon Bluetooth Low Energy	Blue Charm Beacons - Bluetooth BLE iBeacon (BC021-MultiBeacon) con sensor de movimiento - Largo alcance BLE 5.0	4	\$ 19,50	\$ 78,00
Microcontroladores ESP32	ESP32-D0WDQ6 - Microcontrolador de doble núcleo con WiFi y Bluetooth integrado, 32 bits, 240MHz, 520KB SRAM, compatible con Arduino IDE	2	\$ 18,70	\$ 37,40
	ESP32-C3-DevKitC-02 Development Board	1	\$ 17,00	\$17,00
	Cajas para proyecto	3	\$ 2.50	\$ 7.50
Sub Total Sin IVA o Costos de Envío				\$ 132,40

IVA 15% a los dispositivos ESP32		\$ 11,43
Costos de Envío		\$ 109,0
Total		\$ 260,33

Con esta cotización, confirmamos una vez más nuestra intención de crear un sistema funcional y confirmar nuestra intención de probar la fiabilidad del concepto que estamos aplicando, mismo que sea fácilmente implementable en un entorno mayor gracias a los bajos costos de los componentes del sistema. Este proyecto al cumplir con nuestra visión del alcance y funciones que realiza cumple con el objetivo del mismo, y así podremos brindar a las autoridades de la universidad una opción de carácter seguro y bajo en costos de fomentar la inclusividad en la institución educativa.

Conclusiones Y Recomendaciones

Conclusiones

En relación a los objetivos específicos de nuestro proyecto concluimos lo siguiente:

- Se pudo definir la estructura general del aplicativo y como este interpreta y procesa los datos recibidos por los dispositivos ESP32 en el BackEnd y en el FrontEnd al utilizar una estructura para el BackEnd en Python debido a su versatilidad para programas que realicen cálculos y en el FrontEnd con los lenguajes tsx, js y Expo Go para mostrar los datos en distancias y en cualquier dispositivo móvil.
- Se definió los puntos clave donde se colocarían los dispositivos ESP32 en los cuales se tendría una mayor recepción y alcance para detectar y calcular las señales RSSI de los dispositivos BLE.
- En cuanto a la comunicación entre los dispositivos ESP32 y el BackEnd se pudo constatar que dicha comunicación fue exitosa al recibirse el paquete HTTP con los datos de cada dispositivo BLE en tiempo real en las pruebas realizadas en el hall de la facultad de ingeniería y dichos datos después de procesarlos en el BackEnd se mostraban en la aplicación móvil.
- Se desarrollaron los algoritmos de aproximación que nos ayudan a procesar los datos de RSSI de los dispositivos BLE para poder tener la ubicación del usuario en tiempo real.
- Con lo descrito en los capítulos 2 y 3 con su debida implementación se pudieron realizar las pruebas del aplicativo en el hall de la facultad de ingeniería con lo que se constató la viabilidad de la prueba de concepto del proyecto y la funcionalidad según los puntos de interés prevaleciendo los intereses y las necesidades de los alumnos que tengan alguna discapacidad visual o de otra clase.
- Para concluir al completar todas las etapas de desarrollo y al realizar las pruebas documentadas en el capítulo 5 se pudo cumplir con la condición de éxito de la

prueba de concepto de poder calcular distancias y rutas entre los puntos de interés previamente descritos para documentar y exponer de forma clara y con pruebas la viabilidad del proyecto para futuras implementaciones en lugares similares o para expansiones.

