



Pontificia Universidad Católica del Ecuador | Sede Ambato

## **ESCUELA DE INGENIERÍAS**

**Tema:**

**SISTEMA BASADO EN IoT PARA LA GESTIÓN DE ESPACIOS EN ESTACIONAMIENTOS VEHICULARES**

**Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero en Tecnologías de la Información**

**Línea de Investigación:**

Tecnologías de la información y comunicación

**Autor:**

Xavier Alan Anilema Salgado

**Director:**

Francisco Javier Echeverría Tamayo

**Ambato – Ecuador**

**Febrero 2024**

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo: Xavier Alan Anilema Salgado, con cédula de ciudadanía **1804894309**, autor del trabajo de graduación intitulado: "Sistema Basado en IoT para la Gestión de Espacios en Estacionamientos Vehiculares", previa a la obtención del título profesional de **Ingeniero en Tecnologías de la Información**, en la escuela de **Ingenierías**

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 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 graduación 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. Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a difundir a través del sitio web de la Biblioteca de la PUCE Ambato, el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de la Universidad.

Ambato, febrero 2024



**Xavier Alan Anilema Salgado**

**CC. 1804894309**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**  
**SEDE AMBATO**  
**APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

**Tema:**

**SISTEMA BASADO EN IoT PARA LA GESTIÓN DE ESPACIOS EN ESTACIONAMIENTOS VEHICULARES**

**Línea de Investigación:**

Tecnologías de la información y comunicación

**Autor:**

Xavier Alan Anilema Salgado

Francisco Javier Echeverría Tamayo, Ing. Mg.

C.C. 1803803343

**CALIFICADOR**

f. 

Santiago Alejandro Acurio Maldonado, Ing. Mg.

**CALIFICADOR**

f. 

Pablo Israel Amancha Proaño, Ing. Mg

**CALIFICADOR**

f. 

Galo Mauricio López Sevilla, Ing. Mg.

**DIRECTOR ESCUELA DE INGENIERÍAS**

f. 

Diego Gonzalo Coca Chanalata, Dr.

**SECRETARIO GENERAL PUCE AMBATO**

f.   
Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
**SECRETARÍA GENERAL PROCURADURÍA**

Ambato – Ecuador

Febrero 2024

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco infinitamente a todas las personas que me han acompañado a lo largo de mi trayectoria académica. Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi abuelita Olguita, quien ha sido como una segunda madre para mí. También, quiero reconocer el apoyo incondicional de mi madre Fernanda, de mi esposa Paola y mi hijo Demian, quienes han sido mi fuente constante de inspiración para avanzar y progresar en mi camino.

Quiero destacar la invaluable contribución de los Ingenieros Fernando Beltrán y Jorge Luis Salas, así como la orientación del doctor Julio Zurita. Agradezco de manera especial a mis profesores: Darío Robayo, Santiago Acurio, Patricio Medina, Teresa Freire, Enrique Garcés, Paul Llerena, Pamela Freire, Galo López, Marcelo Balseca, Verónica Pailiacho, Renato Urvina, Liliana Mena y a la Economista Catalina Álvarez, quienes han compartido sus conocimientos y experiencias, guiándome en mi formación académica.

Un agradecimiento especial también a mi tutor, Mg Francisco Echeverría y a la Ingeniera Mónica Mena por su apoyo constante. Estas personas han desempeñado roles fundamentales en mi desarrollo académico, y estoy profundamente agradecido por sus enseñanzas y orientación a lo largo de este proceso.

Además, quiero extender mi más sincero agradecimiento a mi papá Edwin, a mi abuelo Jorge y abuela Dorila, quienes con su cariño incondicional y sabios consejos han enriquecido mi vida de maneras invaluable.

Por último, pero no menos importante, agradezco de manera especial a mis compañeros de estudio, a los señores Fausto Quisnia, Galo Dominguez y al personal del departamento de procesamiento de facturación de la Empresa Eléctrica Ambato. Su colaboración y respaldo han sido esenciales, contribuyendo de manera significativa a mi formación profesional. Su dedicación y profesionalismo han dejado una marca positiva en mi trayectoria, por lo que les estoy agradecido de corazón.

## RESUMEN

La tecnología se ha desarrollado rápidamente en la última década, por lo que actualmente los dispositivos electrónicos están conectados a Internet para acceder a ciertos servicios; una parte importante de esto es el Internet de las Cosas (*Internet of Things* IoT), que es un medio de interacción a través de la red que contiene una gran cantidad de dispositivos con interfaces simples de conexión. En la PUCE Ambato, se brinda el servicio de parqueadero en dos localidades, con una capacidad amplia, que da seguridad y facilidad de acceso a docentes y estudiantes; en horas de alto tráfico, la ubicación de un espacio libre resulta complejo, y el tiempo de parqueo se ve afectado. Por lo expuesto, el presente trabajo tiene como objetivo desarrollar un sistema basado en IoT para la gestión de espacios en estacionamientos vehiculares. La metodología utilizada en la investigación es de tipo documental y descriptiva, con un enfoque mixto, ya que se aplicaron entrevistas para obtener información del personal responsable en la institución, así como, se realizó un muestreo para el registro del tiempo utilizado por un grupo de usuarios al usar el servicio; esto permitió tener datos para que mediante Design Thinking se desarrolle un prototipo de un sistema de gestión para el parqueadero, que incluye una aplicación móvil y un dispositivo electrónico para su ubicación en los espacios asignados. Luego de la validación y pruebas respectivas, se cuenta con una versión aceptable del prototipo según lo establece el resultado del Sistema de escalas de usabilidad.

**Palabras Clave:** IoT, Parqueaderos, Aplicación Móvil.

**ABSTRACT**

*Technology has developed rapidly in the last decade, so currently, electronic devices are connected to the Internet to access certain services; an essential part of this is the Internet of Things (Internet of Things IoT), which is a means of interaction through the network that contains a large number of devices with simple connection interfaces.*

*At PUCE Ambato, the parking service is provided in two locations, with ample capacity, which provides security and ease of access to teachers and students; at times of high traffic, the location of free space is complex, and parking time is affected. Therefore, the present work aims to develop an IoT-based system for managing spaces in vehicular parking lots.*

*The methodology used in the research is of documentary and descriptive type, with a mixed approach, since interviews were applied to obtain information from the responsible personnel in the institution, as well as sampling was performed to record the time used by a group of users when using the service; this allowed to have data so that through Design Thinking a prototype of a management system for the parking lot is developed, which includes a mobile application and an electronic device for its location in the assigned spaces. After the respective validation and testing, an acceptable prototype version is available as established by the result of the Usability Scales System.*

*Keywords: IoT, Parking lots, Mobile Application.*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD .....	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	iii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. ESTADO DEL ARTE Y LA PRÁCTICA.....	6
1.1 Internet de las cosas (IoT) .....	6
1.2 Desarrollo de sistemas en entornos móviles.....	12
1.3 Gestión de estacionamientos.....	17
CAPÍTULO II. DISEÑO METODOLÓGICO .....	23
2.1 Metodología de Investigación .....	23
2.2 Caracterización de la Institución .....	28
2.3 Metodología de Desarrollo .....	29
CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	76
3.1 Consideraciones para la instalación .....	76
3.2 Validación a través del sistema de escalas de usabilidad .....	78
3.3 Análisis de los resultados.....	79
CONCLUSIONES.....	82
RECOMENDACIONES .....	83
BIBLIOGRAFÍA.....	84
ANEXOS .....	98

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1: Comparación de Tiempos de Estacionamiento .....	27
Figura 2: Piso más utilizado en el estacionamiento .....	28
Figura 3: Ciclo de Vida de la Metodología Design Thinking .....	29
Figura 4: Mapeo de la planta baja del parqueadero de la PUCE AMBATO .....	35
Figura 5: Mapeo del subsuelo 1 del parqueadero de la PUCE AMBATO .....	36
Figura 6: Mapeo del subsuelo 2 del parqueadero de la PUCE AMBATO .....	36
Figura 7: Diseño de la página principal de la aplicación .....	37
Figura 8: Diseño del menú de la aplicación.....	38
Figura 9: Diseño de la pestaña de la planta baja .....	39
Figura 10: Diseño de la pestaña del subsuelo 1 .....	40
Figura 11: Diseño de la pestaña del subsuelo 2 .....	41
Figura 12: Diagrama del sensor y sus componentes .....	42
Figura 13: Boceto de la versión 1 .....	43
Figura 14: Boceto de la versión 2 .....	44
Figura 15: Boceto de la versión 3 .....	45
Figura 16: Boceto de la versión 4 .....	46
Figura 17: Boceto de la versión 5 .....	47
Figura 18: Comparación de versiones.....	48
Figura 19: Pantalla registro Blynk .....	52
Figura 20: Consola de Blynk .....	53
Figura 21: Pantalla principal de la aplicación versión 1 .....	54
Figura 22: Creación de pestañas y páginas .....	55
Figura 23: Posicionamiento de los widgets .....	56
Figura 24: Configuración de temas de la aplicación .....	57
Figura 25: Creación de DataStreams y pines virtuales.....	57
Figura 26: Creación de la organización .....	58
Figura 27: Configuración de organización, roles y permisos .....	58
Figura 28: Pantalla principal de la aplicación versión 2 .....	59
Figura 29: Pantalla planta baja de la aplicación versión 2.....	59
Figura 30: Botón de mapa.....	60
Figura 31: Pantalla subsuelo 1 de la aplicación versión 2 .....	60
Figura 32: Botón subsuelo 1 .....	61

Figura 33: Pantalla subsuelo 2 de la aplicación versión 2 .....	61
Figura 34: Botón página subsuelo 2 .....	62
Figura 35: Asignación de Datastream .....	62
Figura 36: Selección de hardware en Arduino IDE .....	63
Figura 37: Desarrollo de código básico para medir distancia .....	63
Figura 38: Inclusión de parámetros necesarios para la conexión con Blynk .....	64
Figura 39: Función para calcular la distancia.....	65
Figura 40: Codificación del Void setup().....	65
Figura 41: Implementación de Mychro .....	66
Figura 42: Configuración del void loop().....	66
Figura 43: Ensamblaje de la placa con sus componentes.....	67
Figura 44: Instalación del módulo de expansión .....	67
Figura 45: Ensamblaje de la carcasa .....	68
Figura 46: Producto parte frontal .....	69
Figura 47: Producto parte posterior .....	69
Figura 48: Producto parte lateral .....	70
Figura 49: Producto parte interna .....	70
Figura 50: Esquema de funcionamiento del sistema .....	71
Figura 51: Diagrama del sensor y sus componentes.....	71
Figura 51: Ensamblaje del dispositivo .....	72
Figura 52: Medida del espacio de pruebas .....	73
Figura 53: Prueba de sistema en estado disponible .....	74
Figura 54: Prueba de sistema en estado ocupado.....	74
Figura 55: Medición de Consumo Energético .....	75
Figura 56: Ubicación física del dispositivo.....	76
Figura 57: Puntuaciones de SUS.....	80
Figura 58: Toma de tiempos a través de simulación .....	81

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Aplicaciones de IoT .....	10
Cuadro 2: Análisis Comparativo Plataformas IoT .....	15
Cuadro 3: Descripción Plataformas IoT.....	16
Cuadro 4: Detalle de la población y muestra.....	24
Cuadro 5: Ingreso de datos.....	25
Cuadro 6: Valores de confianza.....	25
Cuadro 7: Descripción de Necesidades del Proyecto.....	34
Cuadro 8: Cumplimiento de las Necesidades .....	48
Cuadro 9: Componentes para la versión 5.....	49
Cuadro 10: Estructura de Costos – Prototipo V5 .....	77

## INTRODUCCIÓN

En la época moderna, un aspecto importante es el crecimiento del Internet de las Cosas (IoT), que es un nuevo tipo de tecnología que involucra los avances realizados en la nueva era del Internet. Según González (2013), esta nueva tendencia denominada IoT, ha sido desarrollada de forma vertical y fragmentada, para áreas específicas de la industria como lo son: salud, transporte, la producción, el hogar, empresas, entre otras. Es por esta razón que el número de arquitecturas y mecanismos de gestión se han incrementado, los cuales a su vez se acoplan con tecnologías, protocolos y estándares diferentes.

Frente a las nuevas tecnologías y su evolución, en la actualidad, el uso de Internet se ha vuelto necesario para realizar diversas tareas cotidianas que implican la interacción con dispositivos de uso diario. Esto es definitivamente muy útil porque estas tareas se realizan de manera eficiente desde un dispositivo que se conecta a Internet lo cual brinda la oportunidad de utilizar aplicaciones por este medio. Por ello las aplicaciones del IoT se han extendido a otras áreas como en sectores industriales, de salud, agrícolas y en la conformación de ciudades inteligentes.

El IoT juega un papel importante en la interacción entre los dispositivos y el usuario, estos objetos pueden conectarse para automatizar procesos en varias áreas del conocimiento. Basavaraju (2015), explica que el proceso de conexión entre dispositivos y el internet es posible gracias al modelo tradicional de una red en donde existe comunicación entre nodos, lo que facilita el uso de herramientas como el acceso a recursos desde cualquier ubicación remota en donde el IoT es un modelo que puede ayudar a enfrentar problemas de estacionamiento vehicular en las plazas de una ciudad.

Con esta tecnología es posible generar un sistema de estacionamiento inteligente que permita al usuario encontrar el área de estacionamiento más cercana, además de obtener información acerca de la disponibilidad de espacios de estacionamiento en el espacio destinado para este propósito, enfocado en reducir el tiempo para encontrar las plazas disponibles y evitar viajes innecesarios a través de

estacionamientos congestionados, como resultado se resalta la reducción del consumo de combustible, lo que a su vez reduce la huella de carbono en la atmósfera.

Por otra parte, la proliferación en el número de vehículos provoca inconvenientes durante el estacionamiento de vehículos, según Gupta, Kulkarni, Jathar, Sharma, y Jain (2017), esto eventualmente lleva a la congestión vehicular por la falta de infraestructura adecuada, las instalaciones de estacionamiento actuales no están en capacidad de enfrentar la llegada de un gran número de vehículos. Debido a lo antes mencionado, los autores propusieron un sistema de gestión de estacionamiento inteligente que ayuda a los usuarios a encontrar automáticamente un espacio libre, el producto hace uso de varios sensores, módulos *Wi-Fi* y servicios en la nube. Esta arquitectura permite conectar, analizar, automatizar y presentar los datos recolectados en los dispositivos.

En este contexto, el internet de las cosas tiene un rol muy importante en la conexión de varios dispositivos físicos y además en la automatización de procesos que pueden facilitar varias tareas para los seres humanos. Rupani y Doshi (2019), mencionan que a través del uso de sensores, actuadores y programas especializados, se puede lograr una integración entre elementos para transferir información, es así que varios gobiernos han puesto en marcha planes para convertir a las ciudades en *smart cities*, para lograr este objetivo hay que tomar en cuenta varias cosas como el modelo y uso de las tecnologías de internet de las cosas, y justamente los parqueaderos inteligentes entran en la categoría de procesos que se pueden automatizar.

Tras la búsqueda en fuentes nacionales se ha recabado la siguiente información. Actualmente se ha incrementado el uso de tecnologías en el diseño y desarrollo de soluciones inteligentes. Allauca y Cueva (2020), manifiestan que se han creado productos para mejorar la calidad de vida de las personas. El concepto de IoT incluye el uso de tecnologías amigables con el medio ambiente, las *Low-Power Wide-Area Networks* (LPWAN) se convierten en el recurso primordial por su extenso alcance y bajo consumo, aunque su transferencia de datos es baja en

comparación con otras redes inalámbricas, *Sigfox* pertenece a la categoría LPWAN, cuenta con tecnología de transmisión *Ultra Narrow Band (UNB)*, que alcanza largas distancias con canales de espectro estrecho y trabaja en bandas industriales, científicas y de radiofrecuencia.

En la ciudad de Quito existe una gran congestión, que se evidencia en los alrededores de una universidad. Charro (2020), manifiesta que la infraestructura actual tiene un solo acceso para vehículos y carece de información sobre la disponibilidad de espacios de estacionamiento, esto provoca congestión y pérdida de tiempo. Al no existir espacios libres, los vehículos se ven obligados a entrar en la sede para salir de nuevo por la calle, el autor propone una simulación de un estacionamiento inteligente mediante la instalación de sensores infrarrojos en cada estación para detectar la presencia o ausencia de un vehículo, brinda así al usuario información en tiempo real sobre el estado de los estacionamientos antes de llegar, lo cual mejora el flujo de tráfico.

En la actualidad el número de vehículos en la ciudad de Ambato se ha incrementado. Según la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE) y diario El Heraldo (2023), en 2016, se matricularon 4.500 vehículos nuevos, mientras que en 2017 esta cifra aumentó a 7.538, lo que se da por la introducción de nuevas marcas mercado. Esto provoca que al existir más vehículos, se incremente la demanda estacionamientos. Saltos (2018), manifiesta que la falta espacios disponibles dentro de parqueaderos produce mayor nivel de congestión vehicular, molestia a los conductores por la pérdida de tiempo, contaminación del ambiente por el incremento en el consumo de combustibles y la emisión de gases. Al no hacer uso de nuevas tecnologías, el problema se detecta a través de observación directa, donde se evidencia la falta de información y un medio que permita a los usuarios buscar un lugar disponible, lo que afecta en el tiempo que toma el estacionarse en dicho espacio, en algunos casos se producen atrasos al inicio de las actividades de la comunidad ciudadana.

El planteamiento del problema es fundamental para comprender y abordar una situación problemática de manera efectiva. En el caso del estacionamiento de la

Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Ambato (PUCE Ambato), existe un desafío significativo. A menudo, los usuarios enfrentan carencias durante el proceso de estacionar sus vehículos en dicho espacio, ya que no existe una manera de conocer la disponibilidad de los lugares asignados para estacionarse, lo que provoca que la actividad tome más tiempo de lo planificado y conduce así a una posible impuntualidad al llegar, recibir clases o a realizar actividades significativas propias de la universidad.

La situación problemática que la PUCE Ambato enfrenta en la actualidad se relaciona con la falta de información acerca de los lugares de estacionamiento y sus impactos que afectan directamente a los usuarios en la universidad, es por esta razón que se necesitan acciones concretas para abordar esta situación problemática y mitigar sus consecuencias.

Frente al problema identificado en la investigación, se da respuesta a la siguiente idea a defender: El desarrollo de un sistema basado en IoT para la gestión de espacios en estacionamientos, optimiza el tiempo de búsqueda y parqueo de los vehículos de los usuarios; esto significa que se aporta un valor agregado en el uso lo cual evita posibles disgustos por parte de los usuarios e incrementa el nivel de satisfacción de cada individuo que utilice el servicio.

Este trabajo de investigación plantea como objetivo general el Desarrollo de un sistema basado en IoT para la gestión de espacios en estacionamientos vehiculares. Y como objetivos específicos:

1. Fundamentación teórica sobre el Internet de las Cosas, y la interacción entre sensores y software.
2. Diagnóstico de las características y requerimientos para la aplicación de IoT en gestión de espacios de estacionamiento.
3. Diseño del mapeo de parqueaderos y sensores para la configuración de los estacionamientos.
4. Demostración del funcionamiento en el sistema mediante un prototipo.

La metodología utilizada es una investigación documental y descriptiva en fuentes bibliográficas primarias y secundarias en los idiomas de inglés y español con las palabras clave parqueaderos inteligentes, de un conjunto de documentos de significativa relevancia que se relacionan directamente con el tema de estudio. Posteriormente, se realizó el análisis y la clasificación de la información recaudada, que da como resultado la demostración del uso de IoT en el campo de parqueaderos. Por parte de la metodología de desarrollo, dado que se trata de la elaboración de un producto, se ha seleccionado Design Thinking, la cual se basa en 5 fases que son empatizar, definir, idear, prototipar y testear; busca la generación de ideas para desarrollar productos que se ajusten a las necesidades identificadas durante la investigación.

Finalmente, la investigación se justifica en la necesidad de desarrollar un sistema basado en IoT para la gestión de espacios en estacionamientos para abordar de manera efectiva el problema analizado. La ausencia de información y organización en el estacionamiento de la PUCE Ambato reduce la calidad del servicio brindado, lo que afecta también en la educación de los estudiantes y la realización de otras tareas por parte de los usuarios, la escasez de informes acerca de los lugares disponibles es un tema crítico que afecta no solo a los estudiantes, sino también al desarrollo integral de actividades en la universidad. Al abordar esta disparidad, se puede contribuir a reducir la brecha temporal que un usuario se tarda en conseguir un lugar disponible para estacionar su vehículo, lo que proporciona ahorro de tiempo al desarrollar esta actividad.

## **CAPÍTULO I. ESTADO DEL ARTE Y LA PRÁCTICA**

### **1.1 Internet de las cosas (IoT)**

Actualmente los usuarios utilizan el internet en gran medida para interconectar computadoras con el objetivo de intercambiar información. En este contexto, una de las ramas que ha ganado relevancia, es el Internet de las Cosas (IoT). Sotelo, Londoño, Botero y Hurtado (2017), mencionan que:

Internet de las cosas (IOT) es un concepto que se refiere a la interconexión digital de objetos cotidianos con internet. Alternativamente, Internet de las cosas es el punto en el tiempo en el que se conectarían a internet más “cosas u objetos” que personas (p. 391)

En adición a lo que mencionan los autores, es muy importante la posibilidad de conectar dispositivos en la red para interactuar con los datos que estos generan. Si bien los primeros acercamientos y conceptos sobre IoT se acuñaron en 1999 por Kevin Ashton, así también González, Sofia, Laguía, Gesto y Hallar (2020), manifiestan que esta idea se originó tras el uso de etiquetas con tecnología de radiofrecuencia (RFID, por sus siglas en inglés) en una cadena de suministros de una empresa de Internet. Por otro lado, Ashton en 1999, colaboró en la creación de un estándar generado para la tecnología RFID y sus sensores, entonces fue en donde nació por primera vez el principio de IoT.

El IoT es una parte muy importante en la cual se sientan las bases del paradigma de la industria 4.0 además de estar presente en varios artículos y discusiones tecnológicas. Los autores Vega, Vivas, Rios, Luis, Martín, y Seco (2015), aclaran que a pesar que el término se originó en 1999, no fue hasta 2009 que se hizo pública la definición de IoT. La importancia de este campo radica en la posibilidad de interconectar cualquier sensor u objeto que pueda enviar datos a través de la red, lo que brinda así variedad de opciones en la aplicación y desarrollo de soluciones a través del uso de esta tecnología.

## Características del IoT

El IoT consta de las siguientes características según menciona Barrera (2018):

- **Interoperabilidad:** la capacidad de conectar diversos dispositivos, y que éstos a su vez puedan intercambiar datos para garantizar la generación de información. En otras palabras, es una condición por la cual se puede intercambiar datos o procesos entre sistemas heterogéneos.
- **Modificabilidad:** hace referencia a la capacidad de un sistema para asimilar los cambios que se presenten durante el desarrollo y vida útil, esto principalmente por la constante actualización de los componentes que intervienen.
- **Análisis en tiempo real:** corresponde a la recopilación de datos en tiempo real, y en cómo se puede analizar al instante para determinar tendencias, lo que da lugar a tomar rápidamente decisiones.
- **Flexibilidad:** un sistema IoT debe ser capaz de adaptarse a las diferentes situaciones y ambientes en donde se despliega la arquitectura, para brindar un servicio efectivo que satisfaga las necesidades de los usuarios.
- **Seguridad:** la seguridad debe ser el pilar en cualquier implementación de tecnología, su objetivo es la protección de los datos y a pesar de tomar medidas, no es posible alcanzar la seguridad en un 100 % pero si se puede implementar medidas necesarias para evitar ataques que puedan comprometer la confidencialidad de los datos.

## Funcionamiento

IoT se refiere a la interconexión de dispositivos con capacidad de procesamiento. Salazar y Silvestre (2016), aportan que el internet sirve como plataforma para los dispositivos que se comunican y comparten información. Así, IoT puede conocerse como una evolución de internet ya que implementa una comunicación más extensa, que mejora la percepción de la información y de los servicios. Para su funcionamiento se utiliza la red por sus protocolos orientados a la conexión de aplicaciones como el Protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP) y Protocolo simple de transferencia de correo (SMTP). Pero por el gran número de dispositivos

que se comunican entre sí, es necesario utilizar protocolos que aporten una comunicación eficiente sin comprometer el funcionamiento de la red.

## **Conectividad y Comunicación**

La comunicación es muy importante en IoT, es por esto que Jaffey (2014), propone los siguientes protocolos:

Protocolos de IoT: IoT en su capa de aplicación implementa dos nuevos protocolos MQTT y CoAP. El protocolo MQTT (este nombre proviene de MQ Telemetry Transport) es una implementación realmente ligera y sencilla de un protocolo de mensajería, su diseño se orienta a redes con bajo ancho de banda y altos niveles de latencia. Por otra parte, el protocolo de aplicación restringida (COAP) es un protocolo de transferencia especializado para el uso con nodos y redes restringidas, entiéndase por restringidas aquellas que presentan baja potencia y altos índices de pérdidas. CoAP está diseñado para interactuar fácilmente con HTTP para la integración con la Web y su operación se basa en el protocolo UDP de capa transporte del modelo TCP/IP

Aquí se evidencia la existencia de 2 protocolos, siendo el más utilizado MQTT por su arquitectura sencilla.

## **Tecnologías IoT**

Los dispositivos utilizados en IoT según comparte González (2017), son sensores y actuadores en donde su funcionamiento junto con la arquitectura es muy importante, estos brindan la posibilidad de que los sensores puedan comunicarse e interactuar entre sí y con los usuarios que hacen uso del internet o alguna red dedicada. La información que es recopilada por los sensores debe ser transformada a un formato digital para que se pueda tratar, enviar, almacenar a otros equipos.

Estos sensores se clasifican en:

- **Físicos:** éstos pueden transformar una magnitud física en datos, algunos ejemplos son los sensores de presión, giroscopios, inclinómetros, de luz, acelerómetros, de temperatura, entre otros.

- **Químicos y bioquímicos:** Estos se encargan de medir concentraciones de una gran variedad de elementos o moléculas, estos brindan una lectura de acuerdo a la concentración de estos elementos.
- **Actuadores:** Estos dispositivos comparten ciertas características con los sensores, según Ramírez, Jiménez y Carreño (2014), un actuador tiene la capacidad para generar cierto nivel de fuerza, lo que permite generara un cambio en la posición del mismo. Estos dispositivos cumplen la función de mantener una posición de acuerdo al nivel de fuerza ejercido sobre el mismo.
- **Motores:** Son un tipo de actuador, existen varios tipos y diferentes maneras de controlarlos, comúnmente se envían instrucciones a estos a través de la modulación por ancho de pulso (PWM). Los pulsos se envían para que el motor reaccione y produzca el movimiento proporcionalmente al a la anchura de pulso que recibió.
- **Servomotores:** Pertenecen a la clasificación de los actuadores, en estos se puede establecer una posición inicial dentro de un rango mantener fija dicha posición. Al igual que los motores, funcionan con PWM en donde la duración de cada pulso es lo que define la posición o el ángulo de rotación.
- **Motores paso a paso (Steppers):** Son dispositivos que ejecutan cierto número de grados o pasos en su movimiento, para estos dispositivos es necesario un circuito que en vie señales que son recibidas por el motor para ejecutar el movimiento en pasos.
- **Electroválvulas:** Son válvulas con dos posiciones que son abierto o cerrado lo que permite así el paso o no de un determinado líquido o gas, el accionamiento se realiza electrónicamente.
- **Acelerómetro:** Se utiliza para medir movimientos y conocer posiciones de objetos.
- **Magnetómetro:** Se utiliza para medir campos magnéticos.
- **Giroscopio:** Se encarga de medir el movimiento, ángulo y velocidad en los giros de tres coordenadas espaciales.
- **Sensores de iluminación:** Son capaces de registrar la cantidad de luz en un entorno específico.
- **Sensores de temperatura:** Se utiliza para la medición de la temperatura en el ambiente, Serna, Ros y Rico (2010), manifiestan que este tipo de sensores

miden variaciones en función del campo magnético en el que se encuentran. La medición de estos aspectos es importante para conocer los niveles de temperatura en ciertos entornos.

- **Sensores acústicos:** Son utilizados para registrar ondas de sonido gracias al uso de micrófonos.
- **Barómetro:** Se encarga de medir la presión atmosférica.
- **Sensor táctil:** Este tipo de sensor es capaz de registrar múltiples entradas en simultáneo.
- **GPS:** Con este sensor se puede conocer una determinada posición geográfica en formato de coordenadas, Letham (2001), expresa que una ventaja importante de usar GPS es que es posible conocer la ubicación exacta del dispositivo. Estas herramientas son un aporte importante para los temas relacionados a geolocalización.

