



unl

Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables

Carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones

Diseño y construcción de un sistema de gestión y monitoreo de bicicletas en la UNL

Trabajo de Integración
Curricular, previo a la
obtención del título de Ingeniero
en Telecomunicaciones.

AUTOR:

Hernán Stalin Pucha Quizhpe

DIRECTORA:

Ing. Marianela del Cisne Carrión González, Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2025

Certificación

Loja, 13 de enero de 2025

Ing. Marianela del Cisne Carrión González. Mg. Sc.

DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Diseño y construcción de un sistema de gestión y monitoreo de bicicletas en la UNL**, previo a la obtención del título de Ingeniero en Telecomunicaciones, de la autoría del estudiante **Hernán Stalin Pucha Quizhpe**, con cédula de identidad Nro. **1150216545**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

Ing. Marianela del Cisne Carrión González. Mg. Sc.

DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR

Autoría

Yo, **Hernán Stalin Pucha Quizhpe**, declaro ser autor del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.



Firma:

Cédula de Identidad: 1150216545

Fecha: 13 de enero de 2025

Correo electrónico: hernan.pucha@unl.edu.ec

Teléfono: 0939602481

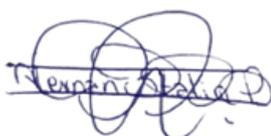
Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo del Trabajo de Integración Curricular.

Yo, **Hernán Stalin Pucha Quizhpe**, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Diseño y construcción de un sistema de gestión y monitoreo de bicicletas en la UNL**, como requisito para optar el título de **Ingeniero en Telecomunicaciones**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de Información del país y del exterior con las cuales tenga convenido la Universidad.

La universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja, a los trece días del mes de enero de dos mil veinticinco.



Firma:

Autor: Hernán Stalin Pucha Quizhpe

Cédula de Identidad: 1150216545

Dirección: Zamora Huayco

Correo electrónico: hernan.pucha@unl.edu.ec

Teléfono: 0939602481

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Directora del Trabajo de Integración Curricular: Ing. Marianela del Cisne Carrión González. Mg. Sc

Dedicatoria

Dedico este Trabajo de Integración Curricular a mis padres, Hugo Pucha y Rosa Quizhpe, quienes me han acompañado en toda mi carrera universitaria. Su apoyo incondicional y sus consejos me han brindado la fortaleza para seguir adelante, han sido, y seguirían siendo, mi guía a lo largo de mi formación profesional.

Hernán Stalin Pucha Quizhpe

Agradecimiento

Manifiesto mi más sincero agradecimiento a Dios por haberme concedido salud y sabiduría, elementos esenciales que me han permitido alcanzar mis metas y disfrutar de una experiencia extraordinaria en lo que me apasiona.

Quisiera expresar mi profunda gratitud hacia mis padres por su apoyo incondicional, tanto emocional como financiero. Su respaldo constante y sus valiosos consejos han sido esenciales para mi desarrollo personal y mi superación.

Agradezco a la Universidad Nacional de Loja, especialmente a los distinguidos docentes de la Carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones. Aprecio enormemente su generosidad al compartir sus valiosos conocimientos y experiencias profesionales; su dedicación ha sido crucial para mi formación ética y profesional.

Finalmente, extendiendo mi más sincero agradecimiento a la Ing. Marianela Carrión, mi tutora, cuyo invaluable apoyo ha sido fundamental en el desarrollo de esta investigación.

Hernán Stalin Pucha Quizhpe

Índice de Contenidos

Portada.....	i
Certificación.....	ii
Autoría.....	iii
Autorización.....	iii
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de Contenidos.....	vii
Índice de Tablas:.....	xii
Índice de Figuras:.....	xiii
Índice de Ecuaciones:.....	xvi
Índice de Anexos:.....	xvii
1. Título.....	1
2. Resumen.....	2
Abstract.....	3
3. Introducción.....	4
4. Marco Teórico.....	7
4.1. Transporte sostenible.....	7
4.1.1. Tipos de transporte sostenible.....	8
4.1.1.1. Bicicleta.....	8
4.1.1.2. Patinetes eléctricos.....	10
4.1.1.3. Transporte público.....	10
4.1.1.4. Coches eléctricos.....	10
4.1.2. Beneficios del transporte sostenible.....	10
4.2. Tecnologías inalámbricas.....	11
4.2.1. Wifi.....	12

4.2.2.	Redes móviles.....	12
4.2.2.1.	Primera Generación (1G).	13
4.2.2.2.	Segunda Generación (2G).	13
4.2.2.3.	Tercera Generación (3G).....	13
4.2.2.4.	Cuarta generación (4G).	14
4.2.2.5.	Quinta Generación (5G).	14
4.2.3.	Ventajas de las Tecnologías inalámbricas	14
4.3.	Tecnología de localización.....	15
4.3.1.	Sistema GPS	15
4.3.1.1.	Funcionamiento del GPS.....	15
4.3.2.	Sistema RFID	16
4.3.2.1.	Funcionamiento del RFID.....	17
4.3.3.	Beneficios de las Tecnologías de localización	17
4.4.	Gestión de identidades de usuarios	18
4.4.1.	Beneficios de gestión de identidades y acceso	18
4.5.	Aplicaciones Móviles.....	18
4.5.1.	Tipos de aplicaciones móviles.....	19
4.5.1.1.	Nativas.....	19
4.5.1.2.	Web.	19
4.5.1.3.	Híbridas.	19
4.6.	Framework	20
4.6.1.	Flutter.....	20
4.6.1.1.	Características de flutter.....	20
4.6.2.	React Native	21
4.6.2.1.	Características de React Native.....	21
4.6.3.	Xamarin	22

4.6.3.1. Características de Xamarin.....	22
4.7. Base de datos.....	22
4.7.1. Características de las bases de datos.....	23
4.7.2. Base de datos relacional.....	23
4.7.2.1. Ventajas de una base de datos relacional.	23
4.7.3. Bases de datos no relacional.....	24
4.7.3.1. Tipos de bases de datos no relacional.	24
4.7.3.2. Ventajas de una base de datos no relacional.	26
4.7.4. Firebase.....	26
4.7.4.1. Características de Firebase.	26
4.7.5. Supabase.....	27
4.7.5.1. Características de Supabase.....	28
4.7.6. Xano.....	28
4.7.6.1. Características de Xano.....	28
4.8. Alojamiento web.....	30
4.8.1. 000WebHost.....	30
4.8.2.1. Características de 000WebHost.....	30
5. Metodología.....	31
5.1. Área de estudio.....	31
5.2. Recursos.....	31
5.2.1. Recursos Científicos.....	32
5.2.2. Recursos Técnicos.....	32
5.3. Procedimiento.....	33
5.3.1. Requerimientos.....	33
5.3.2. Diseño del sistema.....	33
5.3.2.1. Sistema de monitoreo de bicicletas.	34