Recomendaciones

1. Dado el correcto funcionamiento del prototipo en el hall de la Facultad de Ingeniería, se recomienda extender el sistema a otras zonas críticas del campus. De hecho, como prueba de contexto, ese es uno de nuestros objetivos.
2. Incorporación de más dispositivos ESP32 para mejorar la precisión, ya que, aunque el sistema funciona con tres receptores, se recomienda instalar un número mayor de ESP32 en el futuro para mejorar la precisión de los cálculos de distancia hechos mediante los algoritmos de aproximación, si se está fuera del rango de uno de los tres ESP32 originales, el otro puede cubrir el faltante y actuar como punto de referencia.
3. Conseguir modelos ESP32 que sean del mismo modelo y de las mismas capacidades, como se puede leer en el documento, solo 2 ESP32 en nuestro sistema prototipo son del mismo modelo, el tercero se lo adquirió a causa de escasez de hardware similar a los anteriores y tuvo ciertas consecuencias, como la necesidad de hacer una versión muchas más comprimida del programa que corre en los otros dos modelos, lo que aminora la escalabilidad y provoca que la velocidad de transmisión de datos es levemente menor, sin embargo esto no representa un contratiempo crítico para las funciones del proyecto ya que al realizarse las pruebas correspondientes se obtuvo un resultado satisfactorio .
4. Los dispositivos ESP32 con los que desarrollamos el sistema tenía relativamente poca memoria, lo cual nos llevó a medidas como quemar los datos de validación de los beacons BLE directamente en el microcontrolador, para una implementación más completa se recomienda un adquirir microcontroladores con una memoria más robusta como por ejemplo el ESP32 WROOM 32D.
5. Introducir la red de internet de la universidad en el código Arduino que se correrá en los

ESP32, estos dispositivos al no ser computadoras solo pueden conectarse a una red a la vez y solo con las especificaciones correctas. Para mantener el funcionamiento del sistema, los ESP32 deben mantenerse conectados a la red wifi, esto esta correlacionado con el punto anterior, ya que las varias validaciones de la red universitaria puedan causar problemas con la memoria de los microcontroladores.

6. A lo largo del proyecto, tuvimos dificultades utilizando bases de datos SQL en el servicio PhpMyAdmin, se recomienda considerar un gasto extra en un sistema de gestión de base de datos de mejor calidad como PostgreSQL.
7. Mejorar funciones de la aplicación móvil e implementar más funciones de debug relacionadas a posibles problemas de conexión con API.
8. Introducir un endpoint de validación en el FastAPI, por motivos de tiempo, se tuvo que quemar los nombres de los usuarios asignados a los beacons en el frontend para realizar el proceso de validación.
9. Implementación de un sistema de mantenimiento y monitoreo remoto, algo que nosotros no requerimos en la fase de desarrollo y pruebas por lo nuevo que son los equipos, pero para futuras versiones se sugiere desarrollar un módulo de administración que permita monitorear el estado de los beacons y ESP32 (nivel de batería, conectividad, fallos), facilitando el mantenimiento preventivo y correctivo del sistema sin necesidad de inspecciones físicas constantes. Para mantener compatibilidad, se recomienda React Web.
10. Como el proyecto es una implementación cuasi-experimental se recomienda hacer capacitaciones a la comunidad universitaria si el proyecto se expande, en estas capacitaciones se deberá garantizar el conocimiento necesario para la sostenibilidad del sistema por lo que se recomienda realizar talleres de capacitación para estudiantes,

docentes y personal administrativo, con el fin de promover el uso adecuado del sistema.

11. Algo vital en caso de que el proyecto se lleve a un estado completamente funcional y con mayor alcance, será realizar las respectivas evaluaciones con usuarios reales, ya que es fundamental realizar pruebas periódicas con estudiantes con discapacidad visual reales. Nosotros demostramos la prueba de concepto con un enfoque cuasi-experimental, pero será necesario recopilar opiniones y sugerencias de personas con discapacidad visual para mejorar la usabilidad, claridad de las instrucciones y experiencia general del usuario. Esto asegurará que la solución siga siendo verdaderamente inclusiva y centrada en las necesidades originales del proyecto.
12. También de ser posible, sugerimos una exploración de tecnologías complementarias a las ya expuestas en el documento, como sensores ultrasónicos, inteligencia artificial para reconocimiento de entornos o navegación por mapas en 3D, con el fin de enriquecer la funcionalidad del sistema y aumentar su nivel de autonomía.

Finalmente, hemos demostrado que este proyecto no solo ha cumplido con los objetivos planteados, sino que también ha sentado las bases para un modelo de accesibilidad tecnológica replicable, mejorable, económico y sostenible.

Este proyecto representa claro ejemplo de cómo nuestra carrera de la ingeniería en ciencias de la computación puede convertirse en un lugar donde se conciben ideas y proyectos que aporten a la justicia social y dignidad humana para cualquier persona sin importar sus condiciones personales. Se espera que esta idea que hemos ido desarrollando, pueda inspirar una mayor implementación del sistema, y que dicha futura versión cuente con todas las mejores necesarias para verdaderamente construir un ambiente estudiantil inclusivo y acogedor para personas con discapacidad visual o que tengan alguna otra discapacidad.