## Aplicaciones y Usos de IoT

Esta nueva tecnología es muy versátil y por eso puede ser aplicada en una gran variedad de campos de estudio y de acción. Se presentan algunos de ellos en el Cuadro 1:

*Cuadro 1. Aplicaciones de IoT*

	<b>Aplicaciones de IoT</b>	<b>Autor</b>
Agricultura	En la agricultura existe una demanda de incremento en la producción, no obstante, esto no es posible sin las herramientas adecuadas, el IoT puede brindar soporte en la recolección de información para la toma de decisiones lo que ayudaría en crear un balance en la producción agrícola a través de la optimización de recursos como: agua, fertilizante, entre otros.	Guerrero, Estrada, Medina, Rivera, Alcaraz, Maldonado y Lopez-Gonzalez (2017)
Telecomunicaciones	En el sector de telecomunicaciones existe una necesidad constante de mantener un control sobre todos los recursos que intervienen en el despliegue del servicio. Por la distribución geográfica de los nodos, estos son de difícil acceso lo que dificulta mantener un control, a través del uso de IoT, sensores y Big Data es posible montar una infraestructura de control en la nube para analizar y proveer el comportamiento de los recursos.	Font (2018)

Transporte de Personas	La tecnología es fundamental para la mejora de actividades de la vida diaria, es así que gracias a este avance se puede hablar de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS), para una solución de transporte es necesaria la cooperación entre el ser humano y las tecnología de la información, con la implementación de IoT se logra conseguir un sistema capaz de aumentar la eficiencia en los servicios de transporte que además ayudan a reducir accidentes, congestión vehicular y colaboran en que exista menos contaminación ambiental.	Gómez (2018)
Vida Independiente	En esta área se pueden encontrar ejemplos como dispensadores de agua y alimento para mascotas, ya que estas son importantes para los seres humanos y con el propósito de brindar cuidado y protección se han propuesto a través del uso de tecnología IoT dispensadores que a su vez dosifican el alimento y agua luego de recibir señales desde una aplicación móvil.	Aguilar (2019)
Industrias	El Internet Industrial de las Cosas (IIoT) es una disciplina que se ha desarrollado aceleradamente, en donde se utiliza el IoT para acelerar, mejorar y optimizar los procesos industriales.	Wang, Zhu, Ni, Gu, y Zhu (2020)
Edificios Inteligentes	Desde el concepto de casas inteligentes, el IoT se puede ampliar a un contexto más avanzado como lo son los edificios inteligentes, los edificios requieren una infraestructura informática compleja y elaborada que pueda solventar la demanda de grandes cantidades de datos en donde el IoT juega un papel importante gracias al uso de sensores para el monitoreo de los diferentes entornos dentro de los edificios.	Santos, Silva y Soares (2021)
Salud y Tecnología Medica	El IoT está presente en el área de la medicina, esto se conoce como Internet de las Cosas Médicas, campo en el que se desarrollan nodos para monitoreo de signos vitales que envían información por internet, facilita además el seguimiento y control de pacientes fuera de instalaciones médicas.	Ávila, Abdala, Delgado, Aréchiga, y Rodríguez (2022)
Farmacéutica	En este campo el IoT ya presenta escenarios de aplicación a través del uso de tecnologías. Un tipo de solución es conocida como <i>wearable</i> , esto consiste en un dispositivo que una persona lleva consigo en forma de prenda de uso diario con el objetivo de monitorización y actuación en tiempo real.	Pastor (2021)
Monitoreo Ambiental	Los dispositivos IoT se prestan con facilidad en la implementación de ideas innovadoras, como la idea de un sistema que permita monitorear variables atmosféricas como humedad, presión atmosférica y temperatura lo cual permite mantener conocimiento sobre las condiciones del medio ambiente.	Lara, Gómez-Rodríguez, Abdalá, Delgado, y Aréchiga (2022)

Protección, Seguridad y Privacidad	La seguridad es un campo muy importante y es por eso que se deben mejorar las técnicas y procesos que intervienen en esta. Ante esto, se sugiere que un sistema de seguridad debe contener sensores y actuadores para la detección de presencia, junto con el uso de cámaras, cerraduras y otros elementos para crear un ecosistema de seguridad para un hogar o una empresa, al agregar IoT se puede enviar información en tiempo real en forma de notificaciones para el usuario.	Fúnez (2022)
------------------------------------	---	--------------

Fuente: elaboración propia

## 1.2 Desarrollo de sistemas en entornos móviles

En los últimos años, el uso de dispositivos móviles ha crecido impresionantemente; la reducción de costos en componentes y la evolución de tecnologías móviles han permitido la mejora de la velocidad de transferencia de la información; Gasca, Camargo Ariza, y Medina (2014), mencionan que debido a los avances tecnológicos, aparecieron nuevos servicios como el acceso a internet, los dispositivos móviles han logrado la integración de varias tecnologías como *Bluetooth*, Sistema de posicionamiento global (GPS), infrarrojo, pantalla táctil, bus universal en serie (USB), entre otras. La mención del autor hace referencia a cómo la evolución de los dispositivos aporta en el intercambio de información a través de diversos protocolos y tecnologías.

Dada la evolución de los teléfonos móviles y el incremento de su uso, se crea la necesidad de desarrollar sistemas para estos dispositivos, Navarro y Corchado (2013), destacan que la importancia de estos sistemas conocidos como aplicaciones radica en alcanzar el objetivo principal de ser innovadores ya que deben cumplir con requerimientos e implementar el uso de las tecnologías propias de los dispositivos móviles, estos sistemas facilitan los procesos realizados por el usuario de manera que se resuelve de forma eficiente una necesidad identificada. En este punto se destaca que es importante desarrollar sistemas móviles compatibles con la tecnología de los dispositivos además de utilizar técnicas innovadoras para que el sistema cumpla su función.

En adición a la idea anterior, Cuello y Vittone (2013), comparten que el desarrollo de aplicaciones es una tarea compleja, a pesar de la popularidad, atractivo y buena recepción por parte de los usuarios, es indispensable que los desarrolladores aprovechen al máximo los recursos para generar sus productos, gracias a los nuevos avances como chips con mayor capacidad de procesamiento, pantallas de mayor calidad, entre otros; se aporta a la generación de mejores experiencias para los usuarios en cuanto al diseño visual y las funcionalidades propias de la aplicación. La idea se centra en que es importante usar recursos como avances tecnológicos para incrementar el nivel de experiencia hacia los usuarios que utilizan las aplicaciones.

En relación a las características de un sistema móvil, Blanco, Camarero, Fumero, Werterski, y Rodríguez (2009), explican que son: canal radio en donde se toman en cuenta aspectos como la disponibilidad, ancho de banda, la heterogeneidad de redes y la seguridad en el entorno de comunicaciones; la movilidad que está relacionada a la migración de direcciones y el comportamiento de la alta latencia según el cambio de estación base o la gestión de la información dependiente de localización; portabilidad se refiere a las limitaciones físicas como el tamaño de las pantallas o del teclado, cuentión que limita el número de teclas y su disposición; Fragmentación de la industria, hace referencia a la variedad de estándares, protocolos y tecnologías de red en escenarios de desarrollo móvil.

Los autores Blanco, Camarero, Fumero, Werterski, y Rodríguez (2009), aportan también que las capacidades limitadas de los terminales toman en consideración factores como la capacidad de cálculo, integridad de datos, interfaces de usuario, capacidad de almacenamiento, duración de las baterías y la dificultad para el uso de periféricos; el diseño desde el punto de vista del desarrollo, debe ser multitarea mientras que la interrupción de tareas es clave para el éxito de las aplicaciones; usabilidad se refiere a las necesidades específicas de un amplio y variado grupos de usuarios.

Por otra parte también existen tipos de aplicaciones como las nativas, que son un tipo de aplicaciones que se desarrollan bajo un lenguaje y entorno de desarrollo

especifico, Guadalupe (2015), manifiesta que esto permite, que su funcionamiento sea estable y fluido para el sistema operativo sobre el que va a funcionar. En cuanto a las aplicaciones web se establece que son de tipo cliente/servidor, Molina, Zea, Contento y García (2017), explican que los usuarios actualmente se adaptan a la nueva era del uso masivo del internet en donde han surgido las aplicaciones web como medios para propagar información, estas se ejecutan en el navegador de internet en donde es posible el intercambio de información y prestación de servicios de manera remota.

Adicionalmente se pueden mencionar a las aplicaciones híbridas: este tipo de aplicaciones móviles combinan las tecnologías web como el Lenguaje de Mercado de Hipertexto (HTML), Hojas de Estilo en Cascada (CSS) y *JavaScript*, Romero, Valerio, y Ferreira (2019), aportan que estas aplicaciones “consisten en un *WebView* ejecutado dentro de un contenedor nativo, ni tampoco están basadas en *Web*, porque se empaquetan como aplicaciones para distribución y tienen acceso a la Interfaz de Desarrollo de Aplicaciones (APIs) nativas del dispositivo”. El desarrollo de aplicaciones híbridas combina las bondades de la programación nativa con tecnologías web o lenguajes de programación diferentes al de la plataforma.

### **Análisis Comparativo de Plataformas de Desarrollo en IoT**

En el Cuadro 2, se han analizado 5 Plataformas de desarrollo para IoT en base a distintos criterios de comparación que valoran aspectos como seguridad, compatibilidad, facilidad de uso, entre otros; de las cuales se detalla a continuación para conocer que plataformas cumplen con dichos parámetros, asignándose un puntaje.

Cuadro 2: Análisis Comparativo Plataformas IoT

Parámetro	Seguridad	Compatibilidad con microcontroladores	Facilidad de Uso	Soprote con Nube	Documentación
No cumple con los requerimientos (1p)					
Cumple con pocos requerimientos (2p)	Mapex				Blynk Mapex
Cumple con la mitad de los requerimientos (3p)		Fracttal Mapex	Fracttal Mapex Google Cloud	Fracttal Mapex	Fracttal
Cumple la mayoría de aspectos del requerimiento (4p)	Fracttal	Google Cloud Mapex			Google Cloud
Cumple el requerimiento (5p)	Blynk Google Cloud	Blynk	Blynk	Blynk Google Cloud	

Fuente: elaboración propia

De las plataformas seleccionadas, en la siguiente matriz se pueden observar datos importantes y detallados que sustentan la Cuadro 2. Además, se incluye una descripción, ventajas y desventajas para evaluar que herramienta es la más adecuada para el proyecto.

**Cuadro 3: Descripción Plataformas IoT**

Plataforma de IoT			Calificación
	Ventajas	Desventajas	
<b>Blynk (2023)</b>			
Es una herramienta para desarrollo de aplicaciones, pero enfocado a IoT en donde se puede construir y administrar el hardware, control de sensores, procesamiento y almacenamiento en la nube, creación de alertas, entre otros.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Blynk posee un tablero.</li> <li>- Capacidad de generar Intefáz gráfica en teléfonos inteligentes.</li> <li>- Amplia variedad de microcontroladores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recursos disponibles previo a la suscripción.</li> <li>- Se necesita comprensión de widgets.</li> </ul>	22
<b>Fractal (2023)</b>			
Capaz de enlazar dispositivos IoT en la infraestructura de una empresa, permite capturar y recopilar datos de los equipos, visualizar los datos y crear promedios de tendencias para optimizar la estrategia de mantenimiento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor agilidad y control en las tareas de mantenimiento.</li> <li>- Visualizar los datos en tiempo real y diagnóstico remoto.</li> <li>- Recepción de notificaciones sobre el estado de los equipos.</li> <li>- Reducción de los tiempos de intervención del activo y paradas inesperadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La función de alarmas preventivas aun no esta pulida.</li> <li>- No permite la generación de informes ejecutivos personalizados.</li> </ul>	16
<b>MapexlIoT (2023)</b>			
Es una plataforma industrial para IoT que permite monitorear en tiempo real todos los aspectos que se involucran en el proceso de fabricación de productos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumenta la eficiencia energética mediante un seguimiento fiable del consumo de los dispositivos.</li> <li>- Calidad de producción mejorada a través de un control preciso y en tiempo real.</li> <li>- Función de mantenimiento preventivo basado en la detección temprana de fallas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requiere de una inversión previa en tecnología.</li> <li>- La información no se encuentra cifrada correctamente.</li> </ul>	13
<b>Cloud Google (2023)</b>			
Ofrece una amplia gama de soluciones colaborativas que están integradas en la plataforma y se orientan a satisfacer las demandas de los clientes en el ámbito de IoT. La combinación de tecnologías de Google Cloud con dispositivos IoT presentan la capacidad de personalizar soluciones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Tiempos de lanzamiento más rápido.</li> <li>-Escalabilidad y flexibilidad.</li> <li>-Seguridad avanzada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-El riesgo de depender de proveedores.</li> <li>-No se puede ejercer un control total sobre la infraestructura.</li> </ul>	21

Fuente: elaboración propia

Un aspecto importante para el uso de entornos móviles son las bondades, que según del Pozo, Arzube, Arroyave y Medrano (2016), algunas de estas son: facilidad de uso, con lo cual se puede acceder a la información y contenidos de la aplicación a través de cualquier dispositivo móvil; la interacción permite que las aplicaciones puedan facilitar la comunicación entre el usuario y los servicios que brinda el programa; el ahorro de tiempo se refiere a que es posible acceder a la información a cualquier hora del día en la que el usuario crea conveniente, para evitar así el uso en horarios regidos por el fabricante; y por último el aprendizaje colaborativo, donde las aplicaciones permiten interactuar con otros usuarios para compartir información y por ende aprender en colaboración con otras personas.

Otro factor importante en una aplicación es su capacidad para generar experiencias positivas a los usuarios. Enriquez y Casas (2013), manifiestan que:

La usabilidad es considerada uno de los factores más importantes dentro de la calidad de un producto de software. Debido a esto es de interés poder contar con metodologías para medir la usabilidad de las aplicaciones. Los métodos de análisis de usabilidad que actualmente se utilizan, métodos clásicos, fueron desarrollados para aplicaciones de escritorio (p. 25)

Los autores remarcan la importancia de implementar la característica de la usabilidad en las aplicaciones que se desarrollan, para tener buena aceptación y generar buenas experiencias en los usuarios.

### **1.3 Gestión de estacionamientos**

Actualmente por el aumento en la cantidad de vehículos que circulan en las calles, es necesario generar y adecuar espacios que funcionen como lugares de estacionamiento para estos vehículos, Rodríguez, Gaviria y Cuartas (2019), mencionan que, dado el crecimiento del número de vehículos que requieren servicios de estacionamiento, se genera un impacto directo en la capacidad de los lugares para ofrecer el servicio, muchos sitios no cuentan con un sistema adecuado para ofrecer al usuario información acerca de los lugares disponibles. Para hacer

uso de estos espacios es necesario mantener a los usuarios informados sobre el estado de los lugares.

Uno de los principales inconvenientes de los estacionamientos según Espejo (2014), es que no cuentan con una buena administración, desde el proceso de planificación, dirección, organización y control; esto provoca una inadecuada gestión tanto en los vehículos que ingresan como de los que abandonan las plazas de estacionamiento, lo cual genera una mala experiencia en los usuarios. Es allí en donde se debe entender la importancia de mantener una correcta gestión de los espacios para que los usuarios tengan el conocimiento de qué plazas están disponibles y cuáles no, con el fin de optimizar el tiempo que toma estacionar un automóvil, además de mantener un control de espacios por parte del administrador y generar una experiencia positiva al usuario.

Tras el incremento de usuarios que utilizan automotores, se han generado impactos negativos como congestión vehicular, contaminación al medio ambiente y accidentes; al respecto Cortes (2022), comparte que, varios países en un intento de mitigar estos impactos han respondido con estrategias como la implementación de políticas de gestión de estacionamientos que incluye el aspecto económico, es decir, establecer una tarifa fija o variable que contemple los costos de implementación relacionados a equipamiento y señalización. Estos ingresos aportan a la operatividad del lugar y al mantenimiento del mismo para que se mantenga latente la posibilidad de ofrecer un servicio de calidad.

Los parqueaderos son considerados establecimientos en donde se pueden almacenar vehículos temporalmente, Vigil y Álvarez (2017), comparten que, actualmente es necesario que los establecimientos destinados para el estacionamiento de automóviles de manera temporal, deben adquirir tecnologías que ayuden a ofrecer un servicio de calidad a través de la evolución de sus métodos de organización y distribución. Es muy importante utilizar la tecnología como soporte para realizar tareas o ayudar a la administración de lugares como estacionamientos en donde se pueda obtener un correcto control que sirva para lograr una verdadera gestión de espacios de estacionamientos.

Acosta, Tintos y Ibáñez (2014), concuerdan en que, uno de los inconvenientes en grandes zonas urbanas es la dificultad para encontrar espacios libres para estacionar vehículos y más en horarios de alto tráfico, todo esto genera desgaste de tiempo y frustración en los usuarios, a pesar de las medidas que se puedan implementar; en algunos casos, se han implementado parquímetros, pero pese a ello, se mantiene la dificultad de localizar un espacio disponible, esto se puede tratar con el uso de tecnologías emergentes capaces de habilitar herramientas como monitoreo en tiempo real para proporcionar flexibilidad y control durante todo el proceso de estacionar los autos, todo este tipo de automatización puede contribuir a la construcción de una ciudad inteligente.

Como ya se ha mencionado anteriormente, la dependencia del uso de automóviles ha crecido enormemente lo que sin duda provoca una descontrolada ocupación vehicular en varios espacios, por lo que Silva, Sumba, Lara y Llamuca (2019), mencionan que, esta congestión incluso puede causar inseguridad para los peatones, por esto es necesario mantener un control de este tipo de espacios con estrategias de gestión de estacionamientos.

En complemento a la idea anterior Silva, Sumba, Lara y Llamuca (2019), mencionan algunas estrategias de gestión como: adecuación de plazas de estacionamiento, lo que hace referencia a la correcta distribución de los espacios en un parqueadero; como segunda estrategia, la creación de nuevas plazas de estacionamiento para satisfacer la creciente demanda de plazas de estacionamiento, al atender el déficit en dichos espacios; se presenta como última estrategia el establecer un modelo de gestión para la administración del tránsito y la movilidad en donde es importante realizar un análisis previo para identificar que tipo de modelo es el correcto para un determinado espacio. El modelo es un conjunto de normas, políticas y planificación para afrontar y controlar la movilidad.

Para que un sistema o servicio pueda funcionar adecuadamente es necesario realizar una optimización del servicio, actualmente existen parqueaderos que aún realizan la gestión de espacios a través de fichas, boletos, tickets, entre otros; Álvarez y Vigil (2017), manifiestan que, estos métodos promueven desorden en los

establecimientos ya que con estos mecanismos no es posible brindar un servicio de calidad, puntualidad y cuidado en el tránsito de automóviles. Esta idea se enfoca en que estos servicios deben incorporar herramientas para mejorar el funcionamiento a través de la optimización ya que esto permite organizar los espacios de una manera adecuada, además de mejorar el tránsito de vehículos.

Según Castillo, Vélez y Ocampo (2019), un lugar que brinde espacios para estacionar automóviles puede presentar inconveniente como: largas filas de vehículos en espera de que se liberen plazas, congestión vehicular, molestia por parte de los usuarios, entre otros. Esto hace muy evidente la necesidad de mejorar el servicio a través del uso de tecnología, una propuesta sería la implementación de un sistema que permita generar información acerca de la disponibilidad de plazas en un parqueadero y que además permita mantener un control y organización de los autos.

Una forma de optimizar el servicio es a través de un sistema. Ayala, Sánchez, Romero y Marecos (2017), establecen ante la dificultad de encontrar lugares disponibles en parqueaderos, como posible solución la implementación de un programa que controle de manera práctica y eficiente aspectos como el registro de clientes, reserva de lugares por un determinado periodo de tiempo, generar valores a pagar de acuerdo al uso del servicio, elaboración de informes, a más de la posibilidad de que el usuario pueda verificar si existen lugares disponibles al ingresar a un sitio web desde cualquier dispositivo con acceso a internet, lo que reduciría en gran medida el tiempo que se demora un usuario en realizar tareas como la búsqueda de lugares de manera tradicional.

A partir de la evolución de IoT se puede tomar en cuenta este recurso para automatizar una variedad de procesos, entre éstos la gestión de espacios de estacionamiento. Espinoza (2022), propone una idea de parqueadero inteligente el cual consiste en un modelo de infraestructura tradicional de un parqueadero pero apoyado en las nuevas tecnologías como el IoT, que permite generar información sobre las plazas de aparcamiento que se encuentran disponibles, debido al uso de sensores que se conectan a internet a través de módulos de *Wi-Fi* es posible enviar

la información en tiempo real para su procesamiento y posterior presentación al usuario final.

Algunos desafíos y retos de la gestión de espacios de estacionamiento según Jehanno, Niang, Ortiz, Laborde y López (2019), son:

1. El nivel institucional: se refiere a todo aspecto relacionado a las leyes y normativas a nivel nacional y de las empresas o instituciones que vayan a implementar gestión de estacionamientos.
2. Los aspectos financieros: se refiere directamente a las finanzas que van estar relacionadas a la robustez del modelo económico.
3. El tema tarifario: esto se realiza en función del servicio proporcionado, el tipo de plaza, si se realiza el cobro por hora o fracción, entre otros.
4. Los aspectos operativos: en este punto se toma en consideración la conectividad, intermodalidad, información y publicidad.
5. La integración socio-urbana: este punto se relaciona con el uso de suelo y territorio.
6. Los aspectos socio-ambientales: referente a todos los impactos al medio ambiente, también la accesibilidad social, movilidad sostenible y la gestión de la demanda.

La infraestructura de tránsito que mantienen las ciudades en crecimiento muchas veces fueron incorporadas para menores volúmenes de circulación vehicular, al pasar el tiempo se evidencia la necesidad de adaptar los modelos existentes a las demandas modernas, Formoso, Mazzilli y Sotelo (2014), remarcan la importancia de aprovechar cada lugar disponible en un parqueadero para descongestionar el tránsito en zonas pobladas y disminuir los retrasos provocados por los embotellamientos.

Revathi y Dhulipala (2012), presentan algunos modelos de asistentes para gestión de estacionamientos: La búsqueda centralizada de aparcamiento asistido por sus siglas en inglés (CAPS), se procesa la información en un servidor, que recopila información de los sensores en el estacionamiento y de acuerdo al estado, toma las decisiones; la búsqueda de aparcamiento no asistido por sus siglas en inglés

(NAPS), no cuenta con un servidor por lo cual no se proporciona información al usuario, que debe encontrar un lugar de manera tradicional al deambular por el parqueadero; la búsqueda de estacionamiento asistida oportunista por sus siglas en el idioma inglés (OAPS), utiliza un nodo de almacenamiento móvil (MSN) el cual se encarga del flujo de información; el sistema de información y guía de estacionamiento por sus siglas (PGIS), proporciona información útil a los usuarios como las plazas disponibles. La información se envía a través de señales variables (VMS), consta de 4 componentes que son: difusión de información, recopilación de información, centro de control y redes de comunicación, se usa como recurso un dispositivo móvil para identificar su posición actual mediante GPS; otro ejemplo es el sistema de información basado en tránsito por sus siglas (TBIS), el cual proporciona orientación para plazas de estacionamiento y transporte en donde su implementación significa una reducción en las molestias de los usuarios; el estacionamiento automatizado, utiliza mecanismos controlados por computadoras para que el sistema asigne un espacio a un automóvil mediante el uso de muelles y ascensores, consta de un diseño de tres niveles: Capa lógica (LL), Capa de seguridad (SL) y Capa de abstracción de hardware (HAL) para el correcto almacenamiento de autos; por último está el modelo de estacionamiento electrónico, que es un sistema que utiliza mensajes por internet para reserva y pago de las plazas de estacionamiento, también utiliza teléfonos celulares con protocolo de aplicación inalámbrica (WAP) y asistentes digitales personales (PDA).

## **CAPÍTULO II. DISEÑO METODOLÓGICO**

### **1.1 Metodología de Investigación**

En el presente proyecto de investigación se utiliza un enfoque mixto, es decir que la investigación se orienta tanto a lo cuantitativo como a lo cualitativo. Los autores Vega, Ávila, Vega, Camacho, Becerril y Leo (2014), manifiestan que el enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para que, a partir del análisis de dichos datos, se puedan contestar las preguntas de investigación y así dar validez a las hipótesis establecidas; mientras que el enfoque cualitativo, según Valladolid y Chávez (2020), es una investigación que consta de un proceso metodológico que utiliza varios recursos no numéricos tales como: gráficos, discursos, textos, experiencias, opiniones, entre otros, para entender los significados que los sujetos atribuyen a cada elemento. El enfoque cuantitativo en el proyecto fue utilizado para la recolección de datos importantes como la medición del tiempo que toma a un usuario el completar su proceso de estacionamiento, en base a la definición de una muestra sobre la población total que interviene en la investigación, mientras que el enfoque cualitativo se utilizó para recolectar información no numérica como por ejemplo la definición de requerimientos a través de la aplicación de entrevistas al personal de la institución.

#### **Tipo de investigación**

En cuanto al tipo de investigación, se utilizó la de campo. Grajales (2000), comparte que en este tipo, se distingue el lugar en donde se realiza la investigación, y varios aspectos como las condiciones naturales del lugar, las observaciones, empleo de encuestas al personal, registro de datos. En este caso se realizó en la PUCE Ambato y su estacionamiento con el propósito de levantar información necesaria sobre el entorno, los requerimientos y necesidades. Por otra parte también se desarrolló una investigación bibliográfica la misma que toma información de fuentes académicas e investigativas con datos actualizados que permiten construir la línea base del proyecto.

## Población y Muestra

Para la investigación la población estará conformada por el personal que está relacionado a la administración del parqueadero de la PUCE Ambato la misma que se detalla a continuación:

*Cuadro 4: Detalle de la población y muestra*

Población	Frecuencia	Total
Directora Administrativa de la PUCE AMBATO	1	1
Responsables de la atención de los parqueaderos	2	2
TOTAL	3	3

Fuente: (elaborado a partir de ASEDESTO, 2023)

Por otra parte, la investigación requiere del levantamiento de datos tomados a partir de mediciones realizadas en distintos momentos en los parqueaderos, en relación a ciertos procesos como parqueo, búsqueda de un lugar, etc. El levantamiento de datos se hará en relación a los vehículos que usan los servicios. De la información proporcionada se tiene que la capacidad es de 113 vehículos, por lo que es necesario definir de ello una muestra para el levantamiento de la información.

Para el efecto se utiliza la siguiente fórmula (ASEDESTO 2023):

$$n = \frac{Z^2 * N * p * q}{e^2 * (N - 1) + (Z^2 * p * q)}$$

En donde:

z = nivel de confianza (correspondiente con el Cuadro de valores z)

p = Porcentaje de la población que tiene el atributo deseado

q = Porcentaje de la población que no tiene el atributo deseado = 1-p

Nota: cuando no hay indicación de la población que posee o nó el atributo, se asume 50 % para p y 50 % para q

$N$  = Tamaño del universo (Se conoce puesto que es finito)

$e$  = Error de estimación máximo aceptado

$n$  = Tamaño de la muestra

*Cuadro 5: Ingreso de datos*

$z =$	1,96
$p =$	95 %
$q =$	5 %
$N =$	113
$E =$	10 %

Fuente: (elaborado a partir de ASEDESTO, 2023)

Para la selección del nivel de confianza se toma como base la información del Cuadro 6:

*Cuadro 6: Valores de confianza*

<b>Valores de Confianza Cuadro Z</b>	
95 %	1,96
90 %	1,65
91 %	1,7
92 %	1,76
93 %	1,81
94 %	1,89

Fuente: (elaborado a partir de ASEDESTO, 2023)

Al aplicar la fórmula se obtiene el tamaño de la Muestra:

$n = 15,83$  (16 vehículos)

### **Técnicas de recopilación de información**

Para la investigación, la técnica a utilizar es la entrevista en donde Carballo (2001), comparte que es un recurso fundamental en la investigación con enfoque cualitativo, este instrumento consiste en desarrollar una conversación fluida en donde los participantes reviven su vida y reflexionan ante el entrevistador. La entrevista se aplicó a los 3 funcionarios que fueron especificados en la población, bajo la modalidad de entrevista estructurada.

En cuanto al levantamiento de datos respecto a los vehículos se utiliza la observación que es una técnica que permite establecer una relación concreta entre la persona que investiga y los actores sociales, a partir de los cuales se obtiene información relevante para la investigación. Según Fabbri (1998), “La observación es un proceso cuya función primera e inmediata es recoger información sobre el objeto que se toma en consideración” (p.2), ya que facilita el registro de los datos referentes a tiempos que se ocupan en los procesos antes indicados.