5.3.2.2. Sistema de gestión de bicicletas.....	35
5.3.3. Selección y análisis del prototipo	35
5.3.3.1. Elección de prototipo.	35
5.3.3.2. Análisis del prototipo.	35
5.3.4. Optimización e integración del prototipo	42
5.3.5. Programación.....	43
5.3.5.1. Framework.	44
5.3.5.2. Base de datos.....	45
5.3.5.3. Alojamiento web.	45
5.3.6. Pruebas.....	46
6. Resultados	48
6.1. Descripción de funcionamiento	48
6.2. Requerimientos	49
6.3. Diseño del sistema	50
6.3.1. Sistema de monitoreo de bicicletas.....	50
6.3.2. Sistema de gestión de bicicletas	52
6.4. Optimización e integración de prototipo.....	55
6.4.1. Optimización del prototipo.....	55
6.4.2. Integración del prototipo.....	57
6.5. Codificación.....	59
6.5.1. Configuración del servidor de 000WebHost.	59
6.5.2. Desarrollo de página web	62
6.5.2.1. Menú de navegación.....	62
6.5.2.2. Pantalla de inicio.	63
6.5.2.3. Pantalla de bicicleta.....	64
6.5.2.4. Pantalla de inicio de sesión.	64

6.5.3.	Configuración de la base de datos.	66
6.5.3.1.	Sistema Autenticación.	67
6.5.3.2.	Sistema de gestión de bicicletas.	68
6.5.3.3.	Espacio publicitario.	69
6.5.3.4.	Funcionalidad de la batería y detección en la estación.	70
6.5.4.	Desarrollo de aplicación móvil.	73
6.5.4.1.	Pantalla de autenticación.	73
6.5.4.2.	Pantalla de inicio.	74
6.5.4.3.	Pantalla de reserva.	75
6.5.4.4.	Pantalla de detalles de bicicletas.	76
6.5.4.5.	Pantalla de información adicional.	77
6.5.4.6.	Generación de archivo APK.	78
6.6.	Pruebas de funcionamiento	78
6.6.1.	Funcionamiento del dispositivo	78
6.6.2.	Funcionamiento de la aplicación	80
6.6.2.1.	Registro de usuarios.	80
6.6.2.2.	Funcionalidad de reservaciones.	82
6.6.2.3.	Funcionalidad de notificar el estado de la bicicleta.	83
6.6.3.	Cálculo del nivel aproximado de la batería	85
7.	Discusión	92
8.	Conclusiones	93
9.	Recomendaciones	94
10.	Referencias bibliográficas	96
11.	Anexos.	102

Índice de Tablas:

Tabla 1. Comparación de herramientas de diseño.....	34
Tabla 2. Características de módulo GSM/GPRS SIM800L V2	36
Tabla 3. Características de módulo GPS NEO-6M.....	37
Tabla 4. Características del Arduino pro mini.....	38
Tabla 5. Característica de batería de LiPo de 7.4 V 1800 mAh	39
Tabla 6. Características del regulador de tensión.....	40
Tabla 7. Características de módulo de carga.....	41
Tabla 8. Características del interruptor	42
Tabla 9. Comparación de frameworks de desarrollo móvil.	44
Tabla 10. Comparación de bases de datos.....	45
Tabla 11. Comparación de los servidores de alojamiento web	46
Tabla 12. Comparación de baterías recargables	56
Tabla 13. Consumo de corriente del dispositivo	56

Índice de Figuras:

Figura 1. Componentes de una bicicleta	8
Figura 2. Arquitectura de red móvil	13
Figura 3. Determinación de la posición del usuario.....	16
Figura 4. Mapa de referencia de instalaciones de la UNL	31
Figura 5. Diagrama de flujo de metodología utilizada.....	33
Figura 6. Esquema general de conexión.....	36
Figura 7. Módulo GSM/GPRS SIM800L v2	36
Figura 8. Módulo GPS NEO 6m	37
Figura 9. Arduino Pro Mini.....	38
Figura 10. LiPo de 7.4 V 2S-1800 mAh	39
Figura 11. Regulador de tensión mini 360 Step Down	40
Figura 12. Módulo de carga DDTCCRUB	41
Figura 13. Mini interruptor rocket ON OFF	41
Figura 14. Diagrama de flujo del funcionamiento del sistema	49
Figura 15. Diseño preliminar de la pantalla de Inicio	51
Figura 16. Diseño preliminar de la pantalla de Bicicleta	51
Figura 17. Diseño preliminar de la pantalla de Inicio de Sesión y Mapa	52
Figura 18. Diseño preliminar de la pantalla de autenticación.....	53
Figura 19. Diseño preliminar de la pantalla de inicio	53
Figura 20. Diseño preliminar de la pantalla de reservación.....	54
Figura 21. Diseño preliminar de la pantalla de horarios	55
Figura 22. Diseño de caja del dispositivo	58
Figura 23. Impresión de la caja del dispositivo.....	58
Figura 24. Montaje del circuito en la bicicleta.....	59
Figura 25. Tabla “tbl_gps” de la base de datos MySQL.....	60

Figura 26. Archivo PHP de configuración de la base de datos.....	60
Figura 27. Archivo PHP para recibir las coordenadas de latitud y longitud.....	61
Figura 28. Diagrama de flujo de envío de datos del prototipo al servidor.....	62
Figura 29. Menú de navegación.....	63
Figura 30. Pantalla de inicio de la página web.....	63
Figura 31. Pantalla de bicicleta de la página web.....	64
Figura 32. Pantalla de inicio de sesión de la página web.....	65
Figura 33. Mapa de ubicación de la bicicleta.....	65
Figura 34. Ubicación de la estación de carga de la bicicleta.....	66
Figura 35. Función para cálculo de la distancia.....	66
Figura 36. Selección y habilitación de proveedores de autenticación.....	67
Figura 37. Configuración para verificación de correos electrónicos.....	68
Figura 38. Configuración del restablecimiento de contraseña.....	68
Figura 39. Reglas de seguridad para Firestore Database.....	69
Figura 40. Reglas de seguridad para Storage de Firebase.....	69
Figura 41. Creación de la carpeta de publicidad en Storage de Firebase.....	70
Figura 42. Formatos de archivos de imágenes.....	70
Figura 43. Archivo PHP para enviar datos de coordenadas a Realtime Database.....	71
Figura 44. Archivo PHP para enviar el dato del recorrido a Realtime Database.....	71
Figura 45. Diagrama de flujo para envío de datos a Firebase Realtime Database.....	72
Figura 46. Recepción de datos a Realtime Database.....	73
Figura 47. Pantalla de autenticación.....	74
Figura 48. Pantalla de inicio principal.....	75
Figura 49. Pantalla de reserva.....	76
Figura 50. Pantalla de detalles de bicicletas.....	77
Figura 51. Pantalla de menú de información.....	78

Figura 52. Envío de información al número de teléfono.....	79
Figura 53. Almacenamiento de datos en el servidor 000webhost.....	79
Figura 54. Sección de código del prototipo en Arduino	80
Figura 55. Registro de Usuarios.....	80
Figura 56. Correo de Verificación.....	81
Figura 57. Segunda forma de registro	82
Figura 58. Función de reservación	82
Figura 59. Confirmación de reservación.....	83
Figura 60. Verificación de la reservación en detalles de bicicleta	83
Figura 61. Función de Observaciones de bicicleta.....	84
Figura 62. Mensaje de notificación enviada	85
Figura 63. Función de estado aproximado de la batería.....	86
Figura 64. Nivel inicial del aproximado de la batería	86
Figura 65. Primer recorrido.....	87
Figura 66. Resultado del nivel aproximado de batería del primer recorrido.....	88
Figura 67. Segundo Recorrido	88
Figura 68. Resultado del nivel aproximado de batería del segundo recorrido.....	89
Figura 69. Tercer Recorrido.....	90
Figura 70. Resultado del nivel aproximado de batería del tercer recorrido	91