Referencias

- AsamBLEa Nacional del Ecuador. (2008). Constitución de la República del Ecuador. Registro Oficial Suplemento 449. https://www.asamBLEanacional.gob.ec/sites/default/files/documents/old/constitucion_d_e_bolsillo.pdf
- AsamBLEa Nacional del Ecuador. (2010). Ley Orgánica de Educación Superior (LOES). Registro Oficial Suplemento 298. <https://www.educacionsuperior.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/04/LOES-actualizada-2021.pdf>
- AsamBLEa Nacional del Ecuador. (2012). Ley Orgánica de Discapacidades. Registro Oficial Suplemento 796. <https://www.inclusion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/03/Ley-Organica-de-Discapacidades.pdf>
- AsamBLEa Nacional del Ecuador. (2015). Ley Orgánica de Telecomunicaciones. Registro Oficial Suplemento 439. <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2015/02/Ley-Organica-de-Telecomunicaciones.pdf>
- AsamBLEa Nacional del Ecuador. (2016). Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación (Código Ingenios). Registro Oficial Suplemento 899. <https://www.derechoecuador.com/codigo-organico-de-la-economia-social-de-los-conocimientos-creatividad-e-innovacion>
- AsamBLEa Nacional del Ecuador. (2021). Ley Orgánica de Protección de Datos Personales. Registro Oficial Suplemento 459. <https://www.registroficial.gob.ec/index.php/registro-oficial-web/publicaciones/registro-oficial/item/13645-registro-oficial-no-459>
- Bitnami. (2025, agosto). *Get Started with Bitnami AMIs from the AWS Console*. Bitnami documentation: AWS Cloud. <https://docs.bitnami.com/aws/get-started-console/>
- ESPBoards. (s. f.). *Sensors COMPATIBLE with ESP32*. Recuperado el 25 de agosto de 2025, de <https://www.espboards.dev/sensors/>
<https://www.ugm.org.mx/publicaciones/geos/pdf/geos14-2/trilateracion-34-2.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2013). NTE INEN 3011:2013. Accesibilidad al medio físico – Requisitos. (Consultar: <https://www.normalizacion.gob.ec>)
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). (2014). Reglamento de accesibilidad al medio físico para personas con discapacidad. <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/Reglamento-de-accesibilidad-MIDUVI.pdf>
- Ministerio de Educación del Ecuador. (2021). Acuerdo Ministerial MINEDUC-ME-2021-00015-A. <https://educacion.gob.ec>
- Murga Tenempaguay, J.M. (2024). Diseño conceptual de una aplicación de geolocalización y movilidad dentro del campus universitario de la UCSG. [Trabajo de Titulación, Universidad Católica Santiago de Guayaquil]
- Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT). (s.f.). Lineamientos para la accesibilidad digital en educación superior. <https://www.educacionsuperior.gob.ec>

Thomas, L. (2020, julio 31; revisión 22 de enero de 2024). Quasi-Experimental Design | Definition, Types & Examples. Scribbr. <https://www.scribbr.com/methodology/quasi-experimental-design/>

Anexos

Anexo 1. Manual de Usuario de la Aplicación Android



1 Instalación de la aplicación



2 Inicio de sesión con código único



3 Características y funciones de la aplicación



4 Recomendaciones y posibles errores



5 Sugerencias o Contacto

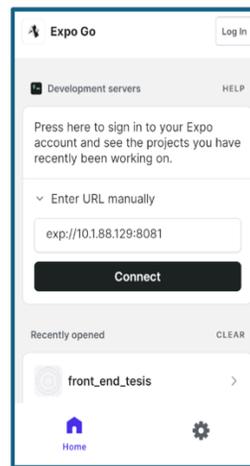
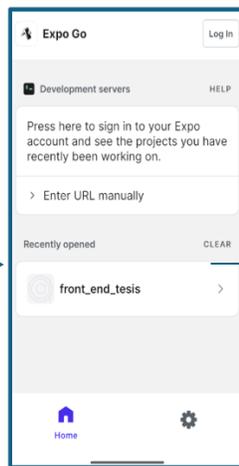
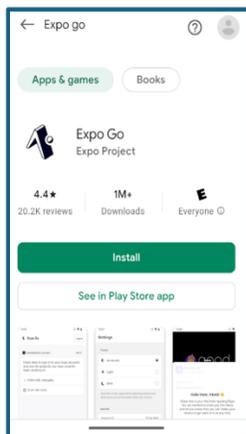
Instalación de la aplicación