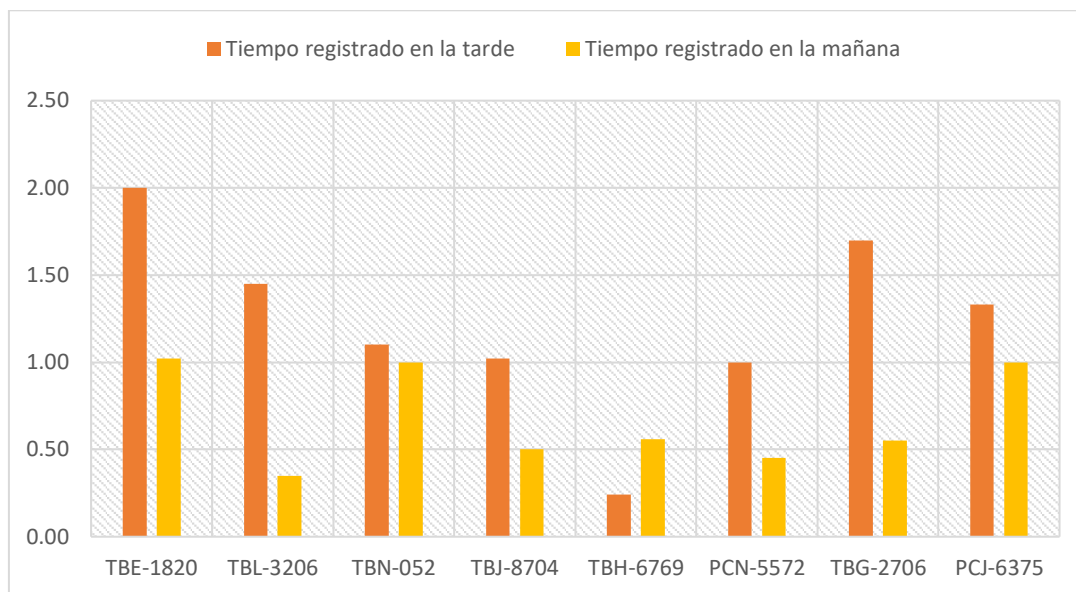
### **Instrumentos de recolección de información**

Para la entrevista se utilizó un cuestionario estructurado con 9 preguntas abiertas que permiten de manera detallada obtener la información necesaria para la investigación. (Ver Anexo 1)

Para efecto del registro de los datos de los vehículos con sus mediciones, se utilizó una ficha de observación diseñada para el efecto. (Ver Anexo 2)

Una vez recolectada la información necesaria para completar la ficha de observación, se realizó un gráfico correspondiente a la Figura 1, para desarrollar la comparación de tiempos registrados tanto en la mañana como en la tarde, para identificar el horario de mayor afluencia de vehículos, en donde según se aprecia en la (Figura 2), hay evidencia de que en el horario de la tarde existe mayor flujo vehicular en el estacionamiento.

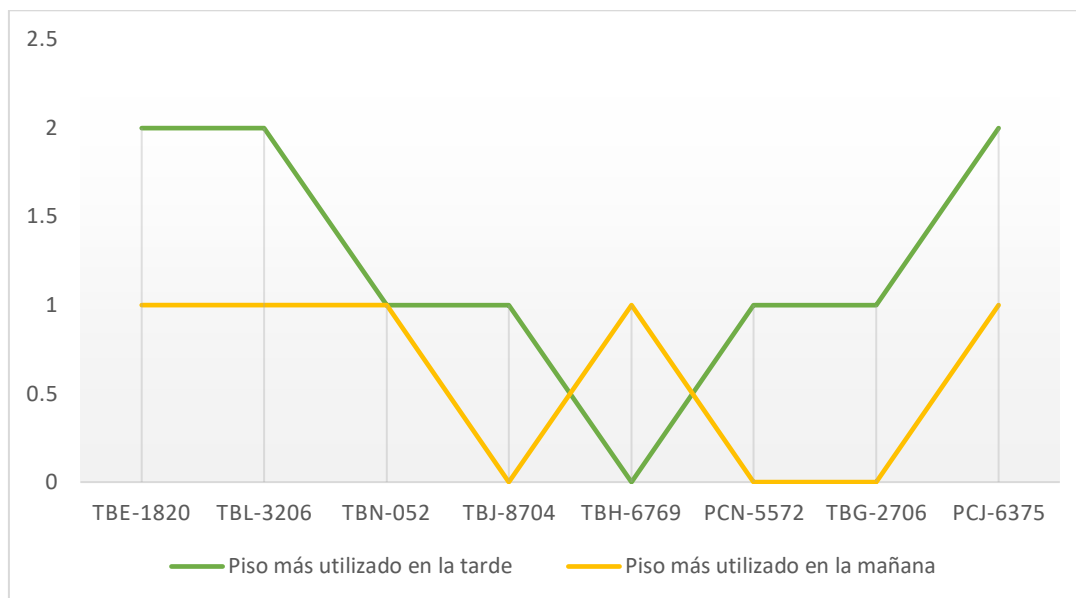
Figura 1: Comparación de Tiempos de Estacionamiento



Fuente: elaboración propia

Gracias a la información recolectada, se evidencia en la Figura 2 que, de las 3 plantas existentes en el estacionamiento, tanto en el horario de la tarde como en la mañana se concluye que el piso 1 correspondiente al subsuelo 1 es el más utilizado.

*Figura 2: Piso más utilizado en el estacionamiento*



Fuente: elaboración propia

## 1.2 Caracterización de la Institución

La Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato es una institución dedicada a la formación de profesionales de alto nivel, en donde se da prioridad a brindar una educación de calidad para que los estudiantes aporten al desarrollo de la sociedad ecuatoriana en todos sus ámbitos. La institución además de los temas académicos cuenta con varios servicios como: centro de transferencia de tecnología (CTT), consultorios jurídicos, servicio odontológico, servicio médico, servicio de parqueadero privado, entre otros (PUCE Ambato, 2023). De lo anterior, se destaca la importancia de la gestión del parqueadero como mecanismo para garantizar la seguridad de los vehículos para proporcionar tranquilidad del personal administrativo, docentes, estudiantes y usuarios del servicio. De acuerdo con el crecimiento de la institución ha surgido la necesidad de construir y adecuar un segundo parqueadero por la gran cantidad de flujo vehicular, lo que sustenta la importancia de mantener una organización en la forma de gestionar los vehículos y el tránsito vehicular.

## 2.3 Metodología de Desarrollo

La metodología *Design Thinking* (DT) fue planteada por David Kelley en los años 80, esta permite el desarrollo de productos de acuerdo con las necesidades de los usuarios con el propósito de generar ideas que brinden solución a problemas reales en el mercado. Según Mejía, Ruiz, Gaviria y Ruiz (2019), la metodología es utilizada ampliamente en variedad de áreas del conocimiento, sobre todo en proyectos con base tecnológica, mientras que Osis, Soto, Huarca y Suyo (2022), destacan que DT es una forma de brindar solución a un problema mediante la fragmentación del mismo en pequeñas partes donde se analiza cada fragmento junto al equipo de trabajo para proponer una solución, además se puede utilizar la metodología para mejorar procesos en el desarrollo de software, consta de 5 fases que son: empatizar, definir, diseñar, prototipar y testear.

En la parte de desarrollo, se aplicó DT con el propósito de prototipar un producto que pueda cubrir las necesidades de los usuarios y de la PUCE Ambato, de acuerdo con el estudio de los requerimientos técnicos y funcionales detalladamente para afrontar el problema con una solución innovadora. Se puede apreciar las diferentes fases de la metodología en la Figura 3.

*Figura 3: Ciclo de Vida de la Metodología Design Thinking*



Fuente: Gluo (2023)

### Fases de la Metodología

Debido a que la propuesta implica dos componentes que son el desarrollo del prototipo y la parte de la aplicación móvil, se plantea usar la misma metodología para las dos partes, por cuestiones de organización se documentará en cada fase,

en primer lugar, lo referente a la aplicación y luego en el mismo apartado la parte del prototipo.

### **Fase I: Empatizar**

Design Thinking es una metodología que funciona como un proceso iterativo, García Pérez (2021), destaca que DT busca identificar las necesidades del usuario, redefinir problemas e investigar estrategias para elaborar soluciones alternativas, además proporciona un enfoque que se basa en soluciones para identificar y resolver un problema planteado, es una colección de métodos prácticos, la primera fase de la metodología consiste en la empatía que se centra en conocer y entender el comportamiento de los usuarios o consumidores a los que va enfocado el producto, es importante entender al consumidor para determinar sus necesidades a través de la extracción de la mayor cantidad de información posible, estos servirán hacia la construcción de conocimiento aplicable para el proyecto en cuestión.

Posterior a la aplicación del instrumento para recopilación de información sobre el servicio de parqueadero de la PUCE Ambato, se procedió a realizar un análisis en donde se sintetizan los puntos cruciales de cada entrevista para juntarlos y resumirlos a continuación:

#### **Parte 1: Aspectos generales del servicio**

En cuanto al promedio de usuarios que utilizan el servicio de parqueadero, tanto el personal administrativo como el personal encargado del control y la gestión del estacionamiento manifiestan que a diario utilizan el servicio en el horario de la mañana un aproximado de 35 vehículos y en el horario de la tarde un aproximado de 40 vehículos, los que daría un promedio al día de entre 69 a 80 usuarios.

Referente a los inconvenientes que se dan en el uso diario del parqueadero, la mayoría de las personas entrevistadas coinciden en que no han existido ningún tipo de problema en el parqueadero de la PUCE Ambato, mientras que un miembro del personal manifiesta que la única observación es que existe solo un espacio que

sirve como entrada y salida, es necesario mantener un control de vehículos para que el flujo continúe sin novedades.

Respecto a la detección de los sitios disponibles en el estacionamiento, se manifiesta que actualmente no existe un método técnico para conocer que lugares están disponibles, sin embargo, si se tiene el conocimiento del número de espacios libres a través del uso de 2 sistemas, uno para ingreso manual de usuarios y otro para registrar a los usuarios que ingresan con método TAG y en el cuál si presenta un reporte de espacios disponibles en el estacionamiento.

Un aspecto a tener en cuenta es el cómo se le informa al usuario de los sitios disponibles, para lo cual al inicio del semestre se envió un comunicado de habilitación del parqueadero, pero en dicho espacio aún no cuentan con un método para informar de los lugares disponibles, los usuarios deben buscar un espacio de manera manual o el personal puede informar si existen lugares disponibles más no en que piso ni la ubicación del mismo.

Por otra parte, se debe considerar si la universidad estaría dispuesta a implementar un sistema inteligente en el parqueadero, para esto es necesario en primer lugar, presentar la idea para que los directivos de la universidad analicen la posibilidad de implementar dicha propuesta en función de las necesidades de la institución.

## **Parte 2: Requerimientos para el prototipo**

En relación a las características de un parqueadero inteligente se obtiene como criterios de las personas entrevistadas lo siguiente: consiste en un sistema que además de presentar la disponibilidad o no de cada lugar, se asigne un lugar disponible desde la entrada y se guíe al usuario a través de señalética con luces LED hasta llegar al sitio determinado y que se complemente con indicadores en cada lugar para detectar la disponibilidad.

También es importante considerar si se mejoraría la consulta de espacios disponibles si se lo realiza desde un dispositivo móvil, en esta idea existe una

división en cuanto a la respuesta ya que algunos entrevistados creen que si sería útil realizar la consulta desde una aplicación, mientras que otras personas a las que se les realizó la entrevista piensan que la consulta desde un dispositivo móvil no aportaría una mejora significativa ya que el personal del estacionamiento está al pendiente del flujo de vehículos.

Respecto a las consideraciones sobre el aporte en la reducción de tiempo al buscar un lugar de manera tradicional que puede brindar un sistema basado en IoT para la gestión de espacios en estacionamientos vehiculares aporte, existe un contraste de ideas ya que por una parte manifiestan que la idea planteada si ayudaría en la reducción de tiempo al buscar un lugar mientras por otra parte se indica que la propuesta no influiría significativamente en la reducción de tiempo al buscar un lugar.

Como consideración sobre la implementación de un sistema basado en IoT para la gestión de espacios en estacionamientos vehiculares pueda ayudar a la mejora del servicio actual, en este punto todas las personas aceptan que la propuesta pudiese mejorar el servicio actual, pero se destaca que la funcionalidad de más utilidad sería la de conocer que lugares de encuentran disponibles a través de una pantalla en la caseta donde se encuentra el personal encargado del parqueadero.

## **Fase II: Definir**

Esta parte corresponde al segundo paso de la metodología DT en donde García Pérez (2021), manifiesta que en esta etapa se analiza y procesa la información recopilada en la fase anterior para lograr una comprensión sobre el problema con el propósito de idear o conceptualizar la posible solución enfocada en cumplir los objetivos planteados en el proyecto. Es importante abordar el problema con enfoque directo y generar propuestas para evaluarlas y mejorarlas.

De acuerdo con los datos obtenidos a través de las entrevistas, se puede manifestar que se presentan requerimientos o necesidades para el sistema como:

- Un método técnico para conocer qué lugares están disponibles, en que piso y el número del mismo.
- Un apartado en donde se indique la disponibilidad de lugares tiempo real y que se pueda visualizar de manera gráfica la ubicación de los mismos.
- Colocar indicadores en la parte superior del estacionamiento para que el usuario observe si está cerca de un lugar disponible.
- Que se pueda asignar un espacio desde la entrada y orientar al usuario a dicho lugar mediante el uso de señaléticas con tecnología *light-emitting diode* (LED), sin embargo, para esta implementación se necesita desarrollar un algoritmo capaz de realizar ese proceso lo que implica un incremento en el costo, tiempo de entrega y que se saldría del alcance planteado al inicio del proyecto.
- La posibilidad de consultar desde una aplicación para dispositivos móviles y que a su vez se presente la información en una pantalla en la caseta de entrada al parqueadero.
- El desarrollo del sistema debe apoyar en la reducción de tiempo al buscar un lugar en el estacionamiento.

Una parte fundamental es la realización de un Cuadro de necesidades en donde se puedan analizar diferentes aspectos requeridos para el desarrollo del producto.  
(Ver Cuadro 7)

Cuadro 7: Descripción de Necesidades del Proyecto

Necesidades del Sistema	
Aplicación	
Indicadores	La aplicación debe ser compatible tanto para el sistema operativo Android como para IOS además de presentar las mismas funciones en las dos plataformas para utilizara componentes de fácil entendimiento.
Estructural	Debe presentar un diseño que se ajuste a las dimensiones en relación al tamaño de las pantallas de los dispositivos para una correcta presentación de información sin contener componentes que puedan distraer al usuario.
Técnico – productivo	En este punto es necesario tomar en cuenta aspectos como el soporte a un número determinado de usuarios que van a utilizar la aplicación para que esta pueda responder adecuadamente a las peticiones y la capacidad de brindar mantenimiento.
Estética	Es necesario presentar formas intuitivas y que sirvan de guía para el usuario, junto con recursos como indicadores basados en colores para una fácil identificación de los lugares disponibles y uso de colores que ayuden en la concentración del usuario durante el uso de la aplicación.
Uso	Debe ser de fácil uso, es decir que sea intuitivo y presentar la información de manera clara.
Entorno	Debe contener todas las opciones necesarias como navegación por todos los pisos e información como el total de espacios disponibles.
Funcionales	Es importante que se presente solo la información relevante y útil para el usuario al momento de utilizar la aplicación.
Dispositivo	
Indicadores	El dispositivo debe ser versátil para que se pueda adaptar en varios entornos con diferentes circunstancias.
Estructural	El producto debe ser de fácil instalación sin requerir modificaciones estructurales en el entorno a ser aplicado, además debe ser de un tamaño pequeño para que se pueda adaptar a las superficies.
Técnico – Productivo	Se deben considerar varios factores como los moldes de la carcasa, diseño, materiales , componentes, alimentación, entre otros para una producción en eficaz y en gran escala. Los materiales deben ser duraderos, estéticos a la vista y permitir el acceso a los componentes para futuros cambios o mantenimiento.
Estética	El dispositivo debe ser desarrollado de tal manera que su diseño presente líneas rectas, y una forma rectangular para que se pueda adaptar a una superficie, es necesario acomodar todos los componentes internos para que se optimice lo mejor posible el espacio dentro de la carcasa.
Uso	Se debe presentar un prototipo que sea versátil, que se pueda conectar en cualquier red de datos y con la posibilidad de adecuar la fuente de alimentación a las necesidades de la institución.
Entorno	Debe contener todos los componentes necesarios para que el dispositivo pueda responder directamente a la necesidad de la propuesta.
Funcionales	Debe ser capaz de diferenciar entre personas y vehículos a través del uso de detección con cronómetro.

Fuente: elaboración propia

**Fase III: Idear**

Esta parte corresponde al tercer paso de la metodología DT, García Peralta (2021), indica que una vez se ha recopilado la información necesaria, empieza esta fase,

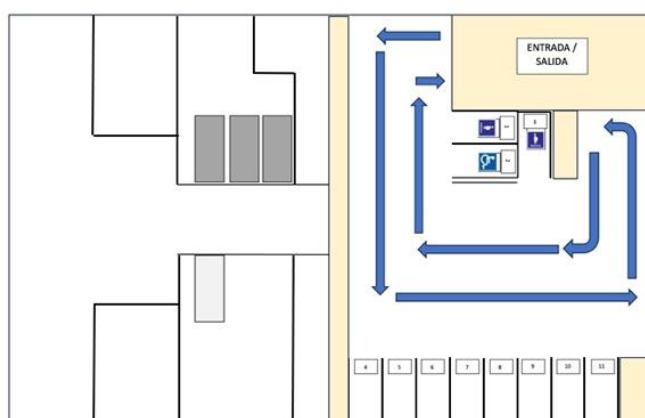
que es un proceso correspondiente al diseño de la solución en función de la generación de ideas para determinar posibles soluciones para el usuario final.

Posterior al análisis realizado en función de las entrevistas aplicadas al personal del estacionamiento de la PUCE Ambato y al resumen de requerimientos, se ha determinado la idea que mejor se acopla a las necesidades recopiladas durante la entrevista, a continuación, se plantean los bocetos tanto para la parte de la aplicación como para el prototipo.

### Diseño de la Aplicación

Para el caso de la aplicación es necesario previamente realizar un mapeo del parqueadero de la PUCE Ambato con el propósito de asignar número a cada plaza de estacionamiento, identificar el número de lugares y la ubicación de los mismos, así como presentar gráficamente la estructura del sitio para una fácil identificación de los espacios por parte del usuario, la altura desde el piso hasta el punto alto del techo en la primera planta es de 3,45 m, se presenta el mapeo de cada piso a continuación, la Figura 4 corresponde a la planta baja del parqueadero de la institución:

*Figura 4: Mapeo de la planta baja del parqueadero de la PUCE AMBATO*

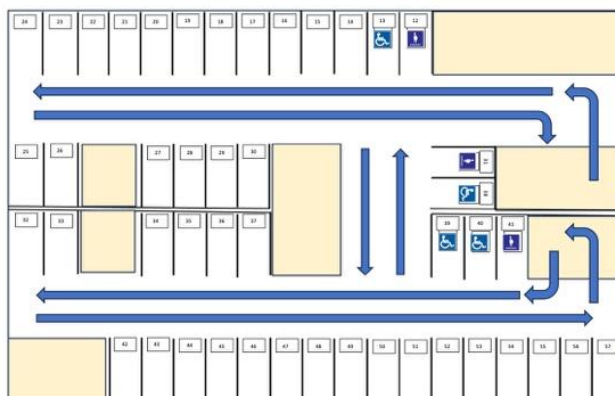


Fuente: elaboración propia

El mapeo se realiza por cada piso en el parqueadero de la PUCE Ambato con el propósito antes mencionado, el subsuelo 1 cuenta con una altura medida desde el

piso hasta el punto más alto del techo de 2,80 m, en este caso la Figura 5 corresponde al piso mencionado anteriormente.

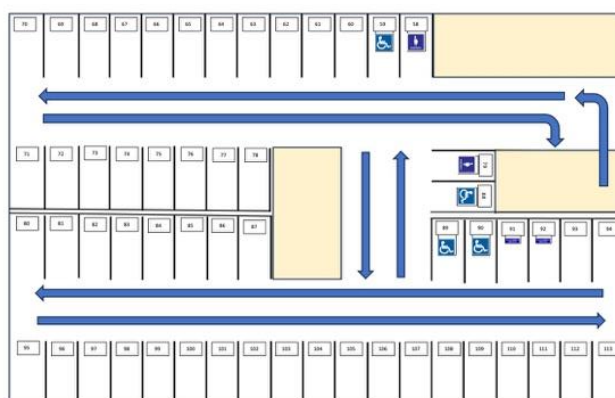
*Figura 5: Mapeo del subsuelo 1 del parqueadero de la PUCE AMBATO*



Fuente: elaboración propia

Como etapa final del mapeo se realiza el mismo proceso pero ahora corresponde al subsuelo 2 del parqueadero de la PUCE Ambato, el cual cuenta con una altura medida desde el piso hasta el punto más alto del techo de 2,83 m, continuación se presenta la Figura 6.

*Figura 6: Mapeo del subsuelo 2 del parqueadero de la PUCE AMBATO*



Fuente: elaboración propia

La propuesta consiste en el desarrollo de una aplicación móvil, en la presentación de la aplicación, se muestra como pantalla principal el logo de la institución y el

número de espacios disponibles. Para el diseño inicial de la aplicación se trabajó con la herramienta Flutter. (Ver Figura 7)

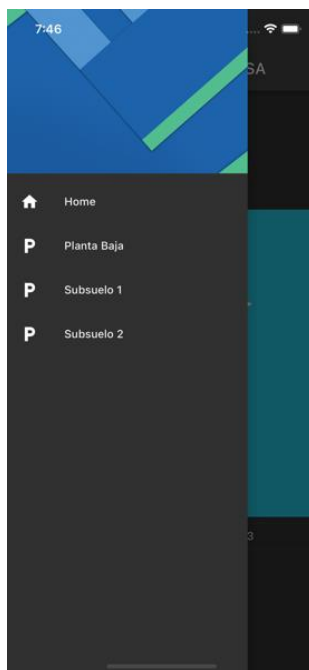
*Figura 7: Diseño de la página principal de la aplicación*



Fuente elaboración propia

Acorde al diseño, es necesario implementar un menú para que el usuario pueda realizar la navegación entre las distintas pestañas de la aplicación como se muestra en la Figura 8.

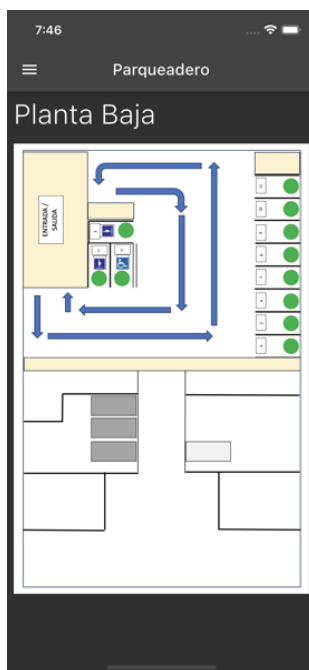
*Figura 8: Diseño del menú de la aplicación*



Fuente: elaboración propia

Mientras que en las pestañas de cada piso se presenta la información acorde a la infraestructura de cada planta, en donde el usuario puede consultar si existe un lugar disponible, su número y ubicación de acuerdo con el mapeo presentado anteriormente, se ejemplifica en la Figura 9:

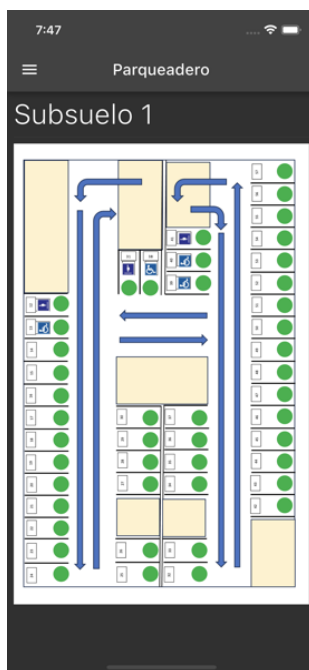
Figura 9: Diseño de la pestaña de la planta baja



Fuente: elaboración propia

La pestaña que corresponde a la Figura 10, presenta una vista del diseño de la ruta en la aplicación donde se puede observar el mapa con los números de plaza y el indicador de disponibilidad visible en color rojo o verde.

Figura 10: Diseño de la pestaña del subsuelo 1



Fuente: elaboración propia

La siguiente opción pertenece a la Figura 11, donde se presenta la misma información de disponibilidad de lugares en el subsuelo 2 similar a los ejemplos anteriores.

Figura 11: Diseño de la pestaña del subsuelo 2



Fuente: elaboración propia

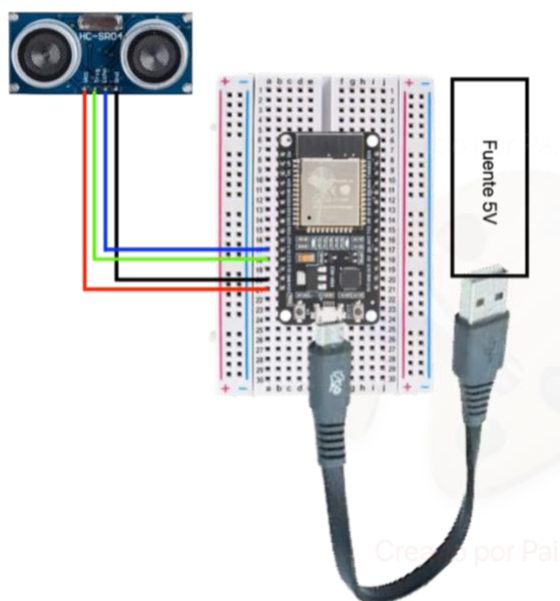
### Diseño del Prototipo

El prototipo consiste en un conjunto de elementos electrónicos los cuales forman un producto que funciona para medir la distancia entre el sensor y un objeto, esto con el fin de detectar si existe o no un obstáculo en el rango de medición, para luego enviar el dato a la aplicación y que éste se muestre al usuario a través de la interfaz, se aprecia cada uno de los elementos en la Figura 12.