Índice de Ecuaciones:

Ecuación (1). Tiempo de autonomía del dispositivo	42
Ecuación (2). Potencia de consumo de batería	42
Ecuación (3). Potencia de consumo del circuito	42
Ecuación (4). Nivel aproximado de la batería.....	85

Índice de Anexos:

Anexo 1. Referencia del campus universitario.	102
Anexo 2. Función para calcular la distancia en el mapa.	103
Anexo 3. Manual de usuario.	105
Anexo 4. Código de validación de módulos GPS y GSM.	111
Anexo 5. Código fuente del prototipo.....	113
Anexo 6. Manual de usuario del administrador	121
Anexo 7. Certificado de traducción del resumen	130

1. Título

**Diseño y construcción de un sistema de gestión y monitoreo de bicicletas en la
UNL**

2. Resumen

En el presente trabajo de titulación se ha desarrollado un sistema de gestión y monitoreo para la bicicleta del I2TEC. Este sistema tiene como objetivo optimizar la eficiencia y gestión de las bicicletas a través de diversas funcionalidades clave. Entre estas, se destaca la capacidad de reservar la bicicleta a través de un aplicativo móvil en el cual se presenta horarios disponibles, los mismos que van desde las 13:00 hasta las 20:00 horas, lo que facilita una mejor planificación en reservación para los usuarios. También, el sistema permite conocer el nivel aproximado de la batería de la bicicleta, asegurando que los usuarios tengan información crucial sobre su estado antes de cada uso. Además, ofrece la posibilidad de visualizar la presencia de la bicicleta en la estación de carga, lo que mejora la gestión y asegura que las bicicletas estén listas para el siguiente usuario. Para llevar a cabo las funcionalidades, el sistema se divide en 3 etapas: rastreo, almacenamiento y presentación de información. La etapa de rastreo se centra en la utilización de dispositivos de hardware avanzados. Se emplean módulos GSM para la comunicación, GPS para el seguimiento y el Arduino pro mini, para el control y procesamiento. Por otro lado, la etapa de almacenamiento se lleva a cabo mediante software, procesando y almacenando la información en la base de datos de Firebase. Finalmente, la información procesada y almacenada se presenta de manera accesible a través del aplicativo móvil y página web. La página web es netamente de uso de los administradores, mientras que, el aplicativo móvil es de uso de todos los estudiantes, docentes y administrativos de la universidad. Con este sistema, se busca mejorar significativamente la eficiencia y sostenibilidad del uso de bicicletas en el I2TEC, promoviendo un transporte más ecológico y accesible para todos los estudiantes.

Palabra clave: Framework, monitoreo de bicicletas, transporte sostenible, bases de datos.

2.1. Abstract

In this degree work, a management and monitoring system for the I2TEC bicycle has been developed. This system aims to optimize the efficiency and management of bicycles through several key functionalities. Among these, we highlight the ability to reserve a bicycle through a mobile application in which available schedules are shown, ranging from 13:00 to 20:00 hours, which facilitates the chance to reserve a bike. Additionally, the system allows knowing the approximate bicycle battery level, ensuring that users have crucial information about its status before each use. Moreover, it offers the possibility to visualize the bicycle at the charging station, which improves management and ensures that bikes are ready for the next user. To carry out these functionalities, the system is divided into 3 stages: tracking, storage and information presentation. The tracking stage focuses on the use of advanced hardware devices. GSM modules are used for communication, GPS for tracking and the Arduino pro mini, for control and processing. On the other hand, the storage stage is carried out by software, processing and storing the information in the Firebase database. Finally, the processed and stored information is presented in an accessible way through the mobile application and web page. The web page is strictly for the use of administrators, while the mobile application is for all students, faculty and administrative staff of the university. This system seeks to significantly improve the efficiency and sustainability of the use of bicycles at I2TEC, promoting a more ecological and accessible transportation for all students.

Keywords: Framework, bicycle monitoring, sustainable transportation, databases.

3. Introducción

En los últimos años, el transporte sostenible ha estado en la mira como una potencial solución para disminuir niveles de contaminación ambiental y auditiva. Cuando nos referimos a contaminación ambiental, por lo general, se hace énfasis a los niveles de los gases de efecto invernadero (GEI). Dichos gases se componen principalmente de: dióxido de carbono, metano y óxido nitroso, los mismos que tiene una serie de efectos nocivos para los seres vivos. En los seres humanos, estos gases pueden causar problemas respiratorios, enfermedades cardiovasculares, y más. Las concentraciones de estos gases han ido en aumento en los últimos años, lo cual se debe a la continua actividad humana en el medio ambiente. En el año 2021, se registró a nivel mundial que las concentraciones de dióxido de carbono eran de 415,7 partes por millón (ppm), las de metano de 1 908 partes por billón (ppb) y las de óxido nitroso de 334,5 ppb. Dichos valores representan incrementos de 149 %, 262 % y 124 % respectivamente, de acuerdo con World Meteorological Organization (2022). Con respecto a la contaminación auditiva, se refiere a los niveles excesivos de ruido que afectan negativamente a la salud de los seres vivos. Y estos niveles de ruido se relacionan con los automóviles, ya que el tráfico vehicular es una de las fuentes de ruido más significativas de las zonas urbanas. El sonido de los motores, bocinas, y más, contribuyen a la contaminación auditiva, y de la misma forma esta clase de contaminación puede llegar a ser perjudicial para la salud de los habitantes.

A pesar de las tendencias globales, en algunos lugares se ha logrado avances significativos en la reducción de los GEI. En Ecuador, la generación de estos gases ha sido objeto de atención desde el año de 2014, en donde se registraron niveles de CO₂ los cuales rondaban en 5 922 miles de toneladas. Sin embargo, en los años posteriores, se ha evidenciado una notable disminución en estas emisiones. Según el Ministerio de Energía y Minas (2022), para el año 2022, se presentaron valores reducidos, alcanzando los 2 648 miles de toneladas de CO₂. Estas cifras manifiestan un compromiso hacia la mitigación del cambio climático a nivel nacional. No obstante, estos datos a nivel nacional como a nivel mundial ejercen un cambio climático violento lo que afecta a los ecosistemas, la biodiversidad y en general a la vida humana. Es por ello, que se necesitan soluciones sostenibles que reduzcan la dependencia de los combustibles fósiles y las emisiones de GEI. Una de las soluciones para reducir en cierta medida la emisión de GEI es el transporte sostenible, esta solución se basa en la utilización de sistemas de transporte que brindan un impacto medio ambiental mínimo. Este tipo de transporte prioriza la eficiencia energética y la disminución a la dependencia de los combustibles fósiles. Entre los medios de transporte sostenibles se incluyen el transporte público, bicicleta, automóviles

eléctricos, scooters y caminar. En particular, en la ciudad de Loja se posee una infraestructura de ciclovías que se extiende desde el parte norte hasta la parte sur, comenzando en el parque Jipiro y llegando hasta el parque Lineal, atravesando el centro urbano. Estos tramos facilitan a los ciclistas la movilidad durante las horas pico, incentivando el uso de la bicicleta como opción viable para reducir las emisiones de GEI y mejorar la calidad de vida.