- Para usar la aplicación puede acceder de 2 formas:
- Método 1
 - Escaneando el siguiente código QR



Método 2

- Descargando la siguiente aplicación y colocando el URL de la aplicación:



Un vez ingresada la URL dar clic en el botón Connect

No es necesario iniciar sesión en la aplicación Expo Go

Características y funciones de la aplicación

- Al momento de que se inicie la aplicación le pedirá que ingrese un código para validar que es un usuario con ble beacon (código único actual 1234)



Ingrese el código de equipo

Ingresar

Introduzca la contraseña para acceder.

- Al momento de ingresar la clave avanzara a las 2 pestañas de Home y Lugares
- En Home la aplicación estará esperando a que el dispositivo BLE este en rango, una vez que este en rango de los detectores avanzara a la página Lugares.



Bienvenido!

Inicio

Esperando a entrar en rango

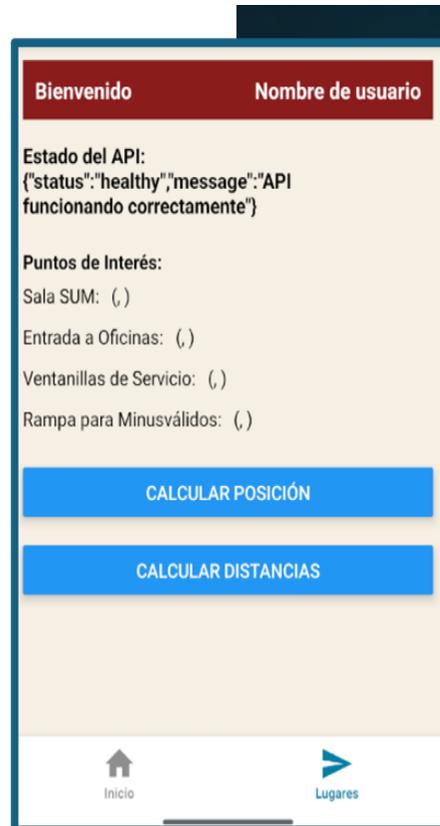


Inicio



Lugares

- En la pantalla Lugares podremos observar:
 - Nombre de usuario.
 - Estado del sistema.
 - Las distancias a las que se encuentra el usuario con respecto a los puntos de interés del Hall de la Facultad de Ingeniería.
 - Botón para calcular la posición del usuario.
 - Botón para calcular las distancias.
- Así mismo el usuario puede volver a la pagina anterior para dejar el aplicativo en Stand By.



Recomendaciones y posibles errores



- Para el uso de este aplicativo se recomienda la descarga de la app Expo Go por medio de la [PlayStore](#) o [AppStore](#) y no por medio de [apk](#) o instaladores externos de dudosa procedencia.



- Para mayor seguridad siempre requerirá el ingreso de la clave de acceso para evitar uso indebido del aplicativo.

Sugerencias o Contacto

- De tener alguna sugerencia o si tiene o tuvo algun inconveniente con el aplicativo por favor háganos la saber por medio del siguiente correo:

- xavier.romero02@cu.ucsg.edu.ec
- ritche.gomez@cu.ucsg.edu.ec

Anexo 2. Hall De La Facultad de Ingeniería De La Universidad Católica Santiago De Guayaquil

LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE ÁREA DE IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE GUÍA