Se cuentan con los siguientes elementos:

- Un protoboard para conectar los elementos sin la necesidad de soldadura y que a su vez sirve como placa.
- Un sensor ultrasónico para medir las distancias de acuerdo a la codificación que se compile en el dispositivo que va a enviar los datos.
- Un módulo esp 32 representado en el diagrama como “arduino uno” para compilar el código de acuerdo al requerimiento de la funcionalidad del sensor y para enviar los datos a la aplicación.
- Por último la fuente de alimentación de 5V con entrada micro USB

Figura 12: Diagrama del sensor y sus componentes

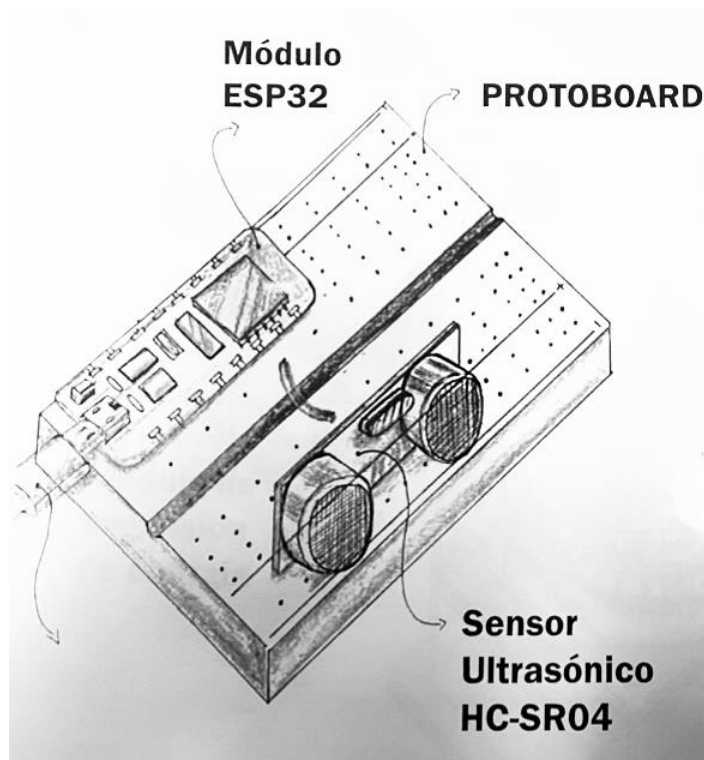


Fuente: elaboración propia

### Versión 1

Para el desarrollo del producto se contempló como primera idea o versión del diseño del dispositivo, solo el uso de un ESP32, un sensor ultrasónico, un *protoboard*, cables y una fuente de 5V para la alimentación, con estos componentes es posible realizar la medición de distancia con salida en el monitor serial de la aplicación Arduino IDE. (Ver Figura 13)

Figura 13: Boceto de la versión 1

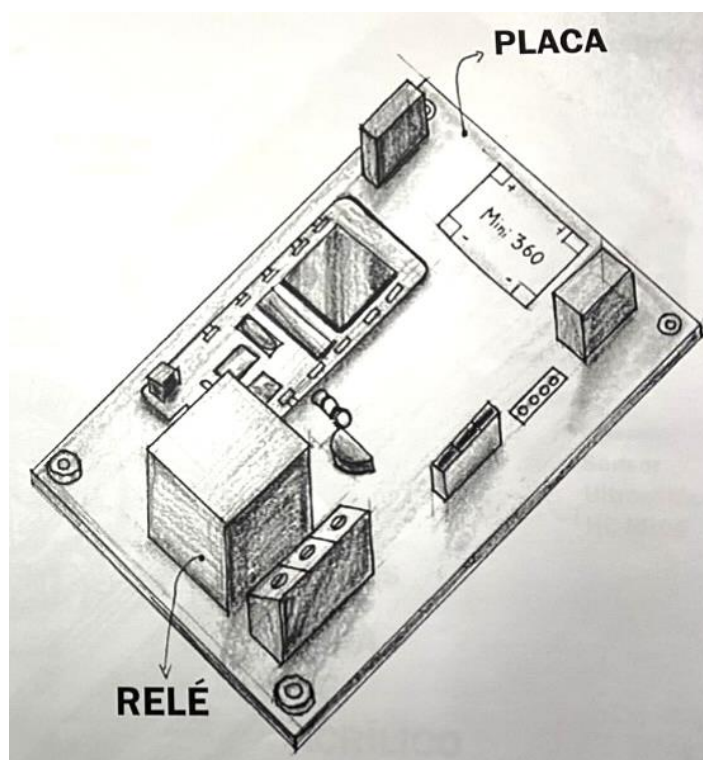


Fuente: la investigación

### **Versión 2**

En la segunda versión del diseño del dispositivo, se decidió reemplazar el *protoboard* por una placa echa a medida para el dispositivo, se agregaron resistencias y un transistor, este cambio fue importante ya que fue enfocado en la optimización de espacio además de que la placa puede alojar componentes para futuras implementaciones, el funcionamiento es igual al de la versión 1, es decir que es solo indica la distancia detectada a través del monitor serial. (Ver Figura 14)

Figura 14: Boceto de la versión 2

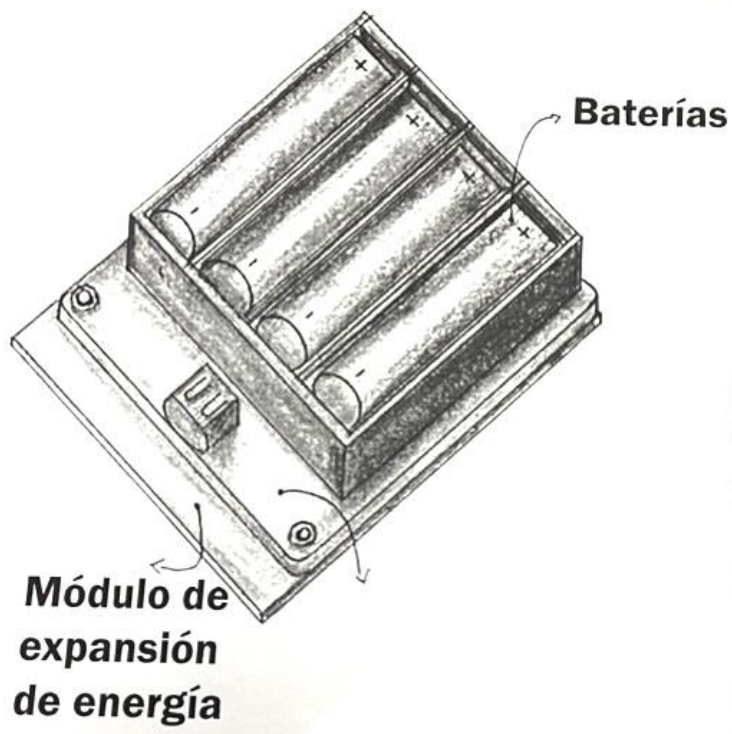


Fuente: la investigación

### Versión 3

Para esta versión de diseño, se tomó en consideración cambiar el método de alimentación de la versión 2 que corresponde a una fuente de 5V por un módulo de expansión de energía alimentado por 4 baterías de litio recargables como se aprecia en la Figura 15, esta implementación permite cargar el dispositivo mediante el uso de un cable, esta característica sirve para brindar portabilidad al dispositivo y que se pueda utilizar en cualquier ubicación con acceso a internet.

Figura 15: Boceto de la versión 3

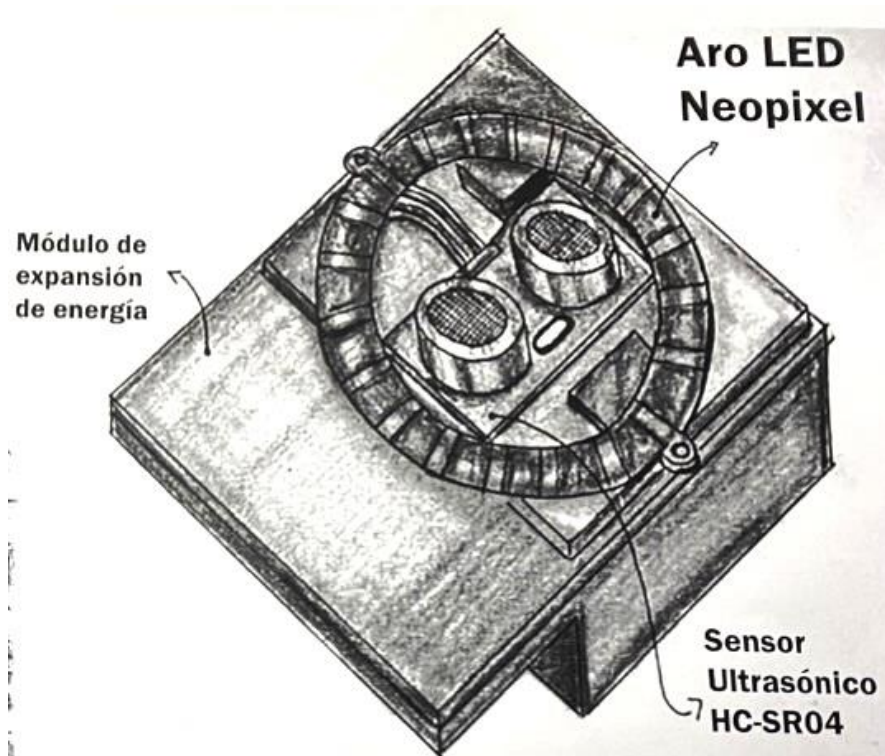


Fuente: la investigación

#### **Versión 4**

A partir del análisis de las necesidades, se ideó la incorporación de un aro *Neopixel* para que sea posible la funcionalidad de indicar al usuario la disponibilidad a través del uso de luces de color verde y rojo, para el diseño de esta versión se toma en consideración la implementación de un nuevo código para que la programación se adapte a las nuevas incorporaciones, se aprecia el boceto en la Figura 16.

Figura 16: Boceto de la versión 4



Fuente: la investigación

### Versión 5

Para el último diseño de la versión, ya con todos los componentes necesarios y adecuados para solventar las necesidades del proyecto, se llegó a la conclusión de que era necesario diseñar y agregar una cobertura para protección de los componentes internos del dispositivo además de la parte estética también es importante la durabilidad, que sea compacto, la forma y la posibilidad de que se pueda anclar fácilmente a un soporte metálico para su ubicación en el techo del parqueadero como se ve en la Figura 17.

Figura 17: Boceto de la versión 5



Fuente: la investigación

#### Fase IV: Prototipar

Esta parte corresponde al cuarto paso de la metodología en donde Según Márquez, Hanampa y Portilla (2021), la etapa de prototipar es la generación de elementos de acuerdo a las ideas revisadas en la fase anterior, se pueden utilizar dibujos, artefactos y objetos con la finalidad de responder preguntas que permitan alcanzar la solución final.

De acuerdo a las versiones revisadas en la fase de idear, se concluye que la única versión de la aplicación es adecuada para ser desarrollada, debido a que su sencillez es fácil de representar. En cuanto al dispositivo, la versión 5 es la que cubre todos los parámetros establecidos en el Cuadro 7.

A continuación, se presenta un Cuadro resumen que evidencia el análisis de las distintas versiones frente al cumplimiento de las necesidades detalladas en el Cuadro 8, de acuerdo con sus componentes y funcionalidades.

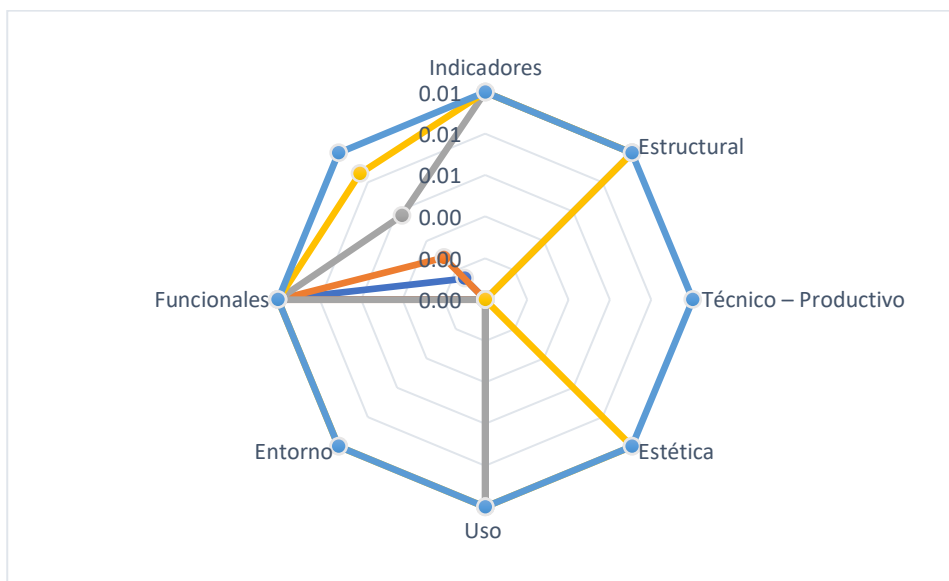
Cuadro 8: Cumplimiento de las Necesidades

Cumplimiento de Parámetros del Dispositivo					
Versión	1	2	3	4	5
Indicadores			X	X	X
Estructural			X	X	X
Técnico – Productivo					X
Estética				X	X
Uso		X	X	X	X
Entorno				X	X
Funcionales	X	X	X	X	X

Fuente: elaboración propia

Para ilustrar la información anterior, se presenta la Figura 18 en donde se puede evidenciar el cumplimiento de cada parámetro según las distintas versiones del dispositivo.

Figura 18: Comparación de versiones




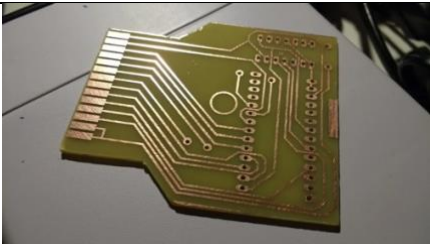




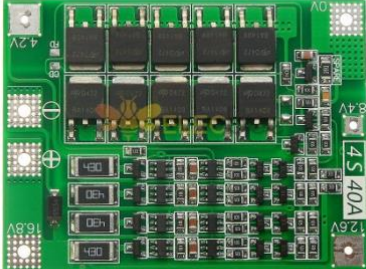

Fuente: elaboración propia


Como se observa, la versión 5 (línea celeste), es la que cubre las necesidades especificadas.

En función de las necesidades, se detalla en el Cuadro 9 una descripción y listado de los componentes a utilizar y la herramienta que servirá para el desarrollo de la aplicación y el prototipo.

Cuadro 9: Componentes para la versión 5

Software		
Componente	Descripción	Referencia
<i>Blynk</i>	Una aplicación para crear prototipos, implementar y gestionar de forma remota dispositivos electrónicos conectados a cualquier escala.	
Blynk (2023)		
Hardware		
Componente	Descripción	Referencia
Módulo ESP32	ESP32 es un único chip combinado de <i>Wi-Fi</i> y <i>Bluetooth</i> de 2,4 GHz diseñado con la tecnología TSMC de bajo consumo de 40 nm. Está diseñado para lograr la mejor potencia y rendimiento de RF, muestra robustez, versatilidad y confiabilidad en una amplia variedad de aplicaciones y escenarios de energía.	
Espressif (2023)		
Sensor ultrasónico HC-SR04	Los sensores ultrasónicos utilizan el sonido para determinar la distancia entre el sensor y el objeto más cercano en su camino.	
HC-SR04 (2023)		
Placa echa a medida	Es una placa en donde se puede alojar todos los componentes necesarios y conexiones entre ellos.	
Gascón (2019)		

Baterías de Litio	Las baterías de litio son las más empleadas en la actualidad puesto que son las que presentan un mayor rendimiento. Existen dos clases de baterías de litio: las de iones de litio y las de polímeros de litio.	
Gascón (2019)		
Porta Baterías	Los soportes para baterías están diseñados para soportar baterías comerciales, industriales u OEM. Permiten una retención segura y una sustitución fácil y rápida de la batería.	
GlobalSpec (2023)		
Cargador Baterías	El cargador de iones de litio es un dispositivo limitador de voltaje que tiene similitudes con el sistema de plomo-ácido. Las diferencias con el Li-ion radican en un voltaje más alto por celda, tolerancias de voltaje más estrictas y la ausencia de carga lenta o flotante con carga completa.	
Battery University (2010)		
Anillo de luz RGB Circular programable de 5V, 16 bits, Color mágico WS2812, anillo de luz LED a todo color	Un aro de luz es una fuente de iluminación continua en forma de anillo que sirve para indicar el estado de algo a través de colores.	
Musso (2023)		

Relé	Un relé es similar al concepto de un interruptor ya que abre o cierra circuitos que, a su vez, hacen otras funciones.	
París (2003)		

Fuente: elaboración propia

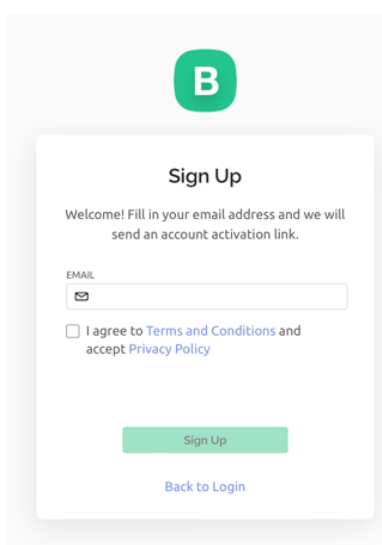
Al tratarse del desarrollo de un producto es necesario detallar cada componente y mejora que se ha proporcionado al prototipo en función del tiempo de total para la entrega del proyecto, se indica a continuación las diferentes versiones tanto para la aplicación como para el dispositivo, en donde se evidencia la evolución de los mismos hasta llegar a la propuesta definitiva y más adecuada acorde con los requerimientos y necesidades.

## Desarrollo de la Aplicación

### Versión 1

Para el desarrollo de la aplicación, se utilizó la plataforma *Blynk* que posee una versión gratuita a la cual se obtiene acceso al registrarse en dicha herramienta y luego de proporcionar un correo electrónico, el proceso se ve en la Figura 19.

Figura 19: Pantalla registro Blynk



**B**

### Sign Up

Welcome! Fill in your email address and we will send an account activation link.

EMAIL

I agree to [Terms and Conditions](#) and accept [Privacy Policy](#)

Sign Up

[Back to Login](#)

Fuente: elaboración propia

Luego del registro, lo siguiente es la creación del proyecto en donde se elige el tipo de hardware a utilizar que en este caso es un ESP32, al completar este proceso, la plataforma proporciona una parte del código con un ID del proyecto, el nombre de la plantilla y un token para su posterior uso desde el *hardware*. (Ver Figura 20)

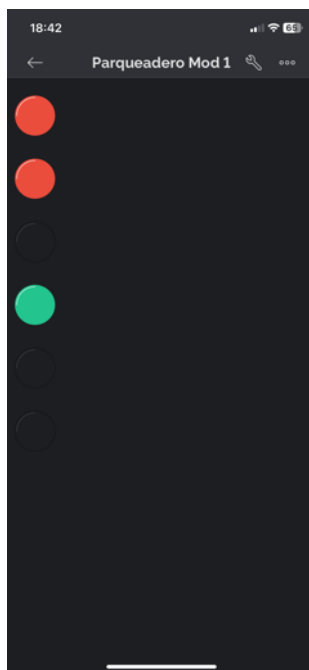
Figura 20: Consola de Blynk



Fuente: elaboración propia

Posterior a ello, se inició sesión en un dispositivo móvil con la cuenta creada previamente con la opción de modo desarrollador activada para iniciar el diseño de la interfaz gráfica y la lógica de la aplicación. Al ser una plataforma *low-code* es muy sencillo agregar componentes que funcionan como widgets que son micro aplicaciones con la capacidad de desplegar funcionalidades programadas previamente, en un inicio solo se planificó la presentación de una única pantalla para probar el funcionamiento a través de 6 indicadores LED los cuales cambian de color de acuerdo a la recepción del estado que envía el dispositivo, se aprecia la pantalla principal en la Figura 21:

*Figura 21: Pantalla principal de la aplicación versión 1*



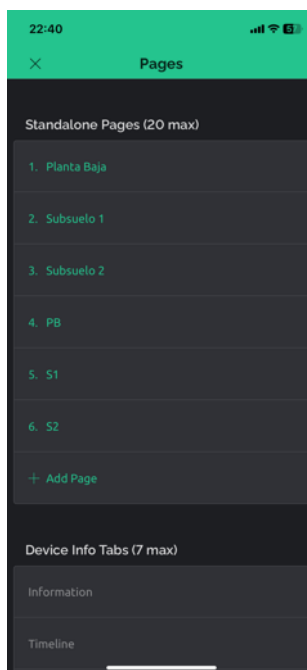
Fuente: elaboración propia

## **Versión 2**

Para esta versión, dadas las características limitadas de la versión 1, se decidió contratar una edición Pro de la plataforma Blynk, la cual posee soporte de uso para 40 usuarios, con el objetivo de obtener nuevos recursos para el diseño y desarrollo, así como para la funcionalidad de la aplicación.

Se crearon 4 páginas y pestañas en total, la primera para alojar una imagen de la institución, mientras que la segunda, tercera y cuarta se planificaron para los indicadores y números de cada lugar; además, por la limitación de la plataforma al agregar imágenes de fondo, se agregaron botones con la etiqueta "Mapa" para desplegar la imagen completa para que el usuario pueda tener una guía clara de la ubicación y dirección del flujo de los vehículos. (Ver Figura 22)

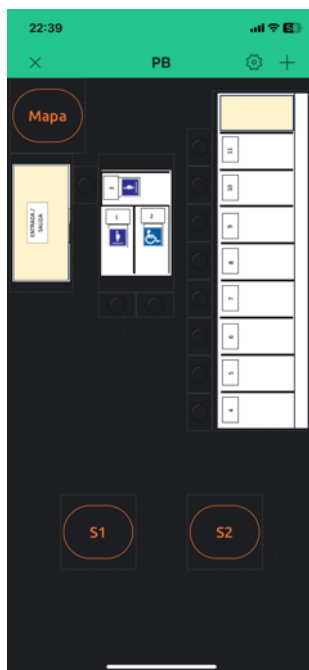
Figura 22: Creación de pestañas y páginas



Fuente: elaboración propia

Posteriormente, se cargaron todas las imágenes a ser utilizadas en la página *postimages*, el funcionamiento es similar a un repositorio de imágenes, se agregaron los widgets botón con imagen para agregar el logotipo de la PUCE AMBATO y las casillas numeradas de los espacios, además de los elementos correspondientes al mapeo del parqueadero y se asociaron a sus respectivos widgets para su presentación al usuario como se ve en la Figura 23.

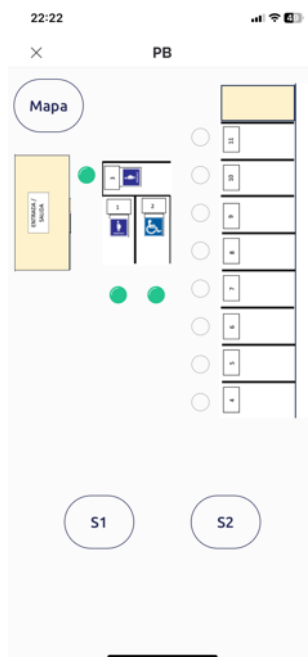
Figura 23: Posicionamiento de los widgets



Fuente: elaboración propia

En este punto se agregaron los widgets LED para que funcionen como indicadores de los 113 lugares registrados en el estacionamiento de la PUCE AMBATO a partir del mapeo realizado en fases anteriores para brindar una solución que se acople a la realidad del servicio de estacionamiento, mediante el uso de colores para que el usuario reconozca la disponibilidad de espacios, tanto en el tema oscuro como en el claro con el uso de colores contrarios para lograr contraste en la visualización de los elementos. (Ver Figura 24)

Figura 24: Configuración de temas de la aplicación



Fuente: elaboración propia

Una vez se completó el diseño de la interfaz, nuevamente fue necesario iniciar sesión en la consola web de *Blynk* para crear los 113 *DataStreams* que se aprecian en la Figura 25, que van enlazados a cada indicador *LED*, como una forma de estructurar los datos y el flujo de entrada y salida de información de los sensores, estos a su vez funcionan con pines virtuales que pueden enviar y recibir instrucciones a través del uso de pines físicos del módulo ESP32.

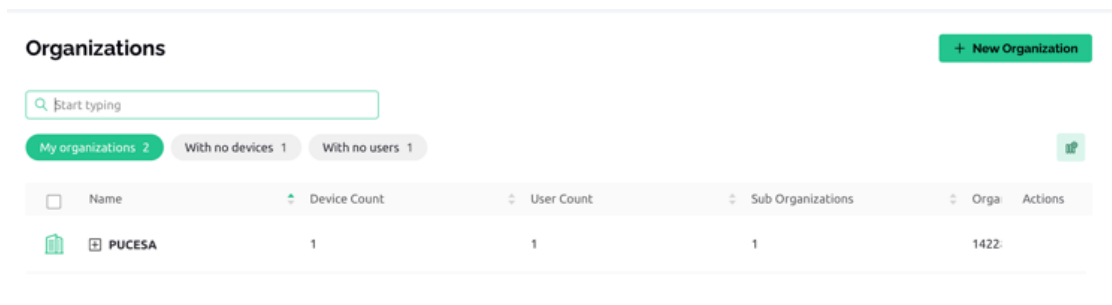
Figura 25: Creación de *DataStreams* y pines virtuales

Id	Name	Alias	Color	Pin	Data Type	Units
108	108	108	■	V107	Integer	
109	109	109	■	V108	Integer	
110	110	110	■	V109	Integer	
111	111	111	■	V110	Integer	
112	112	112	■	V111	Integer	
113	113	113	■	V112	Integer	

Fuente: elaboración propia

Por último, se creó una organización llamada “PUCE AMBATO” en donde se agregaron los usuarios para registrarlos en la entidad para que puedan tener acceso a la aplicación. (Ver Figura 26)

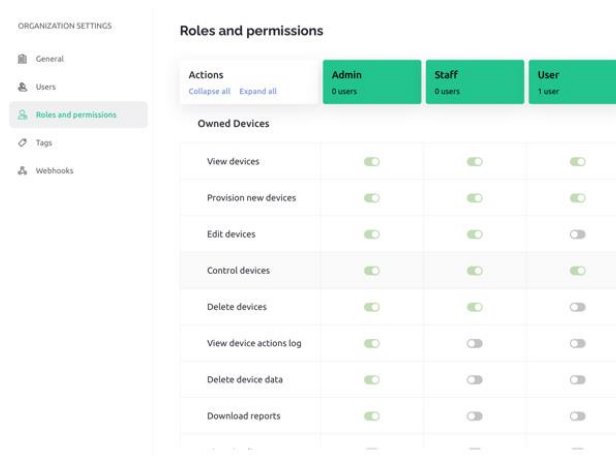
*Figura 26: Creación de la organización*



Fuente: elaboración propia

Además, se deben configurar los roles y permisos para que los usuarios de la organización visualicen los widgets. (Ver Figura 27)

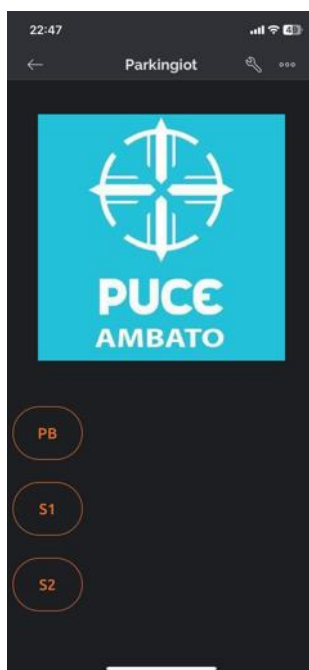
*Figura 27: Configuración de organización, roles y permisos*



Fuente: elaboración propia

A continuación, se presentan la Figura 28 que muestra cada uno de los elementos de la aplicación.

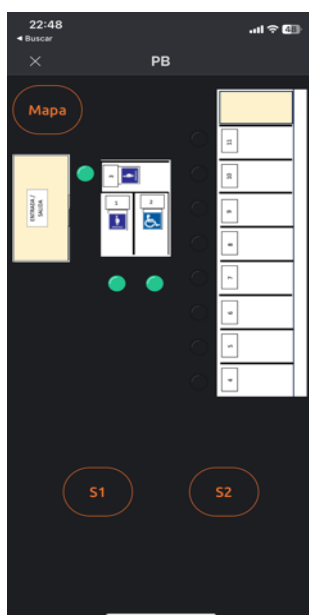
Figura 28: Pantalla principal de la aplicación versión 2



Fuente: elaboración propia

La siguiente pantalla asignada a la Figura 29, corresponde a la planta baja en donde se pueden apreciar los indicadores y los lugares junto con el botón de mapa.

Figura 29: Pantalla planta baja de la aplicación versión 2



Fuente: elaboración propia

En la Figura 30 se muestra el resultado al presionar el botón de mapa y los *widgets* desplegados.

*Figura 30: Botón de mapa*



Fuente: elaboración propia

La siguiente página corresponde al subsuelo 1 que consta del mismo esquema lógico que la planta baja, pero con variaciones en la distribución física y el número de lugares. (Ver Figura 31)

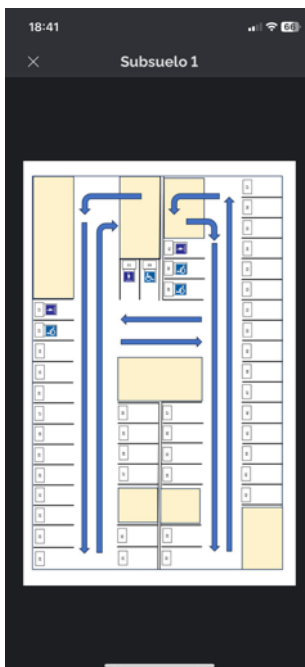
*Figura 31: Pantalla subsuelo 1 de la aplicación versión 2*



Fuente: elaboración propia

De igual manera la página mostrada en la Figura 32 consta de su propio botón para desplegar el mapa.

*Figura 32: Botón subsuelo 1*



Fuente: elaboración propia

Así mismo, se comparte el diseño de la página 3 correspondiente al subsuelo 2 del estacionamiento que de igual manera varía en su distribución y cantidad de espacios en relación con el subsuelo 1. (Ver Figura 33)

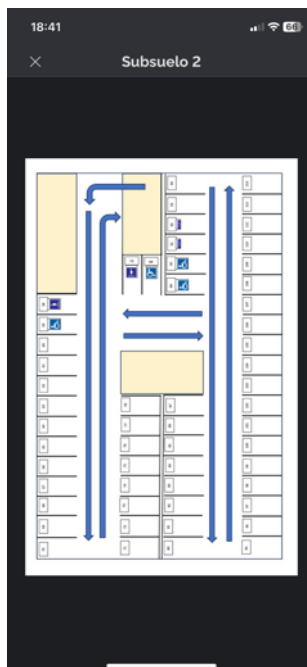
*Figura 33: Pantalla subsuelo 2 de la aplicación versión 2*



Fuente: elaboración propia

En la página correspondiente a la Figura 34 también se ubicó un botón para el despliegue del mapa.

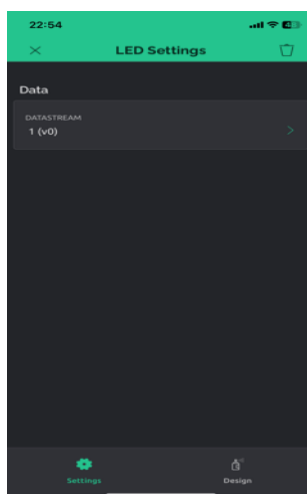
*Figura 34: Botón página subsuelo 2*



Fuente: elaboración propia

Una vez se tuvo lista la codificación del módulo ESP32 se asocia la variable V0 correspondiente a un identificador para el dispositivo con el *DataStream* de la aplicación *Blynk* para indicar que el widget va a trabajar con los datos de esa variable, tal y como se ve en la Figura 35.