Además, instituciones educativas del país fomentan buenas prácticas sostenibles para el medio ambiente. Tal es el caso del Centro de Investigación e Innovación y Tecnología (I2TEC) de la Universidad Nacional de Loja, la cual desarrolla tecnología innovadora y se compromete a mejorar la conservación del medio ambiente a través de tecnología y la innovación. Adicional, posee un vehículo de transporte sostenible, precisamente una bicicleta eléctrica. La misma tiene las características de soportar un peso de 95Kg, un motor brushless de 1000W y su batería de 13 Ah que le permite tener una autonomía de 37Km. Dicha bicicleta es de libre acceso para docentes y estudiantes de la institución educativa para la movilización dentro del campus universitario.

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo el abordar la problemática existente en el I2TEC, que carece de un sistema de monitoreo para la bicicleta con respecto a los parámetros del nivel de batería y su ubicación. Asimismo, no se dispone de un sistema de gestión de usuarios que accedan a la bicicleta ni del tiempo de uso de esta. El desconocimiento de dichos parámetros puede traer consigo gastos en temas de mantenimiento, pues al no estar al tanto del estado de la bicicleta, se puede llegar a estropear algún elemento o dispositivo importante, como pueden ser la batería, componentes electrónicos, motor, entre otros.

Para resolver estos inconvenientes, se desarrollará un sistema de gestión para la bicicleta, que incluye una aplicación móvil y una página web. La aplicación móvil permitirá a los usuarios de la institución reservar la bicicleta en horarios específicos y monitorear si la bicicleta se encuentra en la estación o en recorrido, así mismo proporcionar un estimado del estado de la batería. La página web se enfocará en hacer un seguimiento en tiempo real del medio de transporte. En la cual se verá la ruta que está realizando o que realizó, y los kilómetros que lleva recorriendo o ha recorrido. De la misma forma, se implementará un sistema de autenticación en la aplicación, sobre quien está haciendo uso de la bicicleta, esta autenticación se la realizará por medio de correo electrónico institucional, es decir, que solo admitirá el ingreso a personas de la institución, puesto que, sin dicha autenticación no se tendrá el grado de seguridad adecuado, tanto para el usuario como para el medio de transporte.

La intención del proyecto es que la bicicleta sea utilizada solamente dentro del campus universitario y no para el transporte fuera de la institución. Este enfoque no solo beneficia al I2TEC al garantizar el uso adecuado y el mantenimiento oportuno de la bicicleta, sino que también sienta las bases para futuras implementaciones de este sistema en todo el campus universitario. Al hacerlo, se contribuye a que la institución sea un entorno eficiente, sostenible y tecnológicamente avanzado. La creación de este sistema de gestión y monitoreo no solo resolverá la problemática actual, sino que también promoverá un uso responsable y controlado con los recursos de la institución.

En cuanto a trabajos relacionados, se destaca una implementación de una aplicación móvil para préstamo de bicicletas públicas en Perú, la cual dicha aplicación según Contreras & Pillaca (2017) se enfoca para uso de los ciudadanos, en la misma se brinda información del servicio en tiempo real, la funcionalidad de reserva de bicicleta, y además de brindar información sobre el estado del tráfico en ciertas zonas de San Borja. En cambio, con respecto al proyecto de titulación se propone integrar un dispositivo de rastreo en tiempo real, brindando así al administrador un control sobre la gestión de las rutas que hace el usuario, así mismo, el incorporar un sistema de autenticación, con la finalidad de dar a conocer quién es la persona que está haciendo uso de la misma, por consiguiente, la aplicación brindará la opción de poder reservar la bicicleta en ciertos horarios de tiempo, todo esto propone una solución a la problemática existente.

Con respecto a la estructura del proyecto, este consta de 3 capítulos que fueron diseñados en función de los objetivos planteados, los cuales se describen a continuación:

- Diseñar un sistema de gestión de inventario de bicicletas para I2TEC utilizando tecnología inalámbrica y aplicación web.
- Integrar un sistema de monitoreo a nivel de software y hardware en la bicicleta para I2TEC.
- Presentar y validar el funcionamiento y operación del sistema de monitoreo a través de un análisis del uso de la bicicleta.

Lo que comprende al alcance del Trabajo de Integración Curricular se enfocará en proporcionar una aplicación móvil para el campus universitario y una página web para el administrador del sistema. A través de la aplicación se reservará la bicicleta eléctrica de una forma ordenada y eficiente. Y la página web es para el monitoreo de la ubicación de la bicicleta, específicamente dentro del campus de la Universidad Nacional de Loja.

4. Marco Teórico

Diversas investigaciones han desarrollado aplicaciones móviles con bicicletas, promoviendo su uso como medio de transporte sostenible y abordando diferentes aspectos de seguridad y funcionalidad. Soto (2017) propone una intervención en la movilidad de Bogotá a través de una aplicación móvil respaldada por un motor analítico que genera datos sobre el uso de la bicicleta, facilitando la toma de decisiones en infraestructura. Por otro lado, Barbosa et al. 2024 diseñan una aplicación orientada a fomentar el comportamiento seguro de los ciclistas en Bogotá.

Así mismo en investigaciones anteriores se ha podido evidenciar que se ha realizado sistemas de seguridad y alertas para los medios de transporte como lo son las bicicletas, según (Pazmiño, 2022) menciona en su trabajo se centra en un constante monitoreo de la bicicleta por medio de tecnología GPS para aumentar el nivel de seguridad, con la ayuda de sistemas embebidos envían alertas del estado actual del vehículo al teléfono celular. De la misma forma en (Gonzalez, Jaime, & Romero, 2017) se tiene el mismo enfoque de (Pazmiño, 2022) en el cual es un monitoreo en tiempo real del vehículo la única diferencia son las zonas de aplicación de los trabajos y los diferentes componentes del dispositivo realizado el monitoreo.

Del presente trabajo de investigación se pretende agregar al sistema de monitoreo un sistema de gestión de usuarios, el cual servirá como autenticador para las personas que quieran dar uso a la bicicleta con la finalidad de obtener datos del tiempo de uso, ruta realizada, todo aquello se lo ejecuta para dar una buena gestión al medio de transporte.

4.1. Transporte sostenible

El transporte contribuye en gran medida a la generación de gases contaminantes en el medio ambiente, como lo es el dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y más, lo que ocasiona un cambio climático y aumento de los gases de efecto invernadero, es aquí donde nace el transporte sostenible para mitigar en cierta medida todos los cambios climáticos que afectan al planeta. Este tipo de transporte se esfuerza por satisfacer las necesidades de movilidad de la población sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras.

El transporte sostenible cumple la característica de reducir el consumo de energía y apuesta por las energías limpias y renovables. Antoja (2023) afirma lo siguiente:

Más del 50 % de los habitantes del planeta viven en ciudades. En 2015, cerca de 4 000 millones de personas vivían en ciudades, y se prevé que este número aumente hasta unos

5 000 millones en 2030. Esta aglomeración en las áreas urbanas ha planteado un nuevo reto en cuanto a transporte sostenible.