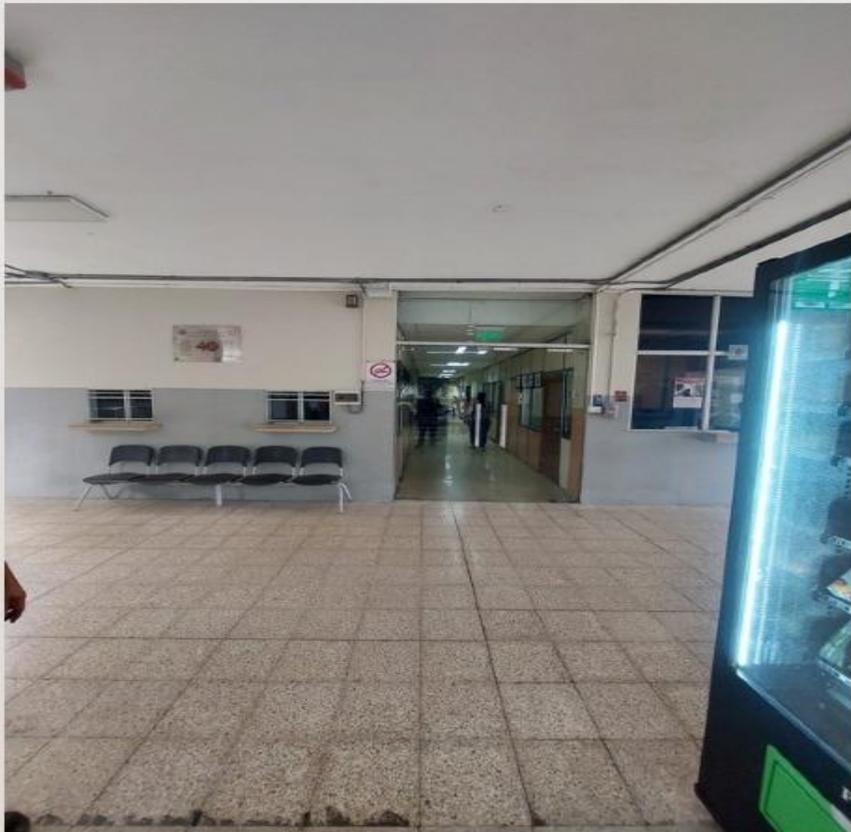
Proyecto de Ritche Gómez y Xavier Romero

En este documento se visualizaran fragmentos del área donde implementaremos el prototipo de nuestro sistema de guía. Y los dispositivos que trabajaran en conjunto en el sistema, los ESP32 y las balizas (beacons) BLE.