*Figura 35: Asignación de Datastream*

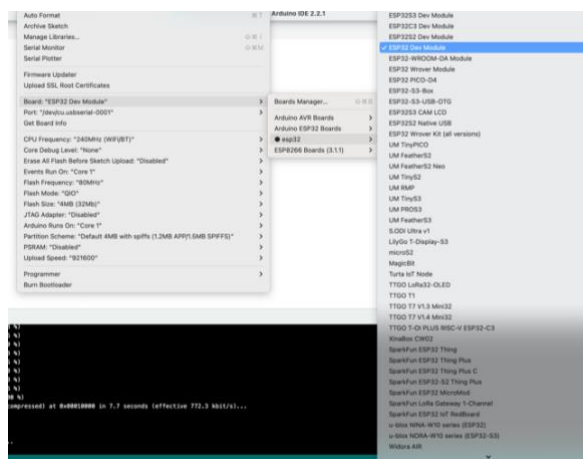


Fuente: elaboración propia

## Desarrollo del Producto

Como primer paso fue necesario conectar el módulo ESP32 a través del puerto micro USB para enlazarlo con el entorno de desarrollo integrado (IDE) de ARDUINO y así probar la compatibilidad y agregar las librerías necesarias para el uso del componente. (Ver Figura 36)

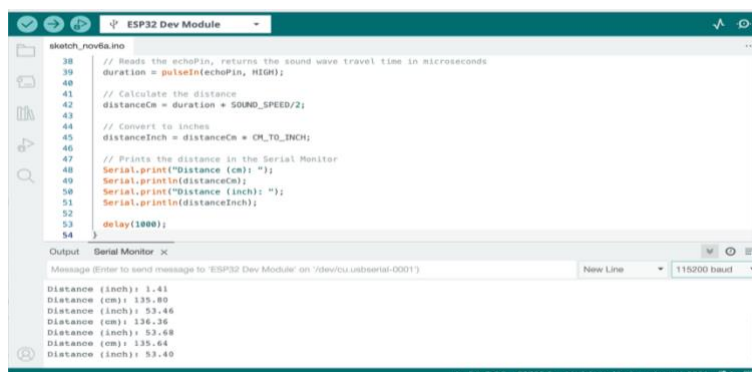
Figura 36: Selección de hardware en Arduino IDE



Fuente: elaboración propia

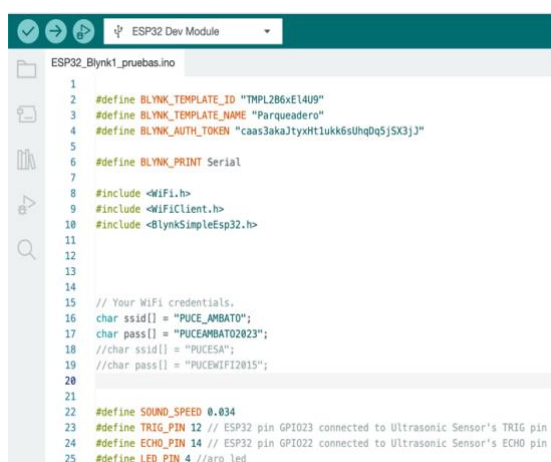
Una vez el IDE detecta el ESP32, se conectan los pines *Trigger* y *Echo* del sensor ultrasónico al módulo ESP32 al hacer uso de los pines digitales 12 y 14 respectivamente además del voltaje y la masa para que se pueda generar un código básico desde el IDE de ARDUINO el cual permite la detección de la distancia. (Ver Figura 37)

Figura 37: Desarrollo de código básico para medir distancia



Una vez se comprobó que es posible medir la distancia, se incluyeron las librerías `<Wi-FiClient>`, `<Wi-Fi.h>` y `<BlynkSimpleEsp32.h>` junto con los parámetros obtenidos a través del registro en la plataforma de *Blynk*, como el ID de proyecto, nombre de la plantilla y el token de autenticación, también fue necesario definir variables como el SSID de la red inalámbrica y la contraseña, además de la velocidad del sonido, los pines de entrada y salida para el sensor ultrasónico y los colores que serán enviados a *Blynk* como se aprecia en la Figura 38.

Figura 38: Inclusión de parámetros necesarios para la conexión con Blynk



```

1
2 #define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL2B6xE14U9"
3 #define BLYNK_TEMPLATE_NAME "Parqueadero"
4 #define BLYNK_AUTH_TOKEN "caas3akaJtyxHt1ukk6sUhq0q5j5K3jJ"
5
6 #define BLYNK_PRINT Serial
7
8 #include <WiFi.h>
9 #include <WiFiClient.h>
10 #include <BlynkSimpleEsp32.h>
11
12
13
14
15 // Your WiFi credentials.
16 char ssid[] = "PUCE_AMBATO";
17 char pass[] = "PUCEAMBATO2023";
18 //char ssid[] = "PUCEASA";
19 //char pass[] = "PUCEWIFI2015";
20
21
22 #define SOUND_SPEED 0.034
23 #define TRIG_PIN 12 // ESP32 pin GPIO23 connected to Ultrasonic Sensor's TRIG pin
24 #define ECHO_PIN 14 // ESP32 pin GPIO22 connected to Ultrasonic Sensor's ECHO pin
25 #define LED_PIN 4 //aro led

```

Fuente: elaboración propia

Una vez se realizó la conexión, en la Figura 39 se desarrolló una función llamada distancia, que consiste en disparar un ultrasonido desde el *Trigger*, esperar durante 10 microsegundos y luego se apague para calcular la duración del pulso digital a través de la función *pulseIn* en el pin de *Echo* para posteriormente calcular el valor de la distancia con la fórmula:  $\text{distancia} = (\text{Tiempo} * \text{Velocidad}) / 2$ .

Figura 39: Función para calcular la distancia

```
void distancia() {
    digitalWrite(TRIG_PIN, LOW); // Reinicia el trigPin
    delayMicroseconds(2);
    // Genera un pulso de 10-microsegundos para el TRIG pin
    digitalWrite(TRIG_PIN, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);

    // Mide la duración del pulso desde el pin ECHO
    duration_us = pulseIn(ECHO_PIN, HIGH); //medir tiempo respuesta

    // calculo de distancia en cm
    distance_cm = duration_us * SOUND_SPEED/2; //Fórmula

    // Impresión del valor en Monitor Serial
    Serial.print("distance: ");
    Serial.print(distance_cm);
    Serial.println(" cm");
}
```

Fuente: elaboración propia

En la parte del `void setup()` correspondiente a la Figura 40, se inicia con la frecuencia definida que son 115200 baudios, se indica la inicialización de *Blynk* al enviar el parámetro `ssid` y contraseña, se definen los pines y cuáles de estos van a servir de entrada o salida de datos, también se configura la función para encender el aro LED y la instrucción para que se encienda en color verde al iniciar el arranque del prototipo.

Figura 40: Codificación del Void setup()

```
void setup() { // Inicialización del módulo
    Serial.begin(115200); // Frecuencia de comunicación
    Blynk.begin(BLYNK_AUTH_TOKEN, ssid, pass); //Envío de parámetros para conexión

    pinMode(TRIG_PIN, OUTPUT); //Se indica que el pin trigger va a funcionar en modo salida (Envía el ultrasonido)
    pinMode(ECHO_PIN, INPUT); //Se indica que el pin trigger va a funcionar en modo entrada (Recibe el ultrasonido que rebota en la superficie)
    pinMode(rele, OUTPUT); //Pin salida
    pinMode(led, OUTPUT); //Pin salida

    digitalWrite(led, HIGH); //Encender LED
    delay(1000); //Espera
    digitalWrite(led, LOW); //Apagar aro LED
    digitalWrite(rele, LOW); //Apagar relé
    strip.begin(); //iniciar
    strip.show(); //mostrar
    strip.setBrightness(BRIGHTNESS); // Setear el brillo
    colorWipe(strip.Color(0, 255, 0), 50); //LED color verde
}
```

Fuente: elaboración propia

Para continuar, en la Figura 41 se agregó la librería *mychrono* que es un cronómetro que funciona en paralelo a la ejecución del código para que sea posible esperar 5 segundos después de que el sensor detecta un objeto con el fin de que se marque como ocupado y así evitar que al detectar peatones se envíe una lectura incorrecta; de acuerdo a una distancia programada de 250 cm que se compara con la distancia

en cm que provee la función distancia para obtener la detección de vehículos adecuadamente sin que el dispositivo detecte el suelo donde está ubicado.

Figura 41: Implementación de MyChrono

```
myChrono.restart(); // Reinicia a 0 el cronómetro
while (distance_cm >= dist){ //Condicional de mientras la medición de distancia sea mayor o igual a la dist=250
  distancia(); //Ejecutar la función

  if (myChrono.hasPassed(5000)) { // Si la medición del cronómetro supera los 5 segundos cambiar el color a verde
    digitalWrite(rele, LOW); //Desactiva el relé
    digitalWrite(led, LOW); //Desactiva el Aro LED
    colorWipe(strip.Color(0, 255, 0) , 50); //Activar en color verde
    estado=1;
    Blynk.setProperty(numeroDispositivo, "color",BLYNK_GREEN);
    Blynk.virtualWrite(numeroDispositivo, estado);
  }
}
```

Fuente: elaboración propia

En la parte del funcionamiento como tal, correspondiente el *void loop()*, se indica que inicia la conexión con *Blynk*, la función distancia arranca y se colocó un ciclo *while* para indicar que mientras la distancia\_cm es menor a 250 cm se asigne el estado a 0 y los colores del *widget* y el LED en color rojo. Se reinicia el cronómetro y se configura un ciclo similar, pero con la condición en el ciclo que la distancia sea mayor o igual a 250 cm para asignar el *widget* y el LED en color verde. (Ver Figura 42)

Figura 42: Configuración del void loop()



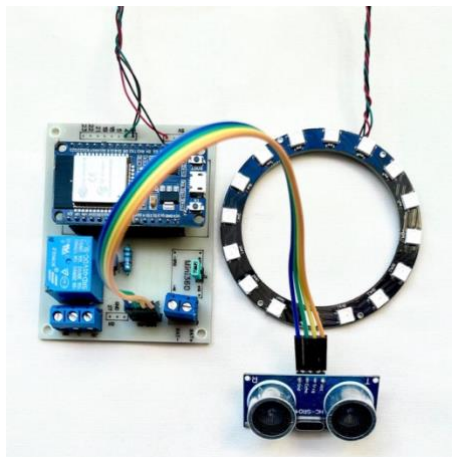
```
ESP32_Blynk_final_1.ino
68 void loop() {
69
70   Blynk.run(); //Inicia
71   distancia(); //Función
72   myChrono.restart(); //Reinicia el cronómetro
73
74   while (distance_cm <= dist){
75     //Serial.println("detectando");
76     distancia();
77
78     if (myChrono.hasPassed(5000)) { // 5 seg de espera
79       digitalWrite(rele, HIGH); // Activa el pin del relé
80       digitalWrite(led, HIGH); // Activa el pin del LED
81       colorWipe(strip.Color(255, 0, 0) , 50); //rojo
82       estado=0; // Estado que se envia a la APP
83       estado++; // Este incremento solo es para que el estado sea 1 y se mantenga encendido el led rojo en la APP
84       Blynk.setProperty(numeroDispositivo,"color",BLYNK_RED); //Definir la propiedad del widget LED
85       Blynk.virtualWrite(numeroDispositivo, estado); //Envío del Vpin y estado a Blynk
86     }
87   }
88
89   myChrono.restart(); // Reinicia a 0 el cronómetro
90   while (distance_cm >= dist){ //Condicional de mientras la medición de distancia sea mayor o igual a la dist=250
91     distancia(); //Ejecutar la función
92
93     if (myChrono.hasPassed(5000)) { // Si la medición del cronómetro supera los 5 segundos cambiar el color a verde
94       digitalWrite(rele, LOW); //Desactiva el relé
95       digitalWrite(led, LOW); //Desactiva el Aro LED
96       colorWipe(strip.Color(0, 255, 0) , 50); //Activar en color verde
97       estado=1;
98       Blynk.setProperty(numeroDispositivo, "color",BLYNK_GREEN);
99       Blynk.virtualWrite(numeroDispositivo, estado);
100     }
101   }
102 }
```

Fuente: elaboración propia

En esta sección ya con el código preparado se empezó el ensamblaje del prototipo como se puede ver en la Figura 43, en primer lugar, se fabricó el esquema para la placa de PBC con la ayuda de un asesor del área de electrónica, para que una vez

preparada se puedan conectar todos los dispositivos como el sensor, el módulo ESP32 y el aro LED.

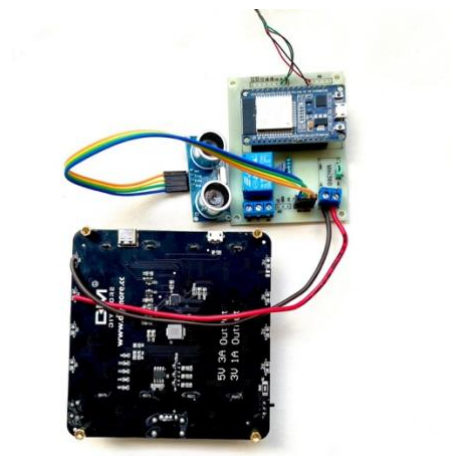
*Figura 43: Ensamblaje de la placa con sus componentes*



Fuente: elaboración propia

Luego se procedió a colocar las baterías recargables en el módulo de expansión para alimentar a la placa y que esta a su vez proporcione carga a todos los elementos conectados. (Ver Figura 44)

*Figura 44: Instalación del módulo de expansión*



Fuente: elaboración propia

En la Figura 45 se ejemplifica como se diseñó y elaboró la carcasa de acuerdo a las medidas de los componentes ya ensamblados para protegerlos, está cubierta de acrílico cortada con láser y va a permitir el anclaje del dispositivo en su lugar de aplicación que se detectó previamente en la investigación. (Ver Anexo 8)

*Figura 45: Ensamblaje de la carcasa*



Fuente: elaboración propia

El relé agregado anteriormente en la placa funciona con un transistor y una resistencia para que se envíe un pulso de acuerdo al estado del sensor para activar un foco o luz LED que se puede conectar como expansión además del aro ya instalado.

Dado que la versión 5 del diseño del prototipo es la que brindó más características y funcionalidades, se desarrolló dicha versión a partir de los bocetos presentados con anterioridad. A continuación, se presentan imágenes del producto desarrollado y ensamblado.

En la vista de la Figura 46 se pueden apreciar los componentes como el sensor ultrasónico que será el encargado de la medición de las distancias para el correcto funcionamiento, además del aro LED que sirve de indicador visual para indicar la disponibilidad del sitio de estacionamiento.

*Figura 46: Producto parte frontal*



Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la Figura 47 se pueden apreciar las baterías ubicadas en el módulo de expansión que provee la energía a todo el dispositivo.

*Figura 47: Producto parte posterior*



Fuente: elaboración propia

Según la Figura 48 correspondiente a la vista lateral, se puede observar parte del módulo de expansión de energía y los puertos para conectar el cable de carga para las baterías recargables.

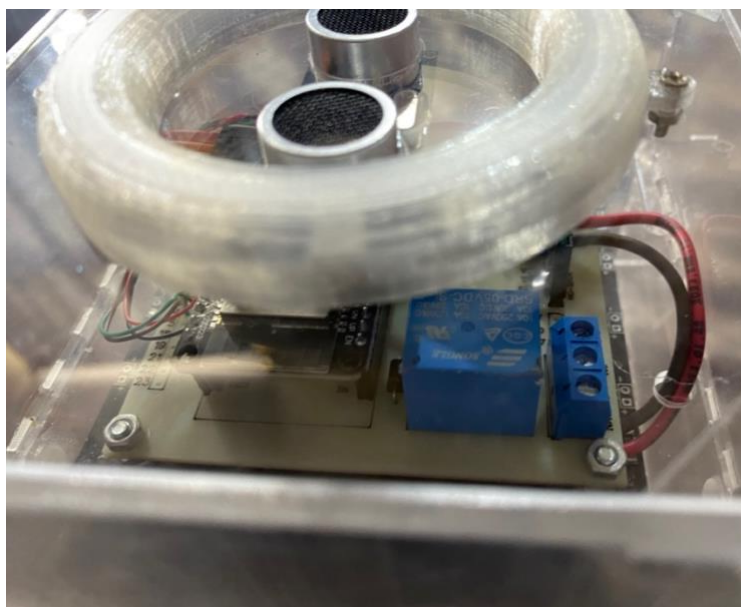
*Figura 48: Producto parte lateral*



Fuente: elaboración propia

En la vista interna se logra apreciar la placa madre del dispositivo y el módulo ESP32 que enviará los datos a través del *Wi-Fi* configurado en la codificación, también se observa el relé. (Ver Figura 49)

*Figura 49: Producto parte interna*



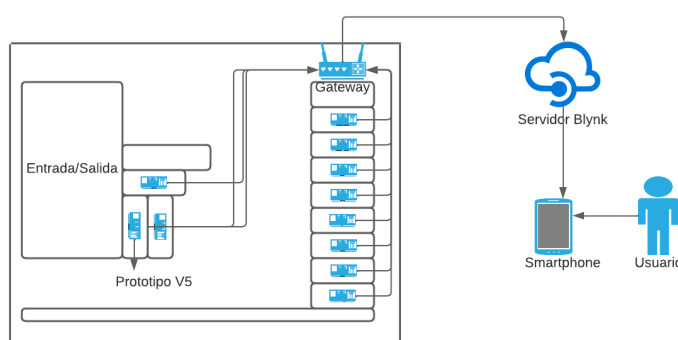
Fuente: elaboración propia

### **Esquema Lógico de Funcionamiento del Sistema**

El funcionamiento de los dos componentes en conjunto inicia con la ubicación del dispositivo versión 5 en el techo de cada lugar de estacionamiento, este toma las

lecturas a través del sensor ultrasónico y se envían por la red *Wi-Fi* a la cual se conecta el módulo ESP32, se utiliza un *Gateway* para realizar el envío de los datos y procesos codificados directamente al servidor de *Blynk* en la Nube el cual se asigna al crear la cuenta en dicha plataforma; una vez los datos están en los servidores, se conectan a la aplicación y se presenta la información de manera visual e interactiva para el usuario, a continuación se presenta la gráfica del esquema. (Ver Figura 50)

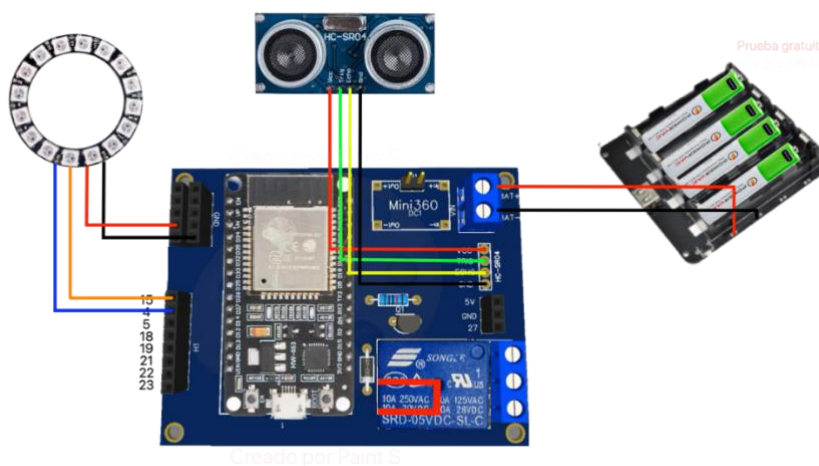
*Figura 50: Esquema de funcionamiento del sistema*



Fuente: elaboración propia

En la siguiente Figura 51, se puede apreciar los componentes del sensor:

*Figura 51: Diagrama del sensor y sus componentes*

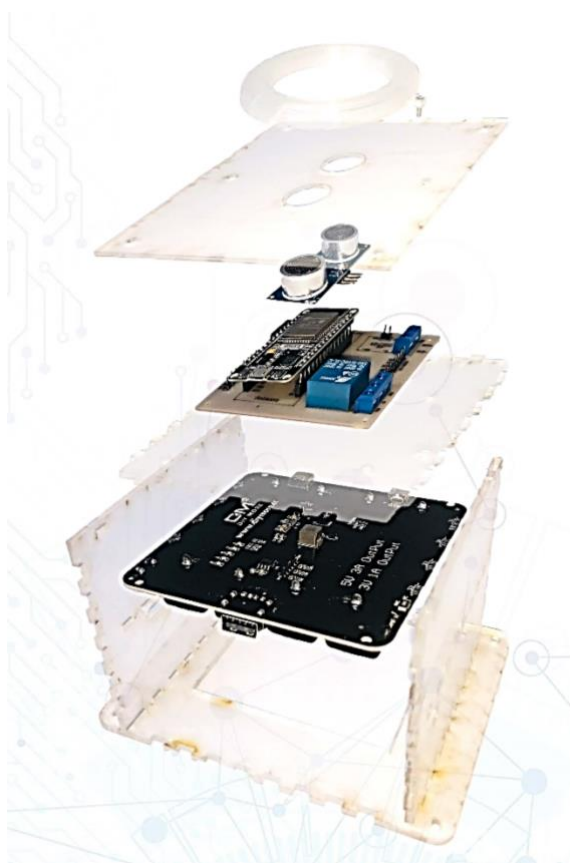


Fuente: elaboración propia

Por último se presenta la Figura 51 en donde se demuestra el proceso de como se ensambla el prototipo, es necesario armar en primer lugar la carcasa exterior la cual

consta de las 4 tapas laterales que forman una caja, en la parte de abajo se coloca una tapa que encaja en la parte mencionada anteriormente y se incluye una tapa de un menor tamaño que servirá para brindar acceso al compartimiento de las baterías, por la sección superior se encaja el módulo de expansión de energía con las baterías colocadas, se debe considerar que el pulsador debe encajar con el orificio que tiene una de las tapas laterales, encima de este se coloca el soporte medio que va a servir para ajustar la placa, que es el siguiente elemento a ser colocado, se conectan todos los cables tanto a los pines de la placa como a la fuente de alimentación de corriente, por último es necesario adherir el sensor ultrasónico a la tapa superior, colocar el aro LED encima de la misma y una vez se cuenta con los elementos completos, se procede a cerrar la carcasa con tornillos.

*Figura 51: Ensamblaje del dispositivo*



Fuente: elaboración propia

## Fase V: Testeo

La última fase de la metodología corresponde a la aplicación de pruebas para validación del funcionamiento del sistema, según Resano (2004), para este proceso se requieren las opiniones y la retroalimentación de expertos y usuarios, con estos recursos se inicia un ciclo iterativo de evaluación que aporta en el conocimiento externo e interno.

Para las pruebas del sistema se tomó la decisión de realizarlas en un entorno real similar al lugar donde se desarrollaron los estudios de campo, se ha podido comprobar su viabilidad, gracias a la pruebas realizadas tanto al prototipo como a la aplicación para demostrar el funcionamiento de los elementos en conjunto.

Se utilizó un espacio con medida de 2,50 m para simular la distancia desde el piso hacia el techo que cuenta el parqueadero de la PUCE AMBATO, dicha medida se puede observar en la Figura 52.

*Figura 52: Medida del espacio de pruebas*

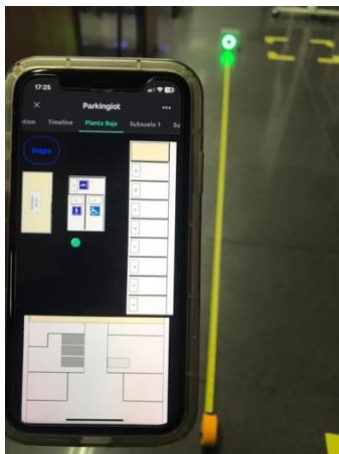


Fuente: elaboración propia

Una vez establecida la medida del espacio, se colocó el prototipo a la distancia requerida para probar su correcto funcionamiento, en este caso al detectar una

distancia igual o superior a 2.50 m, el dispositivo acorde a la programación presenta un indicador de color verde de luz LED para representar que el espacio está disponible, además de enviar el estado a la aplicación de *Blynk* para visualizar el indicador en tiempo real. (Ver Figura 53)

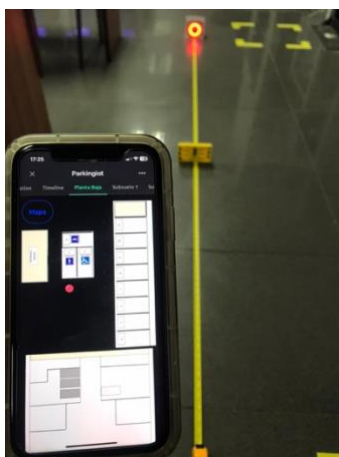
*Figura 53: Prueba de sistema en estado disponible*



Fuente: elaboración propia

Según se observa en la Figura 54, en el caso de que el sensor detecte una distancia inferior a 2.50 m de distancia se indica al aro LED que cambie su estado para determinar el cambio de color de verde a rojo, de igual manera se envía la información al servidor de *Blynk* para que se presente al usuario de manera gráfica al usar la aplicación.

*Figura 54: Prueba de sistema en estado ocupado*



Fuente: elaboración propia

Por último se realizaron las pruebas de consumo de energía del dispositivo, se utilizó un multímetro para medir la intensidad de la corriente en miliamperios y con el valor del voltaje que proporciona el módulo de expansión que corresponde a 5 Voltios se aplicó la fórmula para calcular la potencia:

$$P = V * I$$

Al reemplazar los valores en la fórmula el cálculo dio como resultado que la potencia es igual a 0.8 Watts, en la Figura 55 se demuestra el valor obtenido acerca del consumo energético a través del uso de un multímetro.

*Figura 55: Medición de Consumo Energético*



Fuente: elaboración propia

## CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 3.1 Consideraciones para la instalación

En relación a ubicación del dispositivo, es necesario instalar la carcasa del dispositivo para anclar el dispositivo sujeto con tornillos a un soporte para que se pueda colocar a una altura de 2,60 m como se muestra en la Figura 56 para que así el sensor no emita lecturas erróneas, se debe colocar a una distancia de 260 cm por encima del piso de cada lugar, esta distancia se consiguió tras medir la altura de los 3 pisos y luego se promedió para obtener la altura adecuada para que el dispositivo funcione correctamente.

*Figura 56: Ubicación física del dispositivo*



Fuente: elaboración propia

Una parte importante es el desarrollo de la estructura de costos, representada en el Cuadro 10, para detallar el costo unitario y total de cada elemento así como lo relacionado con los costos de mano de obra directa que se obtiene al multiplicar la tarifa de hora de trabajo (2,66 USD) por el número de horas de trabajo (4 h)

necesarias para completar una unidad, mientras que para el margen de ganancias se asignó un valor estándar de 10 %.

*Cuadro 10: Estructura de Costos – Prototipo V5*

<b>Costos de Materia Prima para Prototipo</b>				
Material	Unidad	Cantidad	Costo Unitario USD	Total USD
Módulo ESP32	Unidad	1	8.71	8.71
Sensor HC-SR04	Unidad	1	2.01	2.01
Anillo LED Neopixel	Unidad	1	5.36	5.36
Soportes Metálicos	Unidad	1	3.00	3.00
Cables Macho - Hembra	Paquete (40 Unidades)	1	1.02	1.02
Módulo de expansión	Unidad	1	14.40	14.40
Baterías recargables	Unidad	4	2.18	8.72
Total de Costo de Materias Primas				43.22
Total Costo de Mano de Obra Directa				10.64
Costo Indirecto de Fabricación				
Concepto	Costo unitario	Costo Mensual	Cantidad	Total
Servicio de Corte	6.25	-	1	6.25
Servicio de Fabricación PBC	0.92	-	1	0,92
Servicio de Transporte	3.00	-	2	6.00
Total Costos Indirecto de Fabricación				13.17
Total Costo de Producción				67.03
Total, Gastos Ajenos a la Producción (Gastos Operativos) = 12 %				8.04
Total, Costos de Producción + Gastos Ajenos a la Producción				75.07
Margen de Ganancia 10 %				7.50
Precio de Venta al Público (No incluye Impuestos)				82.57

Fuente: elaboración propia

En la parte referente a la aplicación, se utilizó la versión Pro de la plataforma *Blynk* con un costo de 49.00 USD mensuales, esto da acceso a la creación de hasta 20 páginas en la aplicación, 7 pestañas, un límite de 255 widgets por plantilla, acceso a los widgets pro como el botón personalizable utilizado para el desarrollo de la aplicación, incluye espacio para la creación de 200 *Datastreams*, permisos asignables de acuerdo a roles, entre otras bondades.

### **3.2 Validación a través del sistema de escalas de usabilidad**

Para la validación del producto que como se explicó, consta de la aplicación y el dispositivo que se instala en cada lugar de estacionamiento, se eligió el método de “Sistema de escalas de usabilidad”, por sus siglas en inglés (SUS), que según Brooke (1995), hace referencia a que la usabilidad es una cualidad general de cualquier artefacto para evaluar la eficacia, eficiencia y satisfacción del producto creado. La herramienta consta de 10 preguntas, 5 enfocadas a aspectos positivos y 5 en aspectos negativos las cuales se califican de acuerdo a la escala de Likert bipolar con una escala del 1 al 5 siendo la primera opción enfocada a un total en desacuerdo mientras que la última se enfoca en un total acuerdo.