4.1.1. Tipos de transporte sostenible

Dentro de los medios de transporte sostenible se pueden mencionar que existen varios tipos dependiendo de sus características físicas incluyendo, dimensiones, rendimiento, componentes, etc., a continuación, se mencionarán algunos de estos tipos:

4.1.1.1. Bicicleta. El uso de bicicletas, ya sean personales o compartidas, es una elección popular entre la mayoría de los ciudadanos. Esta forma de transporte es la más ecológica y beneficiosa para la salud. Con la reciente llegada de las bicicletas eléctricas, que incorporan un motor para facilitar el pedaleo, se han ampliado aún más las opciones de movilidad sostenible (Antoja, 2023).

Una bicicleta eléctrica está constituida por varios componentes esenciales, los cuales se consideran de gran importancia y se ilustran en la Figura 1. A continuación, se describen detalladamente estos componentes:



Figura 1. Componentes de una bicicleta

Fuente: Tomado de (CRN, 2016)

- **La pantalla o consola:** Haciendo referencia a Plaza (2023) menciona que el display, pantalla o consola permite al ciclista acceder a información y controlar diversos parámetros y características de la bicicleta. Estas pantallas muestran la velocidad actual, la distancia recorrida o el nivel de carga de la batería. Algunas versiones ofrecen información más detallada e incluso permiten la conexión Bluetooth a aplicaciones móviles o relojes inteligentes para el registro de datos.

- **Motor Brushless:** Los motores eléctricos brindan asistencia al pedaleo, facilitando y haciendo más cómodo el ciclismo. Pueden estar situados en la rueda delantera, trasera o en el eje de pedalier. Los motores ubicados en las ruedas, también conocidos como motores de buje o cubo, son los más comunes en bicicletas eléctricas básicas, ya que son más fáciles y económicos de instalar. Estos motores proporcionan una asistencia suave y constante, pero pueden influir en la estabilidad y manejo de la bicicleta, al añadir peso en uno de los extremos de la bicicleta eléctrica o e-bikes (Plaza, 2023).
- **Controlador:** La función del controlador de acuerdo con Navalón (2018) es el de alimentar al motor por medio de impulsos eléctricos. Este controlador será el cerebro encargado de gestionar el Sistema de Pedaleo Asistido (también denominado P.A.S. o Pedelec). Este sistema incorpora un sensor que detecta la velocidad del pedaleo u otros transductores que detectan la fuerza transmitida a los pedales. Al presionar el pedal o al dar vueltas el plato, el controlador registra esta señal del sensor y proporciona la energía al motor para que éste asista al avance de la bicicleta a una velocidad y fuerza calculadas. Cuando se deja de pedalear o se acciona el freno, el motor deja de funcionar. (p. 29).
- **Sensor de pedaleo:** El sensor de pedaleo, conocido como PAS, detecta cuándo y con qué frecuencia se pedalea, activando el motor para ofrecer asistencia al pedaleo. Navalón (2018) menciona que el sensor de pedaleo en la gran mayoría de controladores actuales es de asistencia variable, se recibirá más ayuda del motor cuanto más rápido se pedalee, y menos ayuda si se pedalea despacio. De esta manera puede variar la asistencia según la cadencia de pedaleo que le resulte más cómoda al usuario. Por otro lado, hay diferencias en el número de imanes utilizados en los sensores PAS. Esto crea diferencias de funcionamiento sustanciales dependiendo de qué disco se use y tiene un impacto negativo en los recién iniciados en las e-bikes debido a que, con un mayor número de imanes, se aumenta el número de conmutaciones del sensor que son detectadas por el microcontrolador, lo cual crea el falso efecto de “mayor velocidad”. (p. 120).
- **Batería:** Las baterías almacenan y proporcionan energía al motor eléctrico. En bicicletas eléctricas, pueden variar en tamaño, forma, capacidad y tecnología, siendo su elección crucial para la autonomía, rendimiento y vida útil de la bicicleta. Generalmente, las baterías están hechas de celdas de iones de litio, que son ligeras,

potentes y duraderas. Estas celdas se agrupan en paquetes con distintos voltajes y amperajes, determinando así la capacidad total de la batería (Plaza, 2023).

4.1.1.2. Patinetes eléctricos. Las últimas tendencias en transporte sostenible son los patinetes eléctricos. Su motor eléctrico le permite realizar entre 70 y 100 kilómetros, suficientes para trayectos por la ciudad o interurbanos de media distancia. Reducen mucho la contaminación acústica y la atmosférica, y se calcula que resultan más rentables a corto plazo por el ahorro en mantenimiento y el gasto de combustible, entre otros gastos. Incluso sus reparaciones son más limpias (Romero, 2022).

4.1.1.3. Transporte público. Este medio de transporte no resulta tan sostenible como otros vehículos. Según con Romero (2022) menciona que el transporte interurbano y el bus urbano emite, respectivamente, 32 y 49 gCO₂/pKm a la atmósfera. Son cifras altas en comparación con la bici o la moto eléctrica, pero, de nuevo, tienen la capacidad de transportar a muchos pasajeros en un solo trayecto. Este punto es aquel que incrementa la eficiencia de este medio de transporte. Por lo tanto, desde el punto de vista ambiental, siempre será mejor optar por el transporte público.

4.1.1.4. Coches eléctricos. Se trata de una buena opción para aquellas personas que prefieren la comodidad que ofrece este tipo de vehículos. Las emisiones del coche eléctrico son mucho menores que las de un coche tradicional. El uso de energía eléctrica, la ausencia de emisiones de gases nocivos, su imperceptible sonido o elemento de la autonomía de sus baterías son sus principales ventajas (Santander, 2022)

4.1.2. Beneficios del transporte sostenible

Los principales beneficios de la movilidad sostenible se reflejan en el medio ambiente, economía y salud pública. Algunos beneficios son:

- Mejorar la calidad del aire: reducir las micropartículas y las emisiones de gases de efecto invernadero contribuye a tener un aire más limpio en las zonas urbanas.
- Menor contaminación acústica: fomentar el uso de vehículos silenciosos, como los eléctricos, ayuda a disminuir la contaminación sonora en las ciudades.
- Gestión eficiente del tiempo: ofrecer alternativas de transporte como caminar, andar en bicicleta o usar scooters eléctricos, que no dependen del tráfico, mejora la gestión del tiempo y fomenta las interacciones sociales.
- Desarrollo urbano sostenible: promover espacios verdes y menos contaminantes fomenta actividades al aire libre, mejorando la calidad de vida social.

- Acceso a alternativas económicas de transporte: facilitar el uso de bicicletas, transporte público y vehículos eléctricos proporciona opciones de movilidad más asequibles.
- Reducción de problemas respiratorios: al disminuir la contaminación del aire, se reducen las complicaciones respiratorias, contribuyendo a salvar vidas según la ONU.
- Promoción de la actividad física: incentivar el ejercicio al optar por caminar o andar en bicicleta como medios de transporte diario.
- Cultura de seguridad vial: educar y promover un comportamiento vial responsable establece una cultura de respeto y conciencia entre usuarios y conductores.
- Desarrollo de entornos urbanos más saludables y seguros: un mayor número de peatones y ciclistas crea ciudades más agradables, menos ruidosas y más ecológicas, incentivando entornos urbanos más seguros y saludables (Espinoza, 2023).