ÁREA DE IMPLEMENTACIÓN

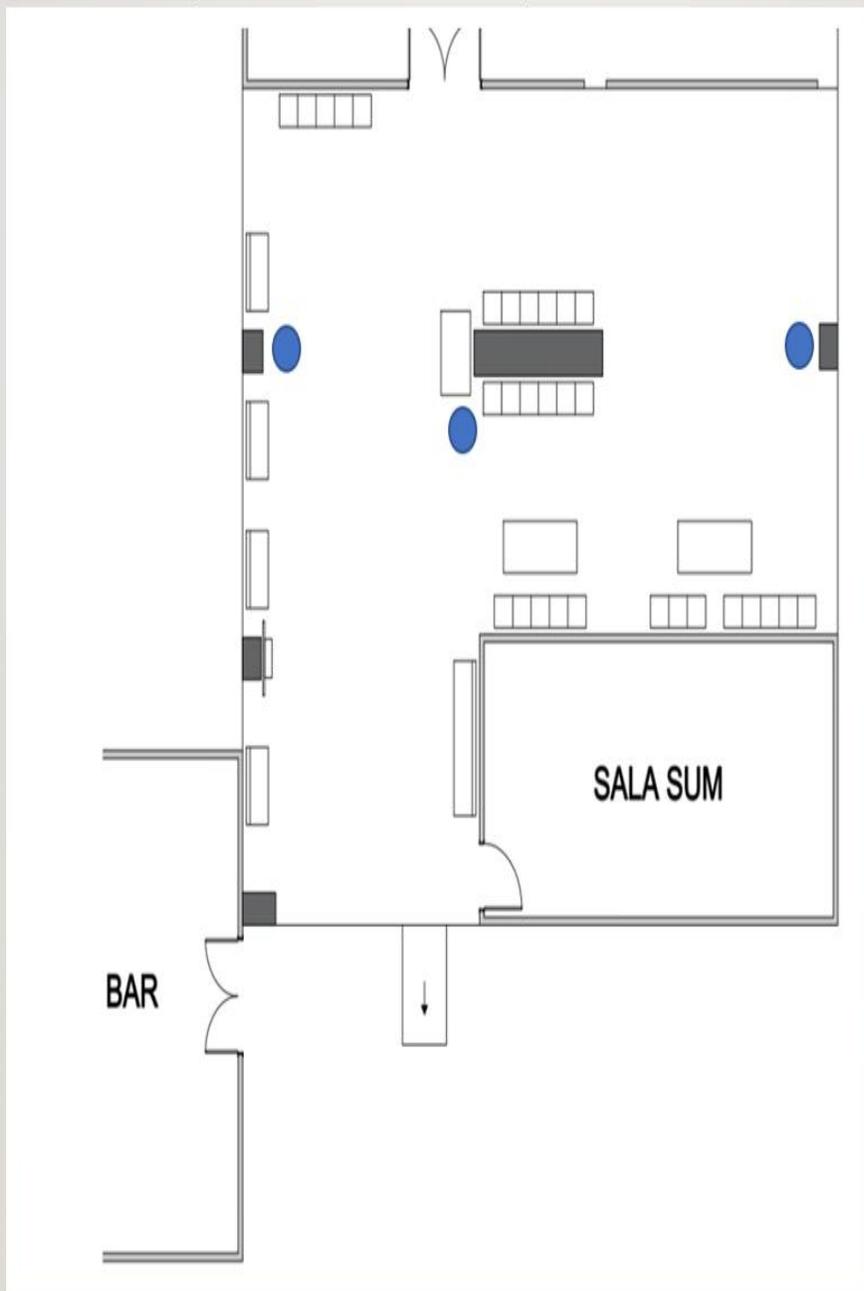




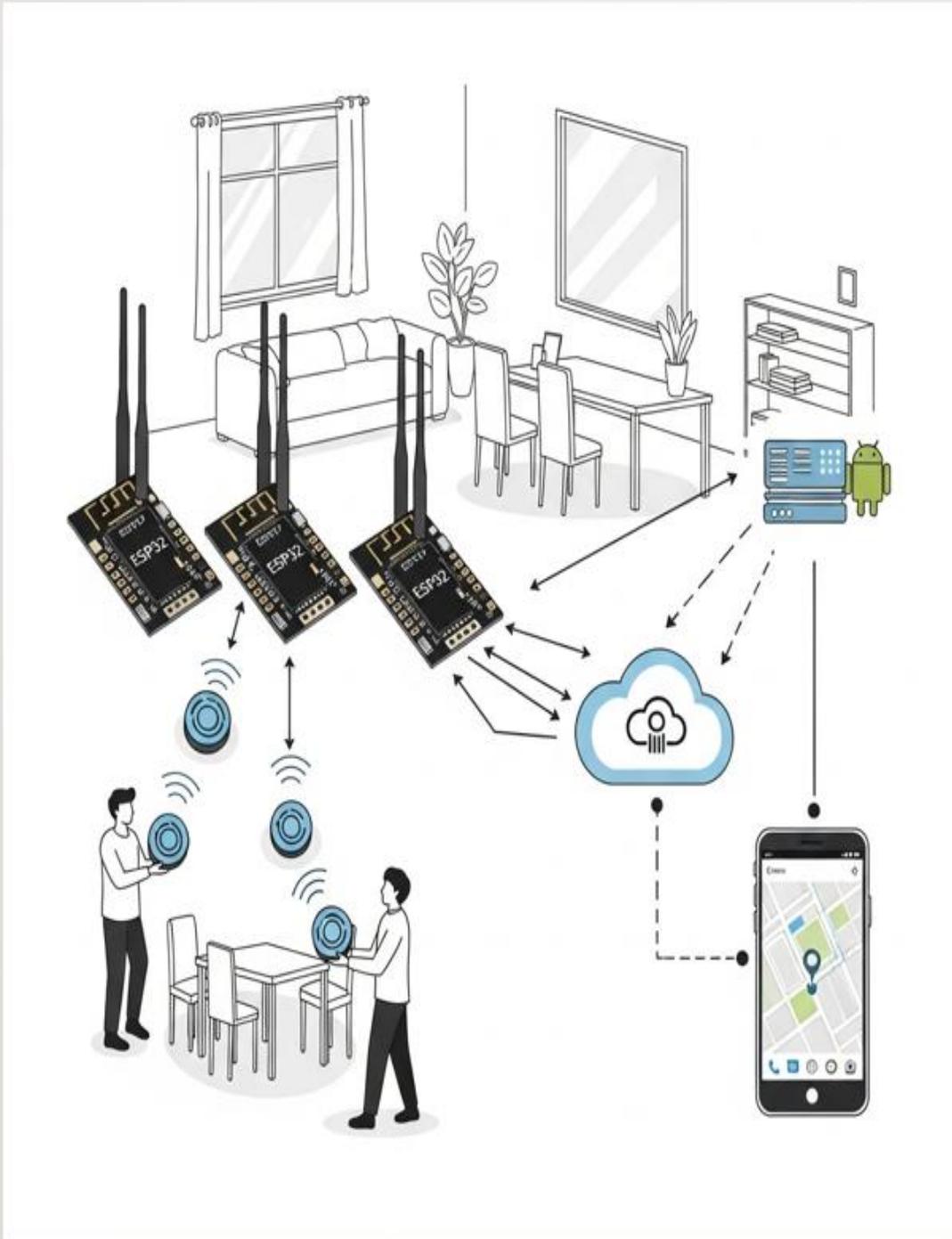




Plano de Área de Operación del Sistema y Posicionamiento de los ESP32



Estructura del Sistema



Consideraciones

Objetivo: La creación de un sistema de guía por comandos de voz en interiores en el que trabajen dispositivos beacon BLE y microcontroladores ESP32 que transmitan a un backend FastAPI que devolverá rutas a una aplicación tipo Android, y que dicho sistema pueda ser escalado para ser completamente funcional.

Alcance: El proyecto abarca la provisión de los equipos necesarios e instalación en el hall de la facultad de ingeniería, y la programación del código de dichos dispositivos con un código escalable y funcional. Proveremos una breve explicación de cada dispositivo:

- ESP32: Tres microcontroladores, dos del mismo modelo, y el tercero de uno distinto por motivo de escasez de hardware, este último tiene menor memoria. Por ese motivo, el entregable incluirá dos archivos de código Arduino.
- Beacons (Balizas) BLE: Configurados de manera sencilla por medio de la aplicación gratuita Kbeacon.



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Gómez Moreira, Ritche Fernando**, C.C: # **0931225049** y **Romero Alarcón, Xavier Fernando**, con y C.C: # **0932046642** autores/ras del trabajo de titulación: **“Implementación tecnológica de prototipo de una aplicación móvil de geolocalización y asistencia para la movilidad de estudiantes invidentes mediante beacons BLE y ESP32 en el hall de la Facultad de Ingeniería del campus de la UCSG.”** previo a la obtención del título de **Ingeniero en Ciencias de la Computación** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaramos tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizamos a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 9 de septiembre del 2025

Autores

Gómez Moreira, Ritche Fernando

f. _____
Romero Alarcón, Xavier Fernando