La herramienta fue aplicada en la PUCE AMBATO tanto al personal administrativo como al personal encargado de la gestión del parqueadero en el horario de la mañana y de la tarde, en total se aplicó el instrumento a 3 personas con el objetivo de evaluar la usabilidad del sistema. (Ver Anexo 9)

A partir de la demostración del funcionamiento y proceso de uso del mismo a cada persona seleccionada para la medición de usabilidad, se procedió al llenado del instrumento en función de las características presentadas durante dicha demostración.

### 3.3 Análisis de los resultados

Una vez completado el proceso de aplicación de la herramienta de evaluación de usabilidad, fue necesario aplicar la fórmula que consiste en separar la puntuación de las preguntas impares y pares, se suman los resultados y al total se restan 5 puntos en el primer caso mientras que para el segundo caso se resta el valor obtenido menos 25 puntos, luego se suman los nuevos valores y se multiplica el resultado por 2.5 para obtener el valor de SUS, el rango de puntuación es de 0 a 100.

A continuación, se aplica el algoritmo SUS a los puntajes obtenidos en cada evaluación.

#### Resultados de las preguntas

1. (5,1,5,1,4,1,5,1,4,1)
2. (1,1,5,5,5,1,5,1,5,1)
3. (5,5,5,4,5,1,5,1,5,1)

#### Aplicación del algoritmo SUS:

1.  $((5+5+4+5+4)-5) + (25-(1+1+1+1+1)) * 2,5$
2.  $((1+5+5+5+5)-5) + (25-(1+5+1+1+1)) * 2,5$
3.  $((5+5+5+5+5)-5) + (25-(5+4+1+1+1)) * 2,5$

#### Sumatoria:

1.  $=((23-5)+(25-5))*2,5$
2.  $=((21-5)+(25-9))*2,5$
3.  $=((25-5)+(25-12))*2,5$

#### Multiplicación:

1.  $=38*2,5$
2.  $=32*2,5$
3.  $=33*2,5$

#### Resultado:

1. 95
2. 80
3. 82,5

#### Promedio

$$257,5/3= 85,83$$

Tras realizar los cálculos correspondientes y al promediar los 3 resultados, se obtuvo la puntuación de 85,83 que según se observa en la Figura 57 tiene una excelente respuesta en referencia a la usabilidad del sistema.

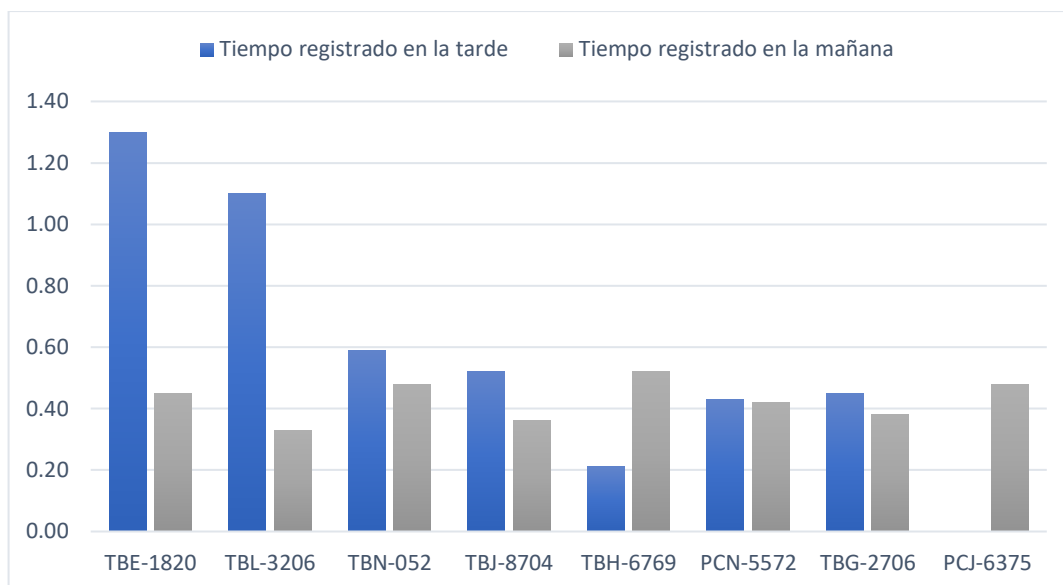
Figura 57: Puntuaciones de SUS



Fuente: (*Bunch Media*, 2023)

Por otra parte, fue necesario realizar una nueva toma de datos acerca de la medición de tiempos a través de una simulación con el objetivo de representar la reducción de tiempo al usar este modelo de sistema (Ver Figura 58), de acuerdo a los datos de la primera ficha se identificaron los números de lugar y piso para posteriormente observar si el lugar está disponible antes de que el usuario ingrese, una vez se le informó sobre la disponibilidad, puede ingresar al sitio directamente, similar a si se hubiera utilizado la aplicación para realizar la consulta. (Ver Anexo 13)

*Figura 58: Toma de tiempos a través de simulación*



Fuente: elaboración propia

Luego de la toma de datos, se pudo evidenciar mediante la comparación entre las dos fichas de tiempos, que el uso del sistema aporta en la reducción de tiempo, entre un 15 % a un 25 % en algunos casos en relación a los tiempos registrados en la primera ficha en donde el usuario busca un lugar de manera mecánica.

## CONCLUSIONES

- Durante la investigación se pudo fundamentar las variables de estudio identificadas, con base en información bibliográfica actualizada proveniente de artículos científicos, tesis de pregrado y posgrado, así como información de las hojas de datos de los distintos componentes utilizados. En este contexto, varios autores coinciden en que el uso de estos sistemas aporta en la reducción del tiempo de búsqueda mecánica de espacios, además reducen la contaminación de los vehículos al usar directamente la aplicación.
- Para la etapa de diagnóstico, fue necesario realizar una investigación de campo, en donde se pudo identificar los elementos relevantes para el diseño del dispositivo y para el desarrollo de la aplicación; los datos alcanzados fueron obtenidos mediante técnicas como la entrevista y la observación, lo que facilitó la comprensión de los procesos que intervienen en la gestión del servicio a los usuarios.
- El diseño del mapeo del parqueadero y de los sensores con un total de 113 espacios donde es necesario un sensor en cada uno de los 113 lugares es indispensable para que los cambios en el servicio se evidencien de mejor manera y el parqueadero se muestre más organizado y eficiente en conjunto con el sistema desarrollado; lo que a su vez le permite al usuario de manera visual, identificar los espacios de una manera más rápida.
- El prototipo desarrollado alcanza un resultado adecuado y una aceptación positiva por parte del personal involucrado, lo que se va a reflejar en beneficio para los usuarios; además de que es muy sencillo de utilizar a través de la aplicación de *Blynk* que se traduce en la viabilidad para su implementación.

## RECOMENDACIONES

- Para una futura implementación del sistema, es necesario considerar la instalación de puntos de acceso a internet que cubra cada espacio de estacionamiento con el objetivo de que exista una correcta conexión de todos los dispositivos hacia la puerta de salida a internet (*Gateway*) y se envíe la información completa a los servidores de la aplicación.
- Se recomienda que a futuro se implemente un algoritmo que permita asignar un lugar de estacionamiento desde la entrada y además le indique al usuario cómo llegar hacia dicho lugar con el uso de señalética con tecnología LED. Esto mejoraría la propuesta actual y le brindaría un valor agregado importante al sistema.
- En relación al costo, se recomienda reemplazar el módulo de expansión de energía junto con las pilas recargables por una fuente de 5 Voltios a 2 Amperios ya que su funcionamiento se mantiene sin ninguna variación, este cambio reduciría el costo total de las materias primas en un 53,5 % (23.13 USD) y además se optimizaría el espacio ya que al no contar con la fuente actual de alimentación se reduciría el material necesario para la creación de la carcasa y una vez ajustándola a las nuevas medidas el dispositivo ensamblado sería más compacto.
- Es importante mencionar que una mejora en el diseño y selección de materiales para la elaboración de la carcasa aportaría una mayor durabilidad además de asegurar el anclaje del dispositivo en su lugar de instalación.

## BIBLIOGRAFÍA

Acosta, J., Tintos, J. P y Ibáñez, J. A. G. (2014). i-PARKING: Sistema Inteligente para Control de Plazas de Estacionamiento en Vías Públicas de Zonas Urbanas. Res. Comput. Sci., 76, 9-16.

Aguilar Alvarez, S. N. (2019). Desarrollo de un prototipo para dispensar alimento y agua para mascotas con tecnología IoT monitoreado y controlado a través de un dispositivo móvil [B.S. thesis, Quito, 2019.]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20590>

Allauca Fajardo, B. D y Cueva, L. (2020). Desarrollo de un Sistema de Parqueadero Inteligente Mediante una Red LPWAN. Recuperado 1 de octubre de 2023, de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/22398/1/T-ESPE-043751.pdf>

Álvarez Salas, C. E., y Vigil Nuñez del Prado, J. V. (2017). Sistema informático de gestión, control y reservas de espacios para un estacionamiento. <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/943>

ASEDESTO consultoría empresarial. (2023). Recuperado 1 de diciembre de 2023, de <https://www.asedesto.com/>

Automóviles nuevos incrementan en Ambato – AEADE. (2023). <https://www.aeade.net/automoviles-nuevos-incrementan-en-ambato/>

Ávila, D. E. G., Abdala, V. I. R., Delgado, S. I., Aréchiga, R. S y Rodríguez, J. R. G. (2022). Prototipo de nodo IoT para monitoreo de salud de temperatura corporal, ritmo cardiaco y saturación de oxígeno. *Difu100ci@*, Revista de difusión científica, ingeniería y tecnologías, 16(2), 14-20.

Ayala, E., Sánchez, G., Romero, E., y Marecos, P. (2017). PILARESTACIONE “Aplicación Web para Gestión de Estacionamiento”. *ReCientE*, 1(1), 27-37.

Barrera, G. M. (2018). Estilo arquitectónico para aplicaciones IoT. Serie Documentos de Trabajo. <https://www.econstor.eu/handle/10419/203805>

Basavaraju, M. (2015). *Automatic smart parking system using Internet of Things (IOT)*. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 5(12), 629-632.

Battery Holders Selection Guide: Types, Features, Applications | GlobalSpec. (s. f.). Recuperado 6 de noviembre de 2023, de [https://www.globalspec.com/learnmore/electrical\\_electronic\\_components/batteries/battery\\_holders](https://www.globalspec.com/learnmore/electrical_electronic_components/batteries/battery_holders)

Blanco, P., Camarero, J., Fumero, A., Werterski, A., y Rodríguez, P. (2009). Metodología de desarrollo ágil para sistemas móviles. Introducción al desarrollo con Android y el iPhone. *Dr. en Ing. Sist. Telemáticos*, 1-30.

*Blynk: A low-code IoT software platform for businesses and developers.* (2023).

Recuperado 1 de octubre de 2023, de <https://blynk.io/>

Brooke, J. (1995). *SUS: A quick and dirty usability scale.* *Usability Eval. Ind.*, 189.

BU-409: Charging Lithium-ion. (2010, septiembre 14). Battery University.

<https://batteryuniversity.com/article/bu-409-charging-lithium-ion>

Carballo, R. F. (2001). La entrevista en la investigación cualitativa. *Pensamiento actual*, 2(3).

Castillo, C. A. R., Vélez, Y. A. C., y Ocampo, A. F. G. (2019). Diseño, Prototipado y

Construcción de un Sistema en Tiempo Real que Permita dar Infoemación

Sobre la Disponibilidad de Espacios en el Parqueadero de la Universidad

Cooperativa de Colombia Sede Cali Sur. Recuperado 1 de octubre de 2023,

de [https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/6d2b3751-56f3-](https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/6d2b3751-56f3-4586-9f14-ec44c4673e0c/content)

[4586-9f14-ec44c4673e0c/content](https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/6d2b3751-56f3-4586-9f14-ec44c4673e0c/content)

Charro Sangoluisa, G. A. (2020). Simulación de un parqueadero inteligente para la

Universidad de las Américas en la Sede Queri [B.S. thesis, Quito, 2020.].

<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20699>

Cortes, A. E. H. (2022). Estado del arte de la gestión del estacionamiento. *Revista*

*Ciudades, Estados y Política*, 9(3).

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/revcep/article/view/98753>

Cuello, J., y Vittone, J. (2013). Diseñando apps para móviles. José Vittone—Javier Cuello.

[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ATiqsjH1rvwC&oi=fnd&pg=PA7&dq=Cuello,+J.,+%26+Vittone,+J.+\(2013\).+Dise%C3%B1ando+apps+para+m%C3%B3viles.+Jos%C3%A9+Vittone%E2%80%94Javier+Cuello.&ots=a4fr\\_Z4n7q&sig=7nchUOWIfPNTsFaIT\\_U9vWUygtU](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ATiqsjH1rvwC&oi=fnd&pg=PA7&dq=Cuello,+J.,+%26+Vittone,+J.+(2013).+Dise%C3%B1ando+apps+para+m%C3%B3viles.+Jos%C3%A9+Vittone%E2%80%94Javier+Cuello.&ots=a4fr_Z4n7q&sig=7nchUOWIfPNTsFaIT_U9vWUygtU)

del Pozo, R. J. Z., Arzube, O. O. A., Arroyave, J. A. C., y Medrano, V. F. P. (2016).

Los beneficios del uso de las aplicaciones móviles en las instituciones educativas públicas. Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo (noviembre 2016). En línea: <http://www.eumed.net/rev/atlante/2016/11/aplicaciones.html> <http://hdl.handle.net/20.500,11763>. <https://www.eumed.net/rev/atlante/2016/11/aplicaciones.zip>

Dispositivos IoT en mantenimiento inteligente—Fractal Sense. (2023). Recuperado

1 de octubre de 2023, de <https://www.fractal.com/es/fractal-sense>

Enriquez, J. G., y Casas, S. I. (2013). Usabilidad en aplicaciones móviles. Informes científicos técnicos-UNPA, 5(2), 25-47.

ESP32-DevKitM-1—ESP32—ESP-IDF Programming Guide latest documentation. (2023). Recuperado 3 de diciembre de 2023, de <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/hw-reference/esp32/user-guide-devkitm-1.html>

Espejo Fandiño, F. L. (2014). Planificación de estacionamiento vehicular en campus universitarios de la ciudad de Bogotá [PhD Thesis]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/52803>

Espinoza Castro, J. B. (2022). Sistema de estacionamiento inteligente aplicando internet de las cosas (IoT), para gestionar el parqueo vehicular del garaje Ebenezer, Bagua Grande 2023. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/108766>

Fabbri, M. (1998). Las técnicas de investigación: la observación. Disponible en: [humyar.unr.edu.ar/escuelas/3/materiales%20de%20catedras/trabajo%20de%20campo/solefabril.htm](http://humyar.unr.edu.ar/escuelas/3/materiales%20de%20catedras/trabajo%20de%20campo/solefabril.htm).(Fecha consulta: Julio de 2013).

Font Salat, M. (2018). Monitorización a través de IoT y análisis de datos de un nodo de telecomunicaciones [B.S. thesis, Universitat Politècnica de Catalunya]. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/115538>

Formoso, A., Mazzilli, A., y Sotelo, R. (2014). ParkIt-Plataforma inteligente de estacionamiento público. Memoria Investigaciones en Ingeniería, 12, 85-94.

Fúnez-Fernandez, E. (2022). Diseño de un sistema de seguridad en el hogar basado en IoT y creación de prototipo. <https://crea.ujaen.es/handle/10953.1/16437>

García Peralta, A. (2021). Design thinking en educación. En M. Sánchez González (Ed.), #Dienlínea UNIA : guía para una docencia innovadora en red (1.a ed., pp. 166-177). Universidad Internacional de Andalucía. <https://doi.org/10.56451/10334/6113>

García Pérez, J. Á. (2021). Desarrollo de producto para pacientes con Alzheimer con la metodología Design Thinking (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).

Gasca Mantilla, M. C., Camargo Ariza, L. L., y Medina... - Google Académico. (2014). Recuperado 1 de octubre de 2023, de [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=Gasca+Mantilla%2C+M.+C.%2C+Camargo+Ariza%2C+L.+L.%2C+%26+Medina+Delgado%2C+B.+%282014%29.+Metodolog%C3%ADa+para+el+desarrollo+de+aplicaciones+m%C3%B3viles.+Tecnura%2C+18%2840%29%2C+20-35.&btnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Gasca+Mantilla%2C+M.+C.%2C+Camargo+Ariza%2C+L.+L.%2C+%26+Medina+Delgado%2C+B.+%282014%29.+Metodolog%C3%ADa+para+el+desarrollo+de+aplicaciones+m%C3%B3viles.+Tecnura%2C+18%2840%29%2C+20-35.&btnG=)

Gascón Bononad, J. B. (2019). Diseño de una placa electrónica modular para el microcontrolador nodemcu v3 (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).

Gómez-Cruz, F. (2018). Revisión sistemática de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) a través de internet de las cosas (IOT) para problemas de transporte terrestre de pasajeros. <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/16046>

- González García, A. J. (2017). IoT: Dispositivos, tecnologías de transporte y aplicaciones. <https://openaccess.uoc.edu/handle/10609/64286>
- González, D. R. (2013). Arquitectura y Gestión de la IoT. *Telemática*, 12(3), 49-60.
- González, L., Sofia, A. A. O., Laguía, D., Gesto, E., y Hallar, K. O. (2020). Internet del Futuro—Estudio de tecnologías IoT. Informe Científico Técnico UNPA, 12(3), 105-137.
- Grajales, T. (2000). Tipos de investigación. On line)(27/03/2.000). Revisado el, 14, 112-116.
- Guadalupe, G. M. M. (2015). Usos y tipos de aplicaciones móviles. Tecnológico Nac. México Inst. tecnológico Salina Cruz. [https://www.academia.edu/download/38125181/u1.\\_Inv.\\_Usos\\_y\\_tipos\\_de\\_aplicaciones\\_moviles\\_-Maria\\_Guadalupe\\_Garcia\\_Mendoza.pdf](https://www.academia.edu/download/38125181/u1._Inv._Usos_y_tipos_de_aplicaciones_moviles_-Maria_Guadalupe_Garcia_Mendoza.pdf)
- Guerrero-Ibañez, J. A., ESTRADA-GONZALEZ, F. P., MEDINA-TEJEDA, M. A., Rivera-Gutierrez, M. G., Alcaraz-Aguirre, J. M., Maldonado-Mendoza, C. A., Toledo-Zuñiga, D., y Lopez-Gonzalez, V. I. (2017). SgreenH-IoT: Plataforma IoT para agricultura de precisión. *Sistemas, cibernética e informática*, 14(2). <https://www.iiisci.org/journal/pdv/risci/pdfs/ca544si17.pdf>
- Gupta, A., Kulkarni, S., Jathar, V., Sharma, V., y Jain, N. (2017). *Smart car parking management system using IoT. Am. J. Sci. Eng. Technol*, 2(4), 112-119.

HC-SR04 pdf, HC-SR04 Descripción Electrónicos, HC-SR04 Datasheet, HC-SR04 view: ALLDATASHEET ::: (2023). Recuperado 1 de noviembre de 2023, de <https://pdf1.alldatasheet.es/datasheet-pdf/view/1132203/ETC2/HC-SR04.html>

Industrial IoT Platform and Software. (2023.). Mapex. Recuperado 1 de octubre de 2023, de <https://mapex.io/plataforma-iot/>

Jaffey, T. (2014). Eclipse, Retrieved from MQTT and CoAP, IoT Protocols. Obtenido de [http://eclipse.org/community/eclipse\\_newsletter/2014/february/article2.php](http://eclipse.org/community/eclipse_newsletter/2014/february/article2.php).

Jehanno, A., Niang, H., Ortiz, J., Laborde, P., y López Camacho, P. (2019). Desafíos para la integración de sistemas de transporte masivo: Manual de Buenas Prácticas. CAF. <http://ikels-dspace.azurewebsites.net/handle/123456789/1403>

Lara, P. M. M., Gómez-Rodríguez, J. R., Abdalá, V. I. R., Delgado, S. I., y Aréchiga, R. S. (2022). Sistema de Monitoreo de Variables Atmosféricas por Medio de Dispositivos IoT. Difu100ci@, Revista de difusión científica, ingeniería y tecnologías, 16(2), 21-28.

Letham, L. (2001). GPS fácil. Uso del sistema de posicionamiento global (Vol. 67). Editorial Paidotribo. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=orjnvjPqELcC&oi=fnd&pg=PA>

5&dq=Letham,+L.+(2001).+GPS+f%C3%A1cil.+Uso+del+sistema+de+posicionamiento+global+(Vol.+67).+Editorial+Paidotribo.&ots=lmBrzJiwcR&sig=F\_eulEdEhNy1-SQW4TzVVx9wwOo

Márquez, B. L. V., Hanampa, L. A. I., y Portilla, M. G. M. (2021). Design Thinking aplicado al Diseño de Experiencia de usuario. *Innovación y Software*, 2(1), 6-19.

Mejía-López, J. A., Ruiz-Guzmán, O. A., Gaviria-Ocampo, L. N., y Ruiz-Guzmán, C. P. (2019). Aplicación de metodología design thinking en el desarrollo de cortadora automática CNC para MiPyME de confección. *Revista UIS Ingenierías*, 18(3), 157-168.

Molina Ríos, J. R., Zea Ordóñez, M. P., Contenido Segarra, M. J., y García Zerda, F. G. (2017). Estado del arte: Metodologías de desarrollo en aplicaciones web. *3C Tecnología*, 6(3).  
<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=22544143&AN=126509319&h=fyuBnNI6gxISOyBxZN7DcFEcPW%2B6GpGD33T5PU2j97uD5IARJJbZ2tv%2F%2Bg3%2FJpZIFIKNHlgOTB54TUT%2FWuxUiQ%3D%3D&crl=c>

Musso, C. (2023, octubre 11). Mejores Aros de Luz de 2023: Consejos de Compra y Recomendaciones. *Blog del Fotógrafo*.  
<https://www.blogdelfotografo.com/aro-de-luz/>

Navarro, M., y Corchado, J. M. (2013). Aplicación multiagente en entornos móviles para la toma de datos en zonas de aparcamiento. *Avances en Informática y Automática*, 107.

Osis, V. F. C., Soto, D. Q., Huarca, A. C., y Suyo, J. C. (2022). Casos de Estudio de Design Thinking en las etapas de Análisis y Diseño del Desarrollo de Software. *Innovación y Software*, 3(1), 17-29.

¿Qué es Design Thinking? Etapas y Cómo crearlo. (2023). Gluo. Recuperado 18 de octubre de 2023, de <https://gluo.mx/blog/que-es-design-thinking-etapas-y-como-crearlo>

París, A. P. (2003). Relés electromagnéticos y electrónicos. Parte II: Interruptor electrónico. *Vivat Academia*, 1-38. <https://doi.org/10.15178/va.2003.51.1-38>

Pastor, L. (2021a). Aplicaciones y tendencias del IoT y wearables al ámbito farmacéutico. *I+ S: Revista de la Sociedad Española de Informática y Salud*, 146, 18-19.

PUCE AMBATO. (2023). PUCE Sede Ambato. Recuperado 3 de diciembre de 2023, de <https://www.pucesa.edu.ec/>

Ramírez, L. G. C., Jiménez, G. S. A., y Carreño, J. M. (2014). *Sensores y actuadores*. Grupo Editorial Patria. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=wMm3BgAAQBAJ&oi=fnd&pg>

=PP1&dq=Ram%C3%ADrez,+L.+G.+C.,+Jim%C3%A9nez,+G.+S.+A.,+%26+Carre%C3%B1o,+J.+M.+(2014).+Sensores+y+actuadores.+Grupo+Editorial+Patria.&ots=6OapeEb53B&sig=YFyLYpkv5Oe3B2nnOD7\_AlB8C6A

Resano, R. (2004). *Design thinking*. Universitat Oberta de Catalunya.

Revathi, G., y Dhulipala, V. S. (2012). Smart parking systems and sensors: A survey. 2012 International Conference on Computing, Communication and Applications, 1-5. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6179195/>

Rodríguez Castillo, C. A., Gaviria Ocampo, A. F., y Cuartas Vélez, Y. A. (2019). Diseño, prototipado y construcción de un sistema en tiempo real que permita dar información sobre la disponibilidad de espacios en el parqueadero de la Universidad Cooperativa de Colombia Sede Cali Sur. <https://repository.ucc.edu.co/items/355da991-464f-468b-af5a-8d5943910fc2>

Romero, J. C., Valerio, O. L. P., y Ferreira, G. S. (2019). Aplicaciones híbridas para dispositivos móviles como herramienta en el sector empresarial. *Revista ciencia administrativa*, 5(176-148), 258.

Rupani, S., y Doshi, N. (2019). *A review of smart parking using internet of things (IoT)*. *Procedia Computer Science*, 160, 706-711.

Salazar, J., y Silvestre, S. (2016). Internet de las cosas. Techpedia. České vysoké učení technické v Praze Fakulta elektrotechnická.  
[https://psm.fei.stuba.sk/pages/95/LM08\\_F\\_ES.pdf](https://psm.fei.stuba.sk/pages/95/LM08_F_ES.pdf)

Saltos Taipe, E. J. (2018). Diseño de un prototipo de sistema de parqueo inteligente para el edificio de la FIE utilizando tecnologías basado en el Internet de las Cosas. [B.S. thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10930>

Santos, B., Silva, F. A., y Soares, A. (2021). Redes de sensores iot em edifícios inteligentes: Uma avaliação de desempenho usando modelos de filas. Anais do XX Workshop em Desempenho de Sistemas Computacionais e de Comunicação, 25-36.  
<https://sol.sbc.org.br/index.php/wperformance/article/view/15720>

Serna, A., Ros, F., y Rico, J. C. (2010). Guía práctica de sensores. Creaciones copyright SL.  
[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=CuoXCd6ZZqwC&oi=fnd&pg=PR9&dq=Serna,+A.,+Ros,+F.,+%26+Rico,+J.+C.+\(2010\).+Gu%C3%ADa+pr%C3%A1ctica+de+sensores.+Creaciones+copyright+SL.&ots=BwkP744zm3&sig=FUZ2mtPMplTKS9v373EOPwtIKJs](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=CuoXCd6ZZqwC&oi=fnd&pg=PR9&dq=Serna,+A.,+Ros,+F.,+%26+Rico,+J.+C.+(2010).+Gu%C3%ADa+pr%C3%A1ctica+de+sensores.+Creaciones+copyright+SL.&ots=BwkP744zm3&sig=FUZ2mtPMplTKS9v373EOPwtIKJs)

Silva, F. G. N., Sumba, J. P. P., Lara, C. X. O., y Llamuca, J. L. L. (2019). Estudio y propuestas para mejorar la gestión de estacionamientos vehiculares en la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Ciencia Digital, 3(2.2), 17-30.

Sotelo, J. L. R., Londoño, A. L., Botero, C. A. V., y Hurtado, R. D. F. (2017). Sistema de monitoreo y control remoto usando IOT para un regulador de presión. *Scientia et technica*, 22(4), 391-397.

System Usability Scale. (2021, marzo 29). Bunch Media. <https://bunch-media.com/2021/03/29/system-usability-scale/>

Valladolid, M. N., y Chávez, L. M. N. (2020). El enfoque cualitativo en la investigación jurídica, proyecto de investigación cualitativa y seminario de tesis. *Vox juris*, 38(2), 69-90.

Vega-Malagón, G., Ávila-Morales, J., Vega-Malagón, A. J., Camacho-Calderón, N., Becerril-Santos, A., y Leo-Amador, G. E. (2014). Paradigmas en la investigación. Enfoque cuantitativo y cualitativo. *European Scientific Journal*, 10(15).

Vega, M. C., Vivas, P. O., Rios, C. M., Luis, C. G., Martín, B. C., y Seco, A. H. (2015). Las tecnologías IOT dentro de la industria conectada: Internet of things. EOI Escuela de Organización Industrial. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ujRaDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA4&dq=+Vega,+M.+C.,+Vivas,+P.+O.,+Rios,+C.+M.,+Luis,+C.+G.,+Mart%C3%ADn,+B.+C.,+%26+Seco,+A.+H.+\(2015\).+Las+tecnolog%C3%ADas+IOT+dentro+de+la+industria+conectada:+Internet+of+things.+EOI+Escuela+de+Organizaci%C3%B3n+Industrial.&ots=Wgjj-uzOQP&sig=tcmLzPOKQ9\\_HY0Wa5YHKNXmzlzk](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ujRaDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA4&dq=+Vega,+M.+C.,+Vivas,+P.+O.,+Rios,+C.+M.,+Luis,+C.+G.,+Mart%C3%ADn,+B.+C.,+%26+Seco,+A.+H.+(2015).+Las+tecnolog%C3%ADas+IOT+dentro+de+la+industria+conectada:+Internet+of+things.+EOI+Escuela+de+Organizaci%C3%B3n+Industrial.&ots=Wgjj-uzOQP&sig=tcmLzPOKQ9_HY0Wa5YHKNXmzlzk)


Ventajas del cloud computing. (2023). Google Cloud. Recuperado 1 de octubre de 2023, de <https://cloud.google.com/learn/advantages-of-cloud-computing?hl=es>

Vigil Nuñez del Prado, J. V., y Álvarez Salas, C. E. (2017). Sistema informático de gestión, control y reservas de espacios para un estacionamiento.