En resumen, el transporte genera gases contaminantes, provocando cambio climático. El transporte sostenible busca mitigar este impacto, reduciendo el consumo de energía y usando energías renovables. Más del 50 % de la población vive en ciudades, creando un desafío para el transporte sostenible. Entre los tipos de transporte sostenible están bicicletas, patinetes eléctricos, transporte público y coches eléctricos, cada uno con sus ventajas y desventajas ambientales, así como de su eficiencia.

4.2. Tecnologías inalámbricas

En la actualidad se poseen varios dispositivos electrónicos e inteligentes los cuales están conectados a una red inalámbrica o cableada incluyendo televisores, teléfonos móviles, ordenadores, smartwatch, etc.

Las tecnologías inalámbricas tienen la particularidad de utilizar el medio del aire para transmitir su información, adaptando las señales para una adecuada transferencia. De acuerdo con Salazar (2016) afirma que las tecnologías inalámbricas en algunos casos se utilizan en sustitución a las redes cableadas, mientras que en otros casos se utilizan para proporcionar acceso a ubicaciones remotas. La infraestructura inalámbrica puede ser construida a muy bajo coste en comparación con las alternativas cableadas tradicionales (p. 6).

Existen varias tecnologías inalámbricas las cuales se clasifican por su cobertura, velocidad, frecuencias de trabajo, etc. A continuación, se mencionan algunas tecnologías.

4.2.1. Wifi

Sin lugar a duda el Wi-Fi es la tecnología mayormente utilizada en varios sectores incluyendo escuelas, instituciones, privadas y públicas, centros comerciales y demás. Esta tecnología se desarrolló para dispositivos informáticos móviles, como ordenadores portátiles, pero en la actualidad se utiliza para aplicaciones móviles, dispositivos electrónicos, televisores, cámaras digitales, etc.

La tecnología Wi-Fi según Agarwal (2020) es un sistema que emplea ondas de radio como medio para transmitir y receptar información entre otros dispositivos sin la utilización de ningún cable. Además, es una conexión a Internet de alta velocidad. La red inalámbrica funciona con tres elementos esenciales que son las señales de radio, la antena y el router. Las ondas de radio son las claves que hacen posible la conexión en red Wi-Fi. Los ordenadores y teléfonos móviles están preparados con tarjetas Wi-Fi. La compatibilidad Wi-Fi ha sido el uso de una nueva creación para constituir una red de varios dispositivos conectados en una comunidad de redes.

4.2.2. Redes móviles

Este tipo de tecnología es un servicio público de telecomunicaciones, la cual cumple la principal función de brindar comunicación a todos los usuarios sin importar sus operadoras, ubicación, dispositivo, desplazamiento, y más. La principal diferencia de la telefonía móvil con la fija es la comunicación de los dispositivos no están conectados mediante cables, puesto que utiliza las ondas de radio para efectuar la comunicación de un punto a otro, omitiendo la necesidad de emplear infraestructura física.

El servicio funciona mediante una red de celdas, donde una red móvil consta de una red de estaciones base que cubren un área delimitada (celda) y encaminan las comunicaciones en forma de ondas de radio desde y hasta los terminales de los usuarios como se puede apreciar en la Figura 2 (López, Maldonado, & Macías, 2022).

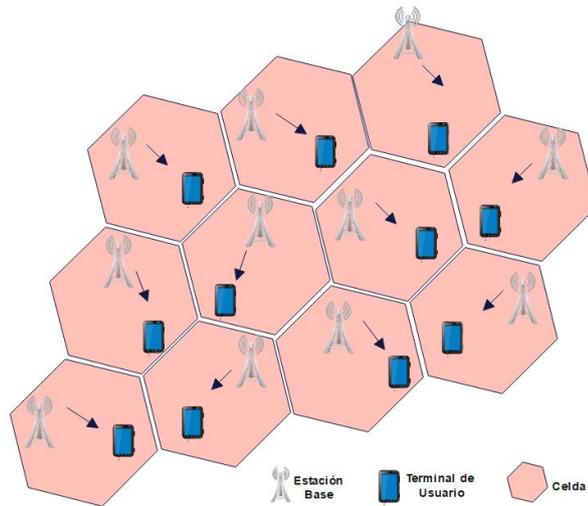


Figura 2. Arquitectura de red móvil

Fuente: Elaboración propia

Dentro de las redes móviles existen tecnologías las cuales han ido evolucionando al pasar de los años, desde su primera tecnología denominada red de telefonía de primera generación o para abreviar 1G, se ha progresado hasta llegar a 5G en la cual su implementación no está presente en el país, pero en algunos países de medio oriente o de la parte de Asia ya cuenta con dicha tecnología. A continuación, se presenta algunas características de cada una tecnología:

4.2.2.1. Primera Generación (1G). La 1G, también conocida como red móvil de primera generación, se introdujo a principios de los años ochenta. Era un sistema celular analógico que permitía la comunicación móvil mediante la tecnología de modulación de frecuencia (FM). La red 1G se diseñó para ofrecer únicamente comunicaciones de voz, tenía velocidades de transferencia de datos alrededor de 2.4kbps (Apeksha Telecom Services Private Limited, 2023).

4.2.2.2. Segunda Generación (2G). La tecnología 2G nació a principios de los años 90 con la introducción de las redes celulares digitales. Según con Ahir (2023) afirma que dicha red móvil utilizaba señales digitales e introdujo técnicas de acceso como acceso múltiple por división de código (CDMA) y acceso múltiple por división de tiempo (TDMA). Las redes 2G mejoraron la calidad de la voz y ofrecieron servicios adicionales como los mensajes de texto (SMS). Y su velocidad de transferencia de datos aumentó a unos 64 kbps, lo que permitió el acceso básico a Internet y al correo electrónico.

4.2.2.3. Tercera Generación (3G). La tercera generación de comunicaciones móviles trajo consigo velocidades de datos más rápidas, lo que permitió a los usuarios navegar por

Internet, enviar correos electrónicos y acceder a contenidos multimedia básicos en sus teléfonos. Este avance sentó las bases de diversas aplicaciones y servicios móviles, transformando los dispositivos móviles en potentes herramientas de información y entretenimiento. Una de las características definitorias de la 3G fue el aumento significativo de los datos y las nuevas oportunidades que ello facilitaba. Esta primera tecnología de videollamadas utilizaba la conmutación de circuitos y se facturaba por minutos, lo que la convertía en una opción cara. (Moore, 2023)

4.2.2.4. Cuarta generación (4G). La tecnología 4G surgió en torno a 2010, aportando mejoras significativas respecto a las redes 3G, ofrecía velocidades de datos aún más rápidas, desde decenas de Mbps hasta cientos de Mbps. Las redes 4G introdujeron tecnologías como LTE (Long-Term Evolution) y WiMAX, que permiten el acceso a Internet de alta velocidad, la transmisión de vídeo y los juegos en línea. Esta tecnología ofrecía menor latencia y mayor capacidad de red, lo que permitía más usuarios simultáneos y un mejor rendimiento general. (Ahir, 2023).