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Implementación tecnológica de prototipo de una aplicación móvil de geolocalización y asistencia para la movilidad de estudiantes invidentes mediante beacons BLE y ESP32 en el hall de la Facultad de Ingeniería del campus de la UCSG		
AUTOR(ES)	Gómez Moreira, Ritche Fernando Romero Alarcón, Xavier Fernando		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Morejón Campoverde, José Lenin		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería en Ciencias de la Computación		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero en Ciencias de la Computación		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	9 de septiembre de 2025	No. DE PÁGINAS:	58 p.
ÁREAS TEMÁTICAS:	Tecnologías Inclusivas, Tecnología educacional, Tecnología electrónica, Educación Superior, Educación especial.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Microcontroladores ESP32, Beacons BLE, Ayuda Visual, Prototipo		
RESUMEN/ABSTRACT:	<p>Palabras claves: Microcontroladores ESP32, Beacons BLE, Ayuda Visual, Prototipo.</p> <p>El presente proyecto de titulación tiene como objetivo generar un prototipo funcional sobre el cual se pueda construir y mejorar para con el tiempo obtener un producto final que aliente un ambiente inclusivo en el campus universitario. Para el desarrollo de este proyecto, se utilizaron componentes tipo software y hardware, en el caso del hardware se usó tres microcontroladores ESP32 y dos beacons BLE. Y en el software se usaron distintos componentes: para la interacción entre los componentes del hardware se empleó lenguaje C++ a través del IDE de Arduino, el backend se construyó a base del lenguaje Python, y la interfaz de usuario se hizo con JavaScript, a través del framework Echo.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-99-724-4249, +593-98-824-0179	E-mail: ritche444@gmail.com , xfromero15@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Toala Quimí, Edison José		
	Teléfono: +593-990-976776		
	E-mail: edison.toala@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			