Wang, Q., Zhu, X., Ni, Y., Gu, L., y Zhu, H. (2020). *Blockchain for the IoT and industrial IoT: A review. Internet of Things*, 10, 100081.

## ANEXOS

### Anexo 1: Modelo de entrevista para el personal encargado del estacionamiento.

 <b>Pontificia Universidad Católica del Ecuador   Sede Ambato</b>	
<b>Modelo de entrevista para diagnosticar los requerimientos y funcionalidades necesarias a solventar para una correcta gestión del servicio de parqueadero de la PUCE AMBATO</b>	
<b>Objetivo</b>	Obtener información relevante de los procesos necesarios para optimizar los servicios de los parqueaderos de la PUCE AMBATO
<b>Entrevistados</b>	Economista Catalina Álvarez Directora Administrativa y de talento humano de la PUCE AMBATO - - Responsables de la atención de los parqueaderos
<b>Consideraciones Generales</b> Se solicita se responda de manera objetiva. Los resultados de la presente entrevista poseen fines de investigación.	
<b>Parte 1: Aspectos generales del servicio</b> 1. ¿Cuántos vehículos en promedio utilizan el servicio de parqueadero a diario? <hr/> <hr/> <hr/>	
2. ¿Qué horarios tienen mayor congestión vehicular?	

---

---

---

3. ¿Cuáles son los problemas que se dan en el uso diario del parqueadero?

---

---

---

4. ¿La universidad estaría dispuesta a implementar un sistema inteligente en el parqueadero?

---

---

---

5. ¿Qué métodos se usan actualmente para conocer los sitios disponibles?

---

---

---

6. ¿Cómo se le informa al usuario de los sitios disponibles?

---

**Parte 2: Requerimientos para el prototipo**

1. ¿Podría describir las características de un parqueadero inteligente?

---

---

---

2. ¿Cómo considera usted que sería mejor realizar consultas de espacios disponibles desde un dispositivo móvil?

3. ¿Considera que un sistema basado en Internet de las Cosas para la gestión de espacios en estacionamientos vehiculares aporte en la reducción de tiempo al buscar un lugar de manera tradicional?

---

---

---


4. ¿Considera que el sistema basado en Internet de las Cosas para la gestión de espacios en estacionamientos vehiculares pueda ayudar a la mejora del servicio actual?

---

---

---

**Anexo 2: Modelo de ficha para recopilación de datos en el parqueadero de la PUCE AMBATO.**

 <b>Pontificia Universidad Católica del Ecuador   Sede Ambato</b>					
<b>Modelo de ficha para toma de tiempos de búsqueda y estacionamiento de los vehículos de usuarios que utilizan en parqueadero de la PUCE AMBATO.</b>					
<b>Objetivo</b>				Obtener información relevante de los procesos necesarios para optimizar los servicios de los parqueaderos de la PUCE AMBATO	
No. De Vehículo	No. Placa	Horario de toma de datos	Tiempo registrado	Piso y número de espacio	Observaciones
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					

15					
16					

**Anexo 3: Oficio de solicitud para obtener acceso al parqueadero.**

Ambato, 13 de octubre 2023

Doctor.

Jorge Núñez Grijalva

PRORRECTOR

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE AMBATO

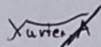
Presente:

De mi consideración:

Por medio del presente, con un afectuoso saludo me dirijo a usted en calidad de estudiante. Mi nombre es Xavier Alan Anilema Salgado del octavo nivel de la carrera Tecnologías de la Información, en esta oportunidad para solicitarle a usted de manera comedida su autorización para tener acceso al parqueadero del edificio de Ciencias de la Salud, ya que estoy desarrollando mi trabajo de titulación con el tema: "Sistema Basado en IoT para la Gestión de Estacionamientos Vehiculares" y el propósito de este es realizar mediciones, contabilizar los espacios y toma de datos, los mismos que me servirán de mucha ayuda.

Por la favorable respuesta y agradeciendo su atención, sin ningún otro particular me despido.

Atentamente,



Xavier Alan Anilema Salgado


C.i: 1804894309

Pontificia Universidad  
Católica del Ecuador  
AMBATO SECRETARÍA

13 OCT 2023

HORA: 10:24  
RECIBIDO

## Anexo 4: Oficio de aceptación

 **Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
Seréis mis testigos

**AMBATO**

PRORRECTORADO

Ambato, 17 de octubre 2023  
PRO-1278-2023

Señor  
Xavier Alan Anilema Salgado  
Estudiante de VIII nivel  
Carrera Tecnologías de la Información  
Escuela de Ingenierías  
Presente

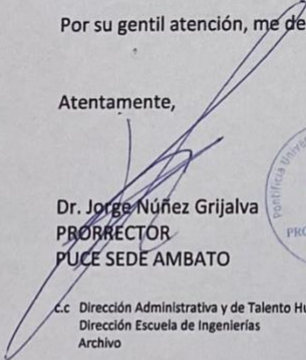
De mi consideración:


Reciba un cordial saludo. En respuesta a la comunicación recibida el 13 de octubre 2023, comunico que, autorizo el acceso al parqueadero del Edificio de Ciencias de la Salud, con el propósito de realizar mediciones, contabilizar los espacios y toma de datos. La información obtenida le servirá para el desarrollo del trabajo de titulación: "Sistema Basado en IoT para la gestión de estacionamientos vehiculares".

Por favor, coordinar con la Dirección de la Escuela de Ingenierías y la Dirección Administrativa y de Talento Humano.

Por su gentil atención, me despido de usted.

Atentamente,

  
Dr. Jorge Núñez Grijalva  
PRORRECTOR  
PUCE SEDE AMBATO

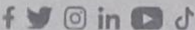



c.c. Dirección Administrativa y de Talento Humano  
Dirección Escuela de Ingenierías  
Archivo

JNG/ag.


---

Dirección: Av. Manuelita Sáenz y Remigio Crespo  
Código postal: 180207 / Teléfono: (593-3) 299 4840 Ext. 3202  
Ambato - Ecuador / [www.pucesa.edu.ec](http://www.pucesa.edu.ec)

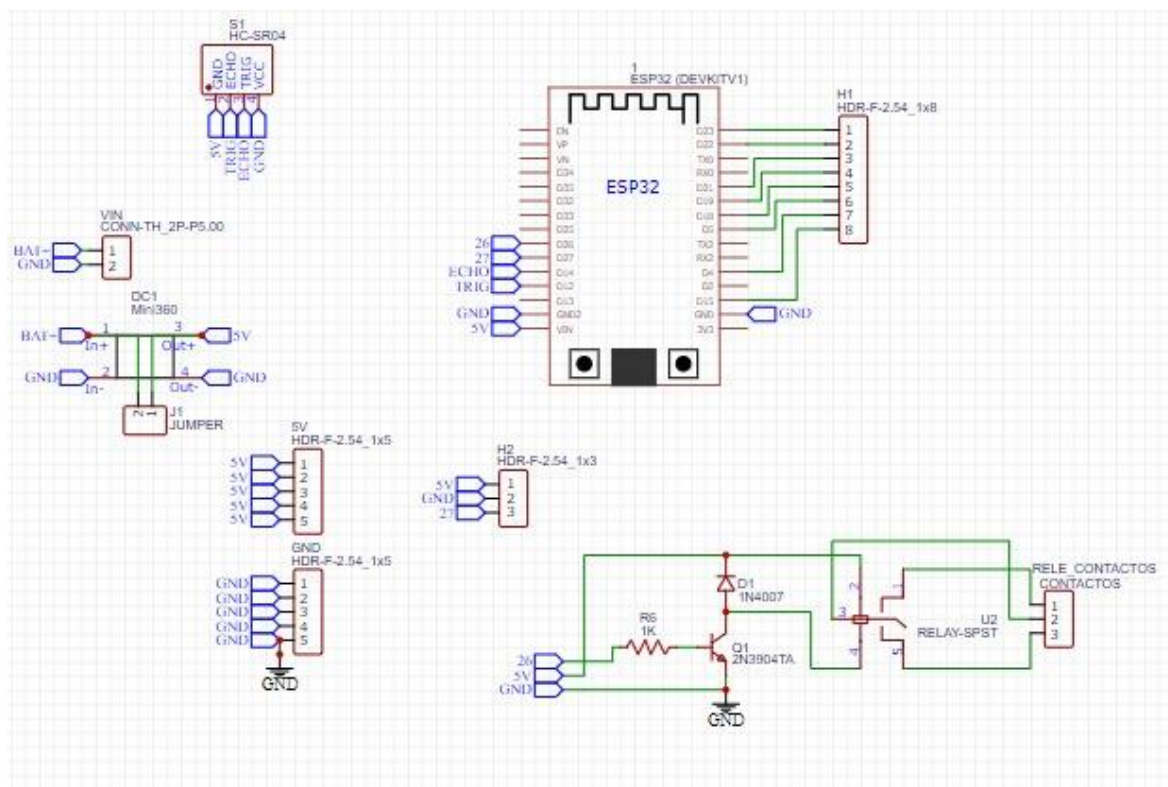




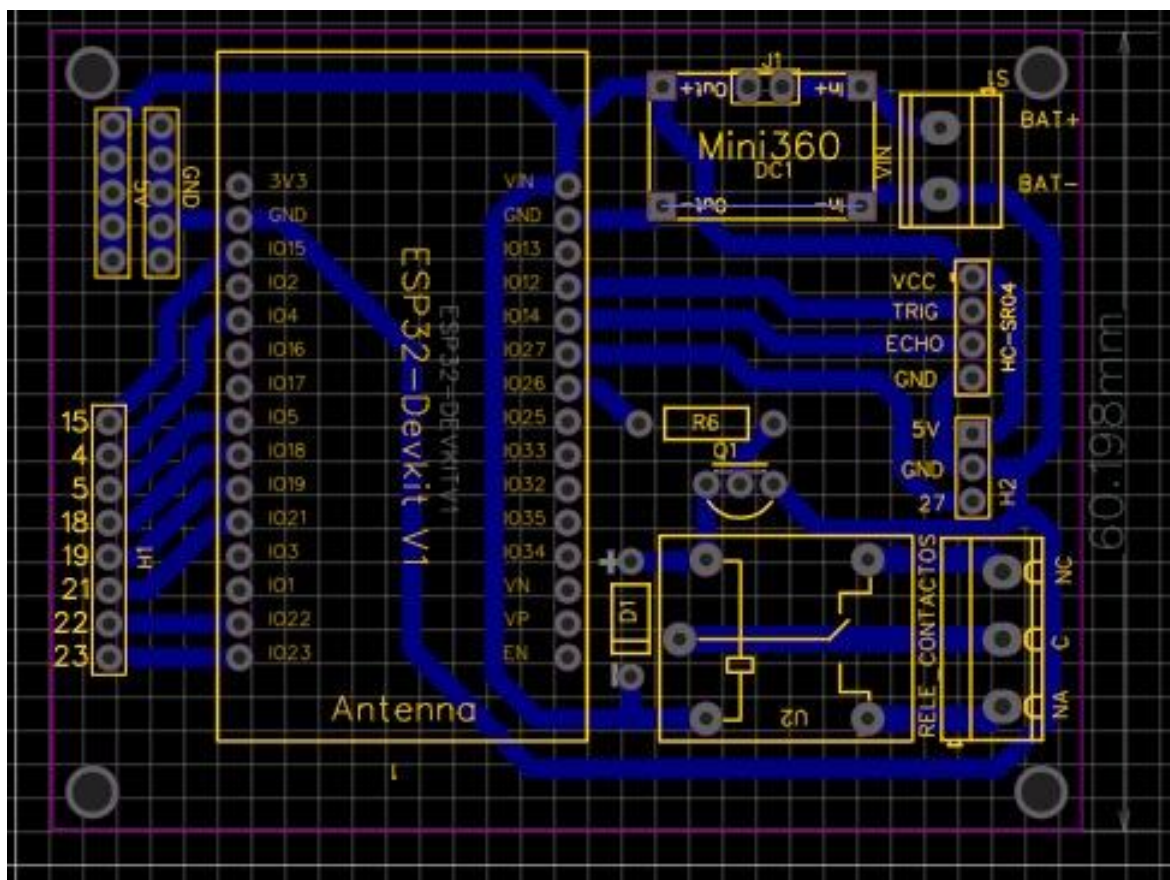
**Anexo 5: Ficha con datos del parqueadero de la PUCE AMBATO**

 <b>Pontificia Universidad Católica del Ecuador   Sede Ambato</b>					
<b>Modelo de ficha para toma de tiempos de búsqueda y estacionamiento de los vehículos de usuarios que utilizan en parqueadero de la PUCE AMBATO.</b>					
<b>Objetivo</b>				Obtener información relevante de los procesos necesarios para optimizar los servicios de los parqueaderos de la PUCE AMBATO	
No. De Vehículo	No. Placa	Horario de toma de datos	Tiempo registrado	Piso y número de espacio	Observaciones
1	TBE-1820	Mañana	1 min – 2 seg	S1 - 46	-
2	TBE-1820	Tarde	2 min	S2 - 87	-
3	TBL-3206	Mañana	35 seg	S1-15	-
4	TBL-3206	Tarde	1 min – 45 seg	S2-83	-
5	TBN-052	Mañana	1 min	S1-16	-
6	TBN-052	Tarde	1 min – 10 seg	S1-37	-
7	TBJ-8704	Mañana	50 seg	PB-7	-
8	TBJ-8704	Tarde	1 min – 2 seg	S1-19	-
9	TBH-6769	Mañana	56 seg	S1-53	-
10	TBH-6769	Tarde	24 seg	PB-8	-
11	PCN-5572	Mañana	45 seg	PB-7	-
12	PCN-5572	Tarde	1 min	S1-16	-
13	TBG-2706	Mañana	55 seg	PB-8	-
14	TBG-2706	Tarde	1 min 7 seg	S1-19	-
15	PCJ-6375	Mañana	1 min	S1-16	-
16	PCJ-6375	Tarde	1 min – 33 seg	S2-60	-

## Anexo 6: Mapeo de la placa de PBC



## Anexo 7: Diseño de las pistas para la placa de PBC

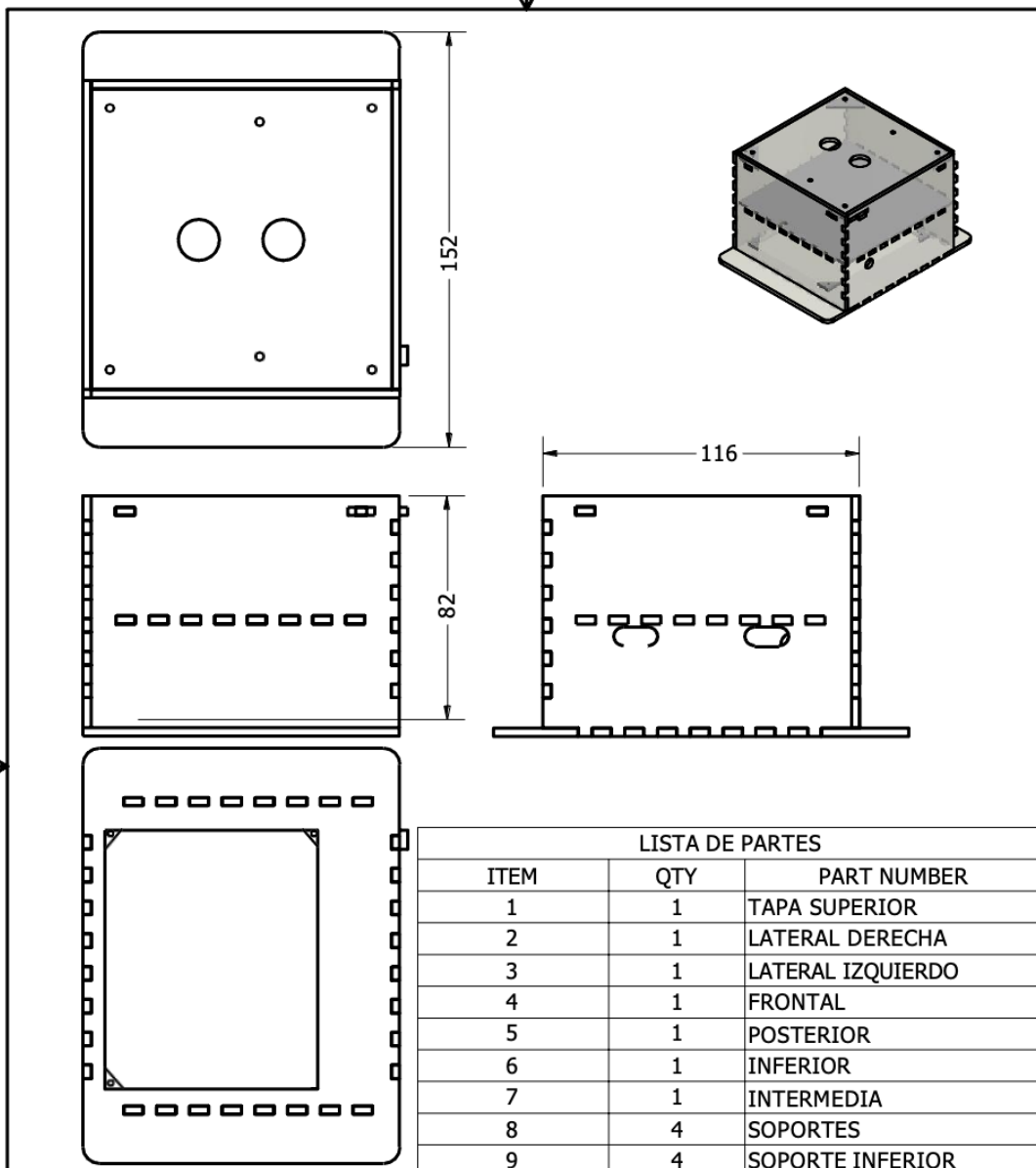


Anexo 8: Diseño y medidas de la carcasa para el prototipo

Technical drawing showing the design and dimensions of a prototype case. The drawing includes a front view (top left) with a height dimension of 152, a top view (middle right) with a width dimension of 116, and a side view (middle left) with a height dimension of 82. An isometric view of the assembled case is shown in the top right. The drawing is enclosed in a frame with arrows indicating viewing directions.

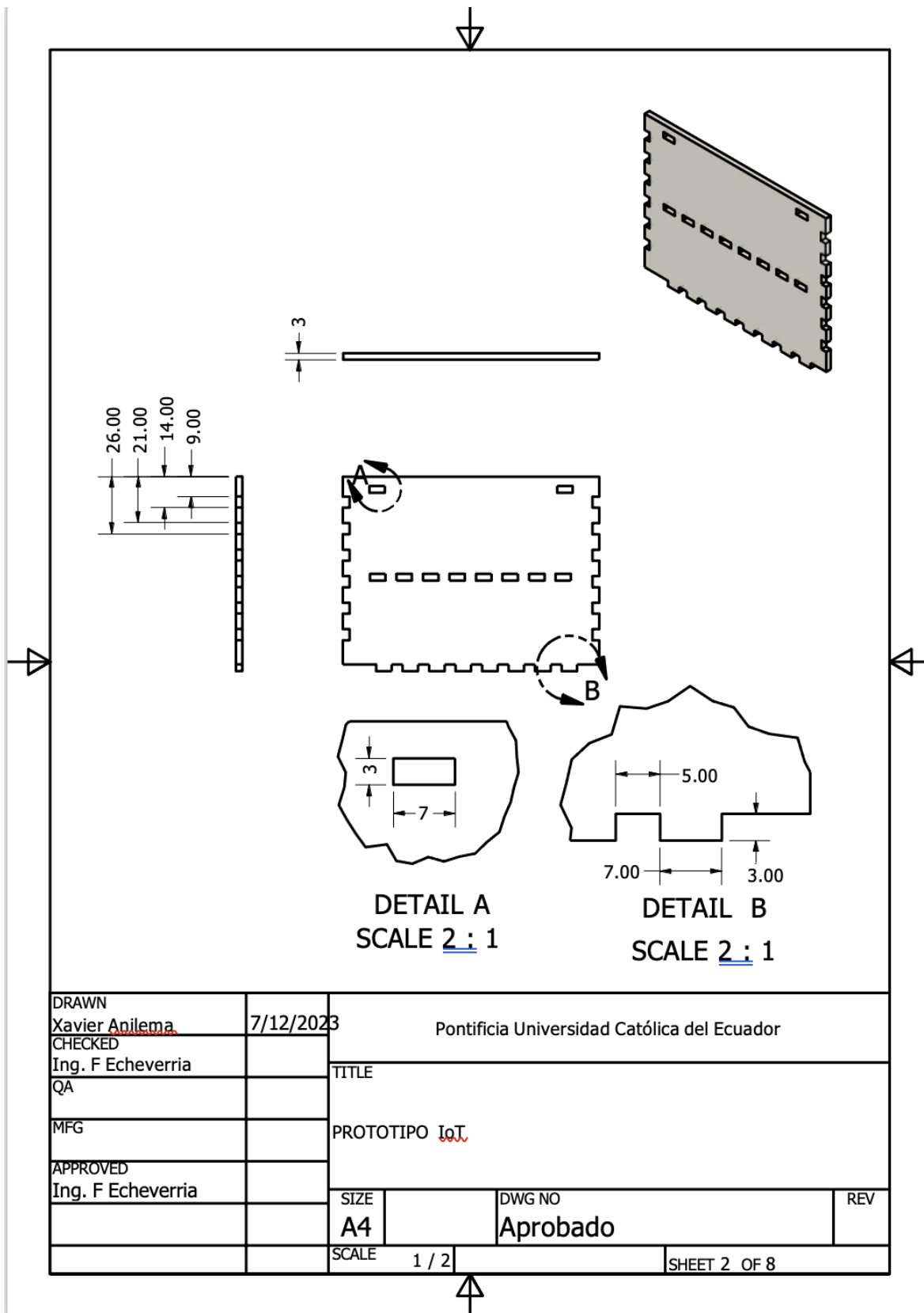
LISTA DE PARTES		
ITEM	QTY	PART NUMBER
1	1	TAPA SUPERIOR
2	1	LATERAL DERECHA
3	1	LATERAL IZQUIERDO
4	1	FRONTAL
5	1	POSTERIOR
6	1	INFERIOR
7	1	INTERMEDIA
8	4	SOPORTES
9	4	SOPORTE INFERIOR

DRAWN	Xavier Anilema	7/12/2023	Pontificia Universidad Católica del Ecuador	
CHECKED	Ing. F Echeverria		TITLE	
QA			PROTOTIPO IoT	
MFG			SIZE	DWG NO
APPROVED	Ing. F Echeverria		A4	Aprobado
			SCALE	REV
			1 / 4	
				SHEET 1 OF 8

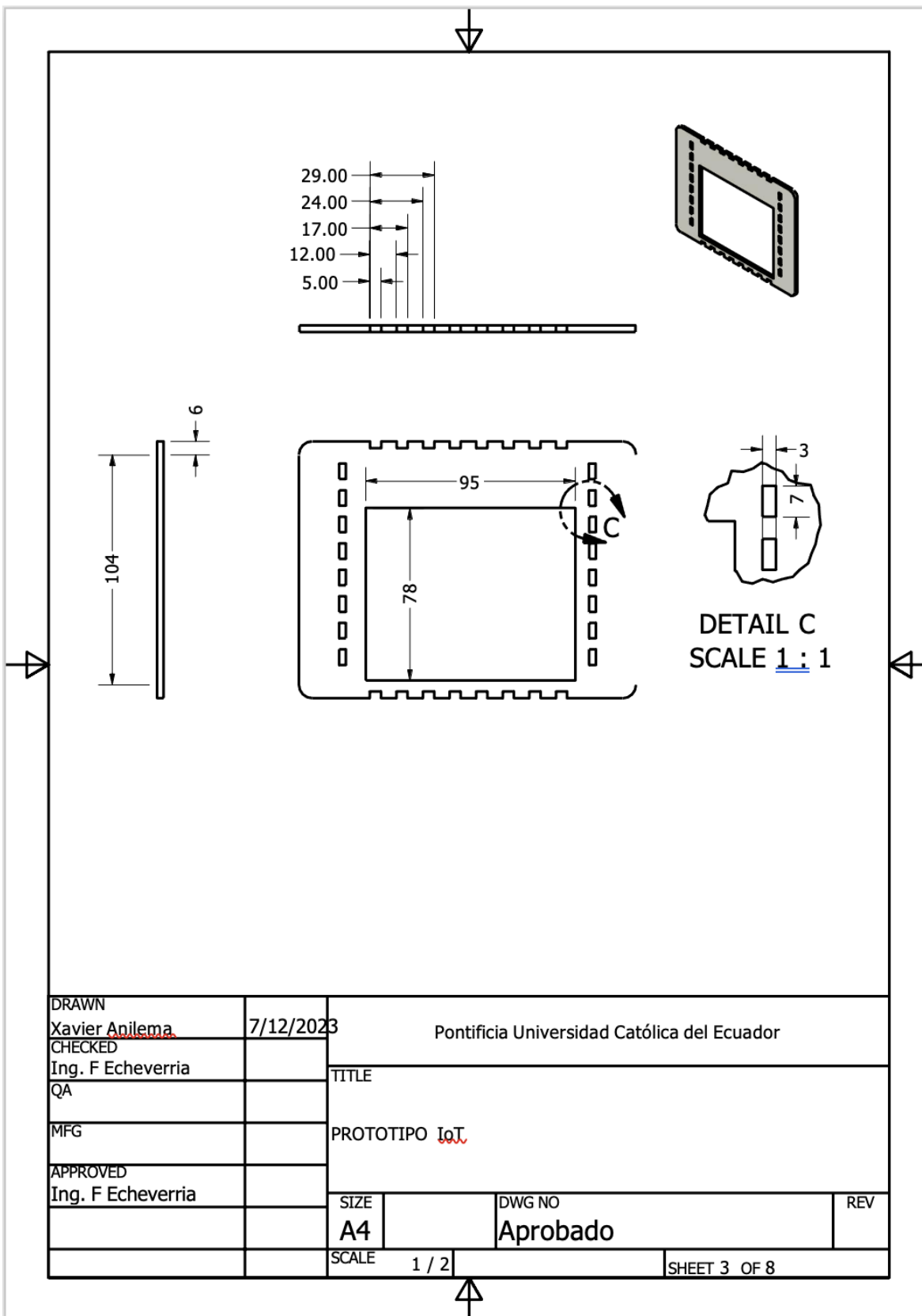


LISTA DE PARTES		
ITEM	QTY	PART NUMBER
1	1	TAPA SUPERIOR
2	1	LATERAL DERECHA
3	1	LATERAL IZQUIERDO
4	1	FRONTAL
5	1	POSTERIOR
6	1	INFERIOR
7	1	INTERMEDIA
8	4	SOPORTES
9	4	SOPORTE INFERIOR