4.2.2.5. Quinta Generación (5G). La tecnología 5G ofrece avances revolucionarios de acuerdo con Ahir (2023) en velocidad, latencia, capacidad y conectividad. Proporciona velocidades de transferencia de datos extremadamente altas, que pueden alcanzar varios gigabits por segundo (Gbps). Las redes 5G tienen una latencia significativamente menor, lo que permite la comunicación en tiempo real y es compatible con tecnologías emergentes como los vehículos autónomos, la cirugía a distancia y las aplicaciones del Internet de las Cosas (IoT). Las redes 5G ofrecen conectividad masiva, lo que permite conectar simultáneamente un gran número de dispositivos con gran fiabilidad y eficiencia.

4.2.3. Ventajas de las Tecnologías inalámbricas

Entre las diversas ventajas que aportan el uso de redes inalámbricas de acuerdo con Valencia (2019) menciona lo siguiente:

- Rango de cobertura: las redes inalámbricas brindan a los usuarios la posibilidad de movilidad en un rango de cobertura determinada, sin perder la conexión a la red.
- Facilidad de implementación: basta con configurar el equipo que proporciona la red, para que los usuarios tengan acceso a la misma.
- Instalación flexible: como no es necesario de ningún tipo de cableado, la instalación es más sencilla, y se puede implementar prácticamente en cualquier lugar.

- Reducción de costo: a pesar de que su costo de inversión sea relativamente alto, el bajo costo de mantenimiento y el uso nulo de cualquier tipo de cableado, hacen que el costo total de implementación de esta red sea bajo en comparación con una red cableada (p. 12-13).

En definitiva, las tecnologías inalámbricas permiten la conexión de dispositivos sin cables, utilizando el aire para transmitir información. Destacan varias tecnologías, como el Wi-Fi, que utiliza ondas de radio para conectar dispositivos a Internet de alta velocidad. Las redes móviles, desde 1G hasta 5G, que han evolucionado significativamente, mejorando la velocidad y capacidad de transmisión de datos. La tecnología LoRa, usada en redes de baja potencia y largo alcance, es ideal para el Internet de las Cosas. Las ventajas de las redes inalámbricas incluyen cobertura amplia, facilidad de implementación, flexibilidad de instalación, reducción de costos y escalabilidad.

4.3. Tecnología de localización

Las Tecnologías de localización es un conjunto de tecnologías y sistemas que permiten determinar la ubicación física y geográfica de un objeto, persona o dispositivo electrónico en un espacio determinado dentro del planeta. Estas tecnologías se basan en una variedad de técnicas y tienen diferentes ámbitos de aplicación, a continuación, se especificará algunas tecnologías:

4.3.1. Sistema GPS

Esta tecnología de Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un sistema de localización en la cual utiliza una red de satélites los cuales se encuentra en la órbita de la tierra y envían su información a los receptores GPS.

La configuración del GPS de acuerdo con (Villegas, 2020) consta de una red de 24 satélites, que se distribuyen en 6 planos orbitales con 4 satélites cada uno, alrededor de la Tierra a una altitud de aproximadamente 20 000 km del suelo. Las órbitas de los satélites se distribuyen de manera que al menos 4 satélites sean siempre visibles desde cualquier punto de la Tierra en cualquier instante dado. Cada satélite lleva consigo un reloj atómico que funciona con una precisión de 1 nano segundo.

4.3.1.1. Funcionamiento del GPS. El uso de sistemas de satélite para determinar la posición se basa en la medición del tiempo de propagación de una señal transmitida por los satélites. A partir del tiempo de propagación, t , se calcula la distancia, s , entre el satélite y el usuario de acuerdo con la fórmula $s = c * t$, donde c es la velocidad de la luz en el vacío ($3 * 10^8$ m/s).

10^8 metros por segundo). Si conocemos la posición del satélite y el tiempo de propagación, la ubicación exacta del objeto queda determinada como una esfera de puntos situados en la misma distancia de la posición del satélite. Esto significa que cada satélite permite determinar una esfera de posibles ubicaciones del usuario. La posición exacta de un objeto está definida por cuatro parámetros: latitud, longitud, altitud, y el tiempo. Para derivar los cuatro parámetros, se deben conocer cuatro esferas; la ubicación del objeto o usuario será la intersección de las cuatro esferas. En el caso ideal, sin error en la estimación de la distancia entre el satélite y el usuario, todas las esferas se cortan en un punto. Como se puede apreciar en la Figura 3, la intersección de los 3 satélites, calculando la distancia con la fórmula 1, se puede obtener la posición exacta de la persona, objeto o dispositivo. (Becvar, Mach, & Pravda, 2013)

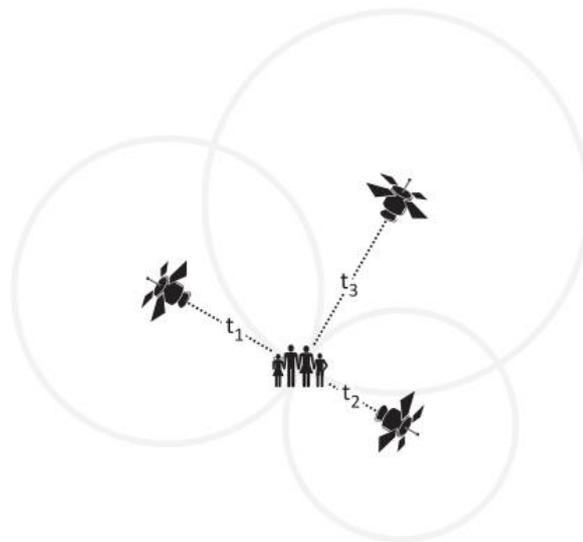


Figura 3. Determinación de la posición del usuario

Fuente: (Becvar, Mach, & Pravda, 2013)

4.3.2. Sistema RFID

Los sistemas RFID se componen de una antena, un lector y la respectiva etiqueta. La ventaja de este sistema de comunicación inalámbrico es que la antena y la etiqueta se comunican sin la necesidad de la línea de visión. Una vez realizada la validación de las etiquetas, la información capturada se envía al sistema central en que todos los datos se actualizan por medio de un enlace seguro y eficaz. Los dispositivos involucrados en el sistema RFID se dividen en receptores y emisores. En los equipos emisores pueden ser pasivos y activos; para las etiquetas se tienen del tipo pasivas y activas. Las etiquetas pasivas comúnmente tienen un alcance de máximo 5 metros (Bonilla & Pullay, 2022)

4.3.2.1. Funcionamiento del RFID. Un sistema RFID consta de tres componentes: una antena de exploración, un transceptor y un transpondedor. Cuando se combinan la antena de exploración y el transceptor, se les denomina lector o interrogador RFID. Hay dos tipos de lectores RFID: lectores fijos y lectores móviles. El lector RFID es un dispositivo conectado a la red que puede ser portátil o estar conectado de forma permanente. Utiliza ondas de radio para transmitir señales que activan la etiqueta. Una vez activada, la etiqueta envía una onda de regreso a la antena, donde se traduce en datos.