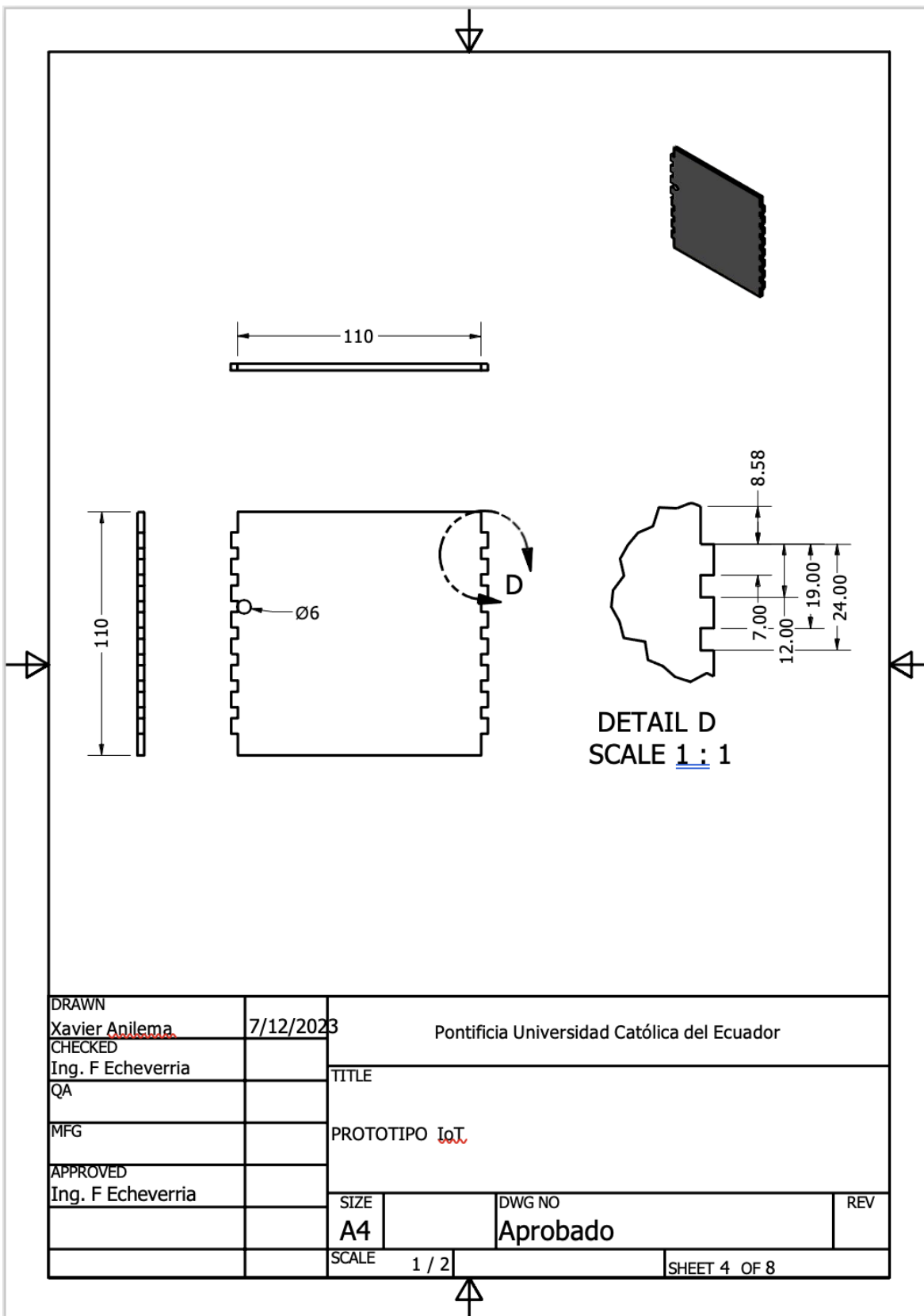
DRAWN Xavier Anilema	7/12/2023	Pontificia Universidad Católica del Ecuador		
CHECKED Ing. F Echeverria		TITLE		
QA		PROTOTIPO IoT		
MFG				
APPROVED Ing. F Echeverria		SIZE A4	DWG NO Aprobado	REV
		SCALE 1 / 4	SHEET 1 OF 8	



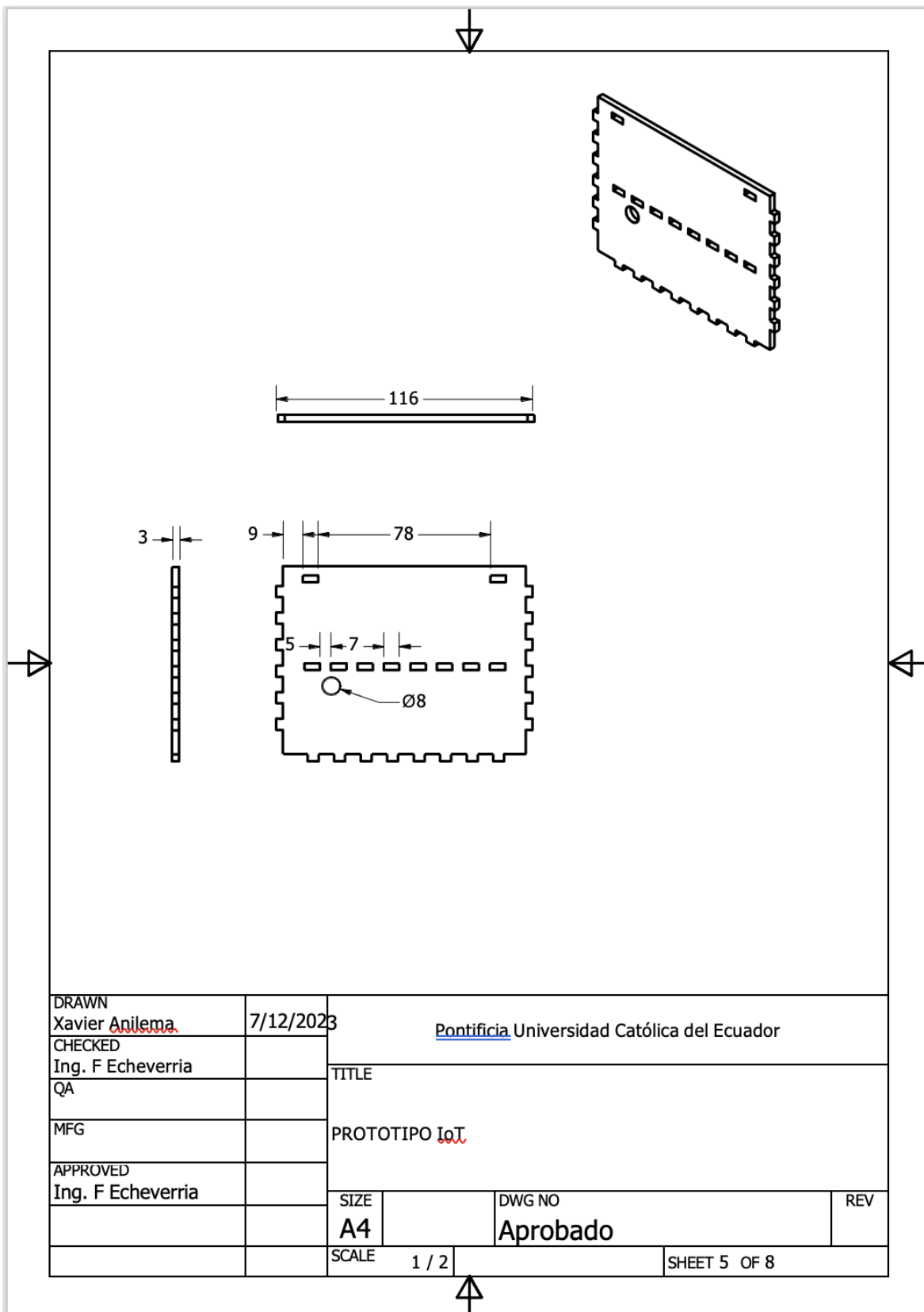
DRAWN Xavier Anilema	7/12/2023	Pontificia Universidad Católica del Ecuador		
CHECKED Ing. F Echeverria		TITLE		
QA		PROTOTIPO IoT		
MFG				
APPROVED Ing. F Echeverria				
		SIZE A4	DWG NO Aprobado	REV
		SCALE 1 / 2	SHEET 2 OF 8	

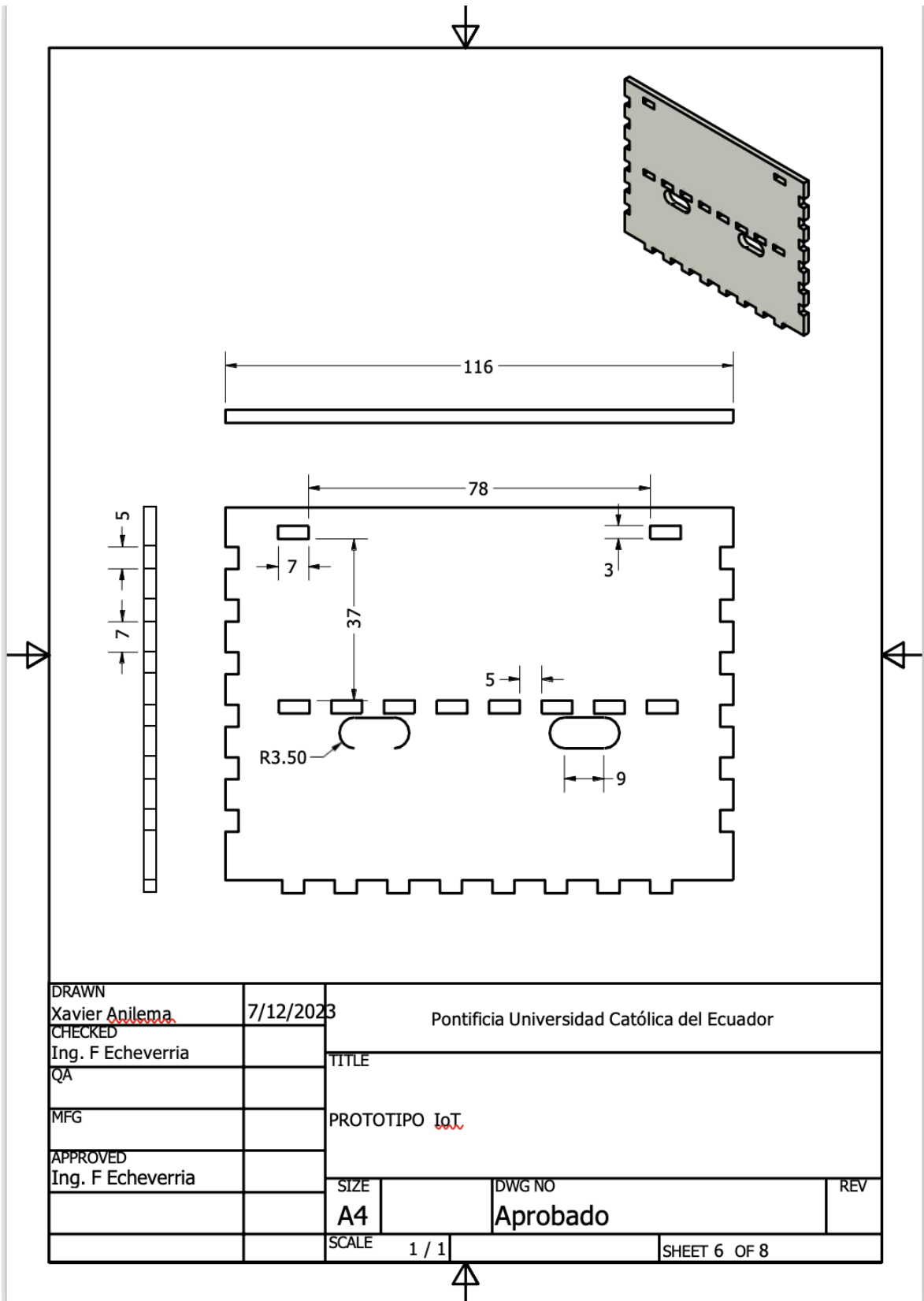


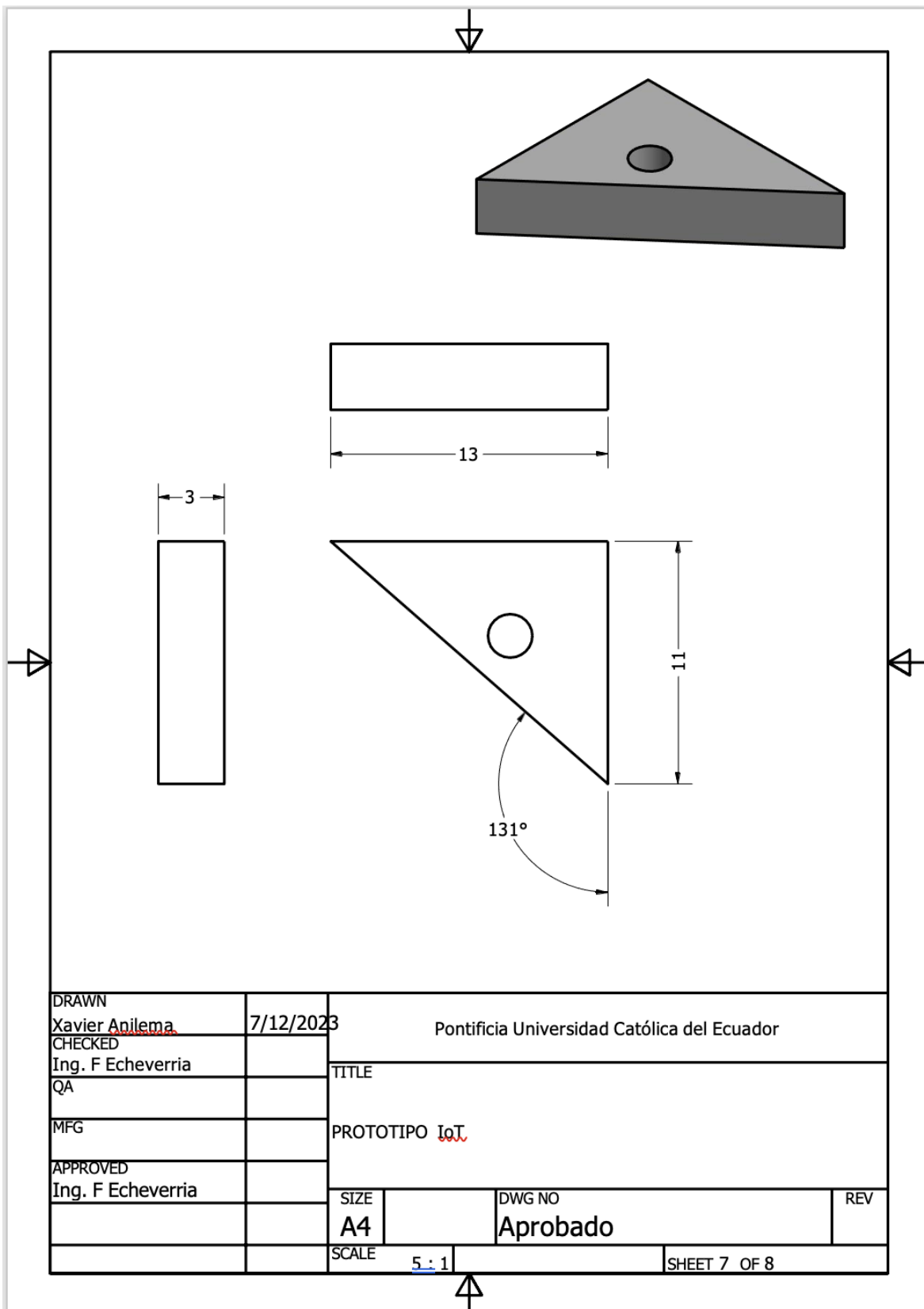
DRAWN		Pontificia Universidad Católica del Ecuador		
Xavier Anilema	7/12/2023	TITLE		
CHECKED		PROTOTIPO IoT		
Ing. F Echeverria		SIZE	DWG NO	REV
QA		A4	Aprobado	
MFG		SCALE	SHEET 3 OF 8	
APPROVED		1 / 2		
Ing. F Echeverria				

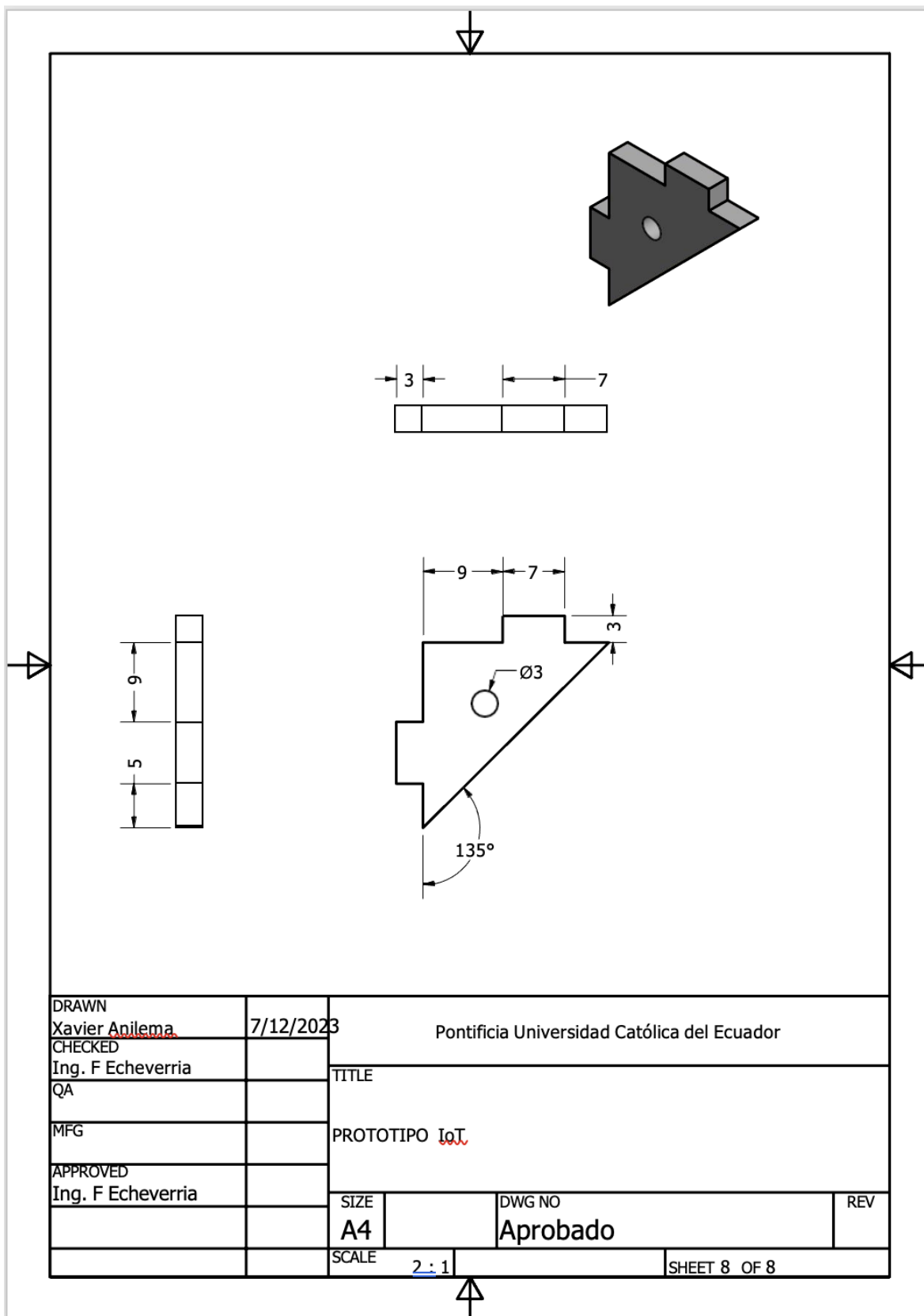


DRAWN		Pontificia Universidad Católica del Ecuador		
Xavier Anilema	7/12/2023	TITLE		
CHECKED		PROTOTIPO IoT		
Ing. F Echeverria		SIZE	DWG NO	REV
QA		A4	Aprobado	
MFG		SCALE	1 / 2	SHEET 4 OF 8
APPROVED				
Ing. F Echeverria				











**Anexo 9: Modelo de herramienta para medir la usabilidad con sistema de escalas de usabilidad (SUS)**

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador   Sede Ambato	
<b>Modelo de herramienta para medir la usabilidad con sistema de escalas de usabilidad (SUS)</b>	
<b>Objetivo</b>	Obtener información relevante acerca del prototipo (producto) para determinar si cumple con los objetivos para los cuales fue desarrollado.
<b>Entrevistados</b>	Economista Catalina Álvarez Directora Administrativa y de talento humano de la PUCE AMBATO Fausto Quisnia Galo Domínguez Responsables de la atención de los parqueaderos
<b>Consideraciones Generales</b> Se solicita se responda de manera objetiva. Los resultados de la presente entrevista poseen fines de investigación.	
<b>Enunciados</b> 1. Creo que me gustaría utilizar este sistema con frecuencia Totalmente en desacuerdo 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> Totalmente de acuerdo	
2. Encontré el sistema necesariamente complejo Totalmente en desacuerdo 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> Totalmente de acuerdo	
3. Pensé que el sistema era fácil de usar Totalmente en desacuerdo 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> Totalmente de acuerdo	
4. Creo que necesitaría el apoyo de un técnico para poder utilizar este sistema Totalmente en desacuerdo 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> Totalmente de acuerdo	

5. Encontré que las diversas funciones de este sistema estaban bien integradas  
Totalmente en desacuerdo 1  2  3  4  5  Totalmente de acuerdo
6. Pensé que había demasiada inconsistencia en este sistema  
Totalmente en desacuerdo 1  2  3  4  5  Totalmente de acuerdo
7. Me imagino que la mayoría de la gente aprendería a utilizar este sistema muy rápido  
Totalmente en desacuerdo 1  2  3  4  5  Totalmente de acuerdo
8. Encontré que el sistema es muy complicado de usar  
Totalmente en desacuerdo 1  2  3  4  5  Totalmente de acuerdo
9. Me sentí muy seguro usando el sistema  
Totalmente en desacuerdo 1  2  3  4  5  Totalmente de acuerdo
10. Necesitaba aprender muchas cosas antes de empezar con este sistema  
Totalmente en desacuerdo 1  2  3  4  5  Totalmente de acuerdo

## Anexo 10: Aplicación 1 de herramienta para medir la usabilidad con sistema de escalas de usabilidad (SUS)

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador   Sede Ambato	
<b>Herramienta para medir la usabilidad con sistema de escalas de usabilidad (SUS)</b>	
<b>Objetivo</b>	Obtener información relevante acerca del prototipo (producto) para determinar si cumple con los objetivos para los cuales fue desarrollado.
<b>Evaluadores</b>	Economista Catalina Álvarez Directora Administrativa y de talento humano de la PUCESA Sr. Fausto Quisnia Sr. Galo Domínguez Responsables de la atención de los parqueaderos
<b>Consideraciones Generales</b> Se solicita se responda de manera objetiva. Los resultados de la presente evaluación poseen fines de investigación.	
<b>Enunciados</b> 1. Creo que me gustaría utilizar este sistema con frecuencia Totalmente en desacuerdo 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input checked="" type="checkbox"/> Totalmente de acuerdo 2. Encontré el sistema innecesariamente complejo	

Totalmente en desacuerdo 1  2  3  4  5  Totalmente de acuerdo

3. Pensé que el sistema era fácil de usar

Totalmente en desacuerdo 1  2  3  4  5  Totalmente de acuerdo

4. Creo que necesitaría el apoyo de un técnico para poder utilizar este sistema

Totalmente en desacuerdo 1  2  3  4  5  Totalmente de acuerdo

5. Encontré que las diversas funciones de este sistema estaban bien integradas

Totalmente en desacuerdo 1  2  3  4  5  Totalmente de acuerdo

6. Pensé que había demasiada inconsistencia en este sistema

Totalmente en desacuerdo 1  2  3  4  5  Totalmente de acuerdo

7. Me imagino que la mayoría de la gente aprendería a utilizar este sistema muy rápidamente

Totalmente en desacuerdo 1  2  3  4  5  Totalmente de acuerdo

8. Encontré que el sistema es muy complicado de usar

Totalmente en desacuerdo 1  2  3  4  5  Totalmente de acuerdo

9. Me sentí muy seguro usando el sistema


Totalmente en desacuerdo 1  2  3  4  5  Totalmente de acuerdo

10. Necesitaba aprender muchas cosas antes de empezar con este sistema

Totalmente en desacuerdo 1  2  3  4  5  Totalmente de acuerdo

*[Handwritten signature]*  
Catalina Suarez

## Anexo 11: Aplicación 2 de herramienta para medir la usabilidad con sistema de escalas de usabilidad (SUS)

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador   Sede Ambato	
<b>Herramienta para medir la usabilidad con sistema de escalas de usabilidad (SUS)</b>	
<b>Objetivo</b>	Obtener información relevante acerca del prototipo (producto) para determinar si cumple con los objetivos para los cuales fue desarrollado.
<b>Evaluadores</b>	Economista Catalina Álvarez Directora Administrativa y de talento humano de la PUCESA Sr. Fausto Quisnia Sr. Galo Domínguez Responsables de la atención de los parqueaderos
<b>Consideraciones Generales</b> Se solicita se responda de manera objetiva. Los resultados de la presente evaluación poseen fines de investigación.	
<b>Enunciados</b> 1. Creo que me gustaría utilizar este sistema con frecuencia Totalmente en desacuerdo 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> Totalmente de acuerdo 2. Encontré el sistema innecesariamente complejo	

Totalmente en desacuerdo 1  2  3  4  5  Totalmente de acuerdo

3. Pensé que el sistema era fácil de usar

Totalmente en desacuerdo 1  2  3  4  5  Totalmente de acuerdo

4. Creo que necesitaría el apoyo de un técnico para poder utilizar este sistema

Totalmente en desacuerdo 1  2  3  4  5  Totalmente de acuerdo

5. Encontré que las diversas funciones de este sistema estaban bien integradas

Totalmente en desacuerdo 1  2  3  4  5  Totalmente de acuerdo

6. Pensé que había demasiada inconsistencia en este sistema

Totalmente en desacuerdo 1  2  3  4  5  Totalmente de acuerdo

7. Me imagino que la mayoría de la gente aprendería a utilizar este sistema muy rápidamente

Totalmente en desacuerdo 1  2  3  4  5  Totalmente de acuerdo

8. Encontré que el sistema es muy complicado de usar

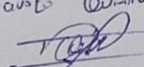
Totalmente en desacuerdo 1  2  3  4  5  Totalmente de acuerdo

9. Me sentí muy seguro usando el sistema


Totalmente en desacuerdo 1  2  3  4  5  Totalmente de acuerdo

10. Necesitaba aprender muchas cosas antes de empezar con este sistema

Totalmente en desacuerdo 1  2  3  4  5  Totalmente de acuerdo

Fausto Quiroa  


## Anexo 12: Aplicación 3 de herramienta para medir la usabilidad con sistema de escalas de usabilidad (SUS)

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador   Sede Ambato	
<b>Herramienta para medir la usabilidad con sistema de escalas de usabilidad (SUS)</b>	
<b>Objetivo</b>	Obtener información relevante acerca del prototipo (producto) para determinar si cumple con los objetivos para los cuales fue desarrollado.
<b>Evaluadores</b>	Economista Catalina Álvarez Directora Administrativa y de talento humano de la PUCESA Sr. Fausto Quisnia Sr. Galo Domínguez Responsables de la atención de los parqueaderos
<b>Consideraciones Generales</b> Se solicita se responda de manera objetiva. Los resultados de la presente evaluación poseen fines de investigación.	
<b>Enunciados</b> 1. Creo que me gustaría utilizar este sistema con frecuencia Totalmente en desacuerdo 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input checked="" type="checkbox"/> Totalmente de acuerdo 2. Encontré el sistema innecesariamente complejo	

Totalmente en desacuerdo 1  2  3  4  5  Totalmente de acuerdo

3. Pensé que el sistema era fácil de usar

Totalmente en desacuerdo 1  2  3  4  5  Totalmente de acuerdo

4. Creo que necesitaría el apoyo de un técnico para poder utilizar este sistema

Totalmente en desacuerdo 1  2  3  4  5  Totalmente de acuerdo

5. Encontré que las diversas funciones de este sistema estaban bien integradas

Totalmente en desacuerdo 1  2  3  4  5  Totalmente de acuerdo

6. Pensé que había demasiada inconsistencia en este sistema

Totalmente en desacuerdo 1  2  3  4  5  Totalmente de acuerdo

7. Me imagino que la mayoría de la gente aprendería a utilizar este sistema muy rápidamente

Totalmente en desacuerdo 1  2  3  4  5  Totalmente de acuerdo

8. Encontré que el sistema es muy complicado de usar


Totalmente en desacuerdo 1  2  3  4  5  Totalmente de acuerdo

9. Me sentí muy seguro usando el sistema


Totalmente en desacuerdo 1  2  3  4  5  Totalmente de acuerdo

10. Necesitaba aprender muchas cosas antes de empezar con este sistema

Totalmente en desacuerdo 1  2  3  4  5  Totalmente de acuerdo

*Calo Domínguez*  


**Anexo 13: Ficha con datos del parqueadero de la PUCE AMBATO tomados a partir de simulación.**

					
<b>Modelo de ficha para toma de tiempos de búsqueda y estacionamiento de los vehículos de usuarios que utilizan en parqueadero de la PUCE AMBATO.</b>					
<b>Objetivo</b>			Obtener información relevante de los procesos necesarios para optimizar los servicios de los parqueaderos de la PUCE AMBATO		
No. De Vehículo	No. Placa	Horario de toma de datos	Tiempo registrado	Piso y número de espacio	Observaciones
1	TBE-1820	Mañana	46,5 seg	S1 - 46	-
2	TBE-1820	Tarde	1 min 30 seg	S2 - 87	-
3	TBL-3206	Mañana	33 seg	S1-15	-
4	TBL-3206	Tarde	1 min – 10 seg	S2-83	-
5	TBN-052	Mañana	48 seg	S1-16	-
6	TBN-052	Tarde	59 seg	S1-37	-
7	TBJ-8704	Mañana	36 seg	PB-7	-
8	TBJ-8704	Tarde	52 seg	S1-19	-
9	TBH-6769	Mañana	52 seg	S1-53	-
10	TBH-6769	Tarde	21 seg	PB-8	-
11	PCN-5572	Mañana	42 seg	PB-7	-
12	PCN-5572	Tarde	43 min	S1-16	-
13	TBG-2706	Mañana	38 seg	PB-8	-
14	TBG-2706	Tarde	45 seg	S1-19	-
15	PCJ-6375	Mañana	48 seg	S1-16	-
16	PCJ-6375	Tarde	1 min – 1 seg	S2-60	-