El transpondedor está en la propia etiqueta RFID. El rango de lectura de las etiquetas RFID varía en función de factores que incluyen el tipo de etiqueta, el tipo de lector, la frecuencia de RFID y la interferencia en el entorno circundante o de otras etiquetas y lectores RFID. Las etiquetas que tienen una fuente de energía más fuerte también tienen un rango de lectura más largo (Amsler & Shea, 2021)

4.3.3. Beneficios de las Tecnologías de localización

Encontramos una lista innumerable de beneficios que se obtienen con los servicios de Geolocalización para los negocios y que son aprovechados por las empresas, instituciones, de venta minoristas, minera, servicios financieros, seguros, transporte, servicios públicos y gobiernos, etc. Es por lo que (ATISoft, 2020) nos menciona algunos beneficios:

- Obtener resultados de una búsqueda basados en la ubicación.
- Publicidad personalizada en función de tu ubicación.
- Pedir ayuda en caso de emergencia, como por ejemplo un accidente
- Conocer la posición de una flota de vehículos.
- Dar a conocer en redes sociales la ubicación de una foto o un video.
- Distribución y administración de activos.

Resumiendo, las tecnologías de localización permiten determinar la ubicación de objetos, personas o dispositivos en el planeta. El GPS utiliza una red de 24 satélites para calcular posiciones basadas en la distancia y el tiempo de propagación de las señales. Los sistemas RFID usan antenas y etiquetas para comunicar información sin necesidad de línea de visión, con etiquetas pasivas y activas para diferentes alcances. Estos sistemas tienen múltiples beneficios, como resultados de búsqueda basados en ubicación, publicidad personalizada, asistencia en emergencias, rastreo de flotas, y gestión de activos. Estas tecnologías son aprovechadas por diversas industrias, incluyendo transporte, servicios públicos y seguridad.

4.4. Gestión de identidades de usuarios

Una parte primordial en cualquier empresa, institución, centro de investigación, etc., es la gestión de los usuarios con la finalidad de solucionar la administración de identidad y control a los recursos y bienes de dichas instituciones. De la misma forma, se brindará seguridad de los recursos de las organizaciones. La gestión de usuario permite a los administradores controlar el acceso de los usuarios e incorporar y desvincular a los usuarios de los recursos y bienes. Posteriormente, un sistema de gestión identifica, autoriza y verifica el acceso del usuario a los recursos disponibles en las empresas e instituciones (Blanton, 2023).

4.4.1. Beneficios de gestión de identidades y acceso

La tecnología de la gestión de identidades y acceso puede utilizar para iniciar, capturar, registrar y gestionar las identidades de los usuarios y los permisos de acceso relacionados a los bienes de una institución de forma automatizada. Entre los beneficios que destacan Gittlen & Rosencrance (2021) se encuentran:

- Los privilegios de acceso se otorgan de acuerdo con la política y todos los usuarios y servicios que estén debidamente autenticados y autorizados.
- Las instituciones que gestionan adecuadamente las identidades tienen un mayor control del acceso de los usuarios, lo que reduce el riesgo de daños o robo a los recursos de dichas instituciones.
- La automatización de un sistema de gestión de identidades permite a las empresas, instituciones, operar de manera más eficiente al disminuir el esfuerzo, el tiempo y el dinero que se requerirían para administrar manualmente el acceso a sus recursos.
- En términos de seguridad, el uso sistema de gestión de identidades puede facilitar la aplicación de políticas en torno a la autenticación, validación y privilegios de los usuarios.
- Los sistemas de gestión de identidades ayudan a las empresas, instituciones, centro de investigación, etc., a cumplir mejor con las regulaciones al permitirles demostrar que los recursos no se está utilizando indebidamente.

4.5. Aplicaciones Móviles

Una aplicación móvil, según (Rouse, 2020) la define como un tipo de software de aplicación diseñado para ejecutarse en un dispositivo móvil, como un smartphone o una tablet. Las aplicaciones móviles suelen ofrecer a los usuarios servicios similares a los de los

ordenadores personales. Las aplicaciones suelen ser pequeñas unidades de software individuales con funciones limitadas.

Hoy en día los dispositivos móviles están inmersos en nuestra vida cotidiana con los cuales se realizan distintas actividades, ya sea navegar en redes sociales, entretenimiento, trabajo o cualquier tarea en específico. Las aplicaciones móviles se han convertido en un canal de información y comunicación utilizadas en todo el mundo, puesto que, su versatilidad las hace intuitivas y adaptables para usuarios que no tenga conocimiento alguno, además, la disponibilidad presente en las aplicaciones móviles las hace accesibles en cualquier momento del día.

4.5.1. Tipos de aplicaciones móviles

El propósito y funcionalidad de las aplicaciones dependerá de los objetivos para los cuales fueron creadas, así como de los lenguajes de programación y código fuente que se haya utilizado durante su desarrollo. Asimismo, las herramientas y tecnologías empleadas en la construcción de la aplicación influirán en sus características y capacidades al momento de su lanzamiento. Como lo menciona Pinos (2017), existen tres tipos de aplicaciones:

4.5.1.1. Nativas. Deberá mantener actitudes nativas típicas de una serie específica de dispositivos por lo que carece de soporte y compatibilidad con múltiples plataformas; están desarrolladas mediante un lenguaje de programación específico. Al ser único de un sistema este tendrá como ventaja un mejor soporte y uso de recursos del hardware además de fluidez y uso independiente de la conexión a redes.

4.5.1.2. Web. La aplicación se desarrolla en un lenguaje compatible con todos los dispositivos que poseen acceso a navegadores de Internet y conexión a la misma, así que será posible su programación independiente del sistema operativo al que desea tener como objetivo. El contenido de la aplicación deberá ser responsive (adaptable a cualquier pantalla en la que se proyecta) y de distribución directa.

4.5.1.3. Híbridas. Es la combinación de las dos anteriores tomando lo mejor de las dos, esta permitirá ser utilizada en todos los dispositivos y además acceder a una gran parte del hardware por lo que tendrá un mejor control y compatibilidad mediante lenguajes de programación Web por lo que su distribución sería más directa sin pasar por una tienda de aplicaciones como sucede en las aplicaciones nativas.

4.6. Framework

Un framework o marco de trabajo de software es una estructura que sirve como la base para la creación de aplicaciones de software. Según O'Grady (2024) se lo puede comparar como una plantilla predefinida, en la cual se puede personalizar agregando código en concreto. Los framework utilizan recursos compartidos como: bibliotecas, archivos, documentos y más, todo esto se agrupa en un paquete, dicho paquete se lo puede ajustar para resolver particularidades del proyecto en desarrollo. Gracias a los framework, los desarrolladores tienen la capacidad de agregar o reemplazar funcionalidades dependiendo a las características de sus proyectos.

Un framework incluye funcionalidades adicionales a un lenguaje de programación, automatizando muchos de los patrones de programación para un propósito específico, proporcionando una estructura clara al código, mejorándolo y haciéndolo más comprensible. También permite dividir la aplicación en capas. Según Martínez et al. (2010) una aplicación se organiza en tres capas:

- La lógica de presentación que gestiona las interacciones entre el usuario y el software.
- La lógica de datos, que facilita el acceso a un almacenamiento persistente a otros recursos.
- La lógica de negocios, la cual manipula los modelos de datos según las órdenes recibidas desde la capa de presentación.

Se puede mencionar tres frameworks más populares para el desarrollo de aplicaciones móviles los cuales son Flutter, Xamarin y React Native, los cuales cuentan con sus propias características que se detallan a continuación.

4.6.1. *Flutter*

Flutter es un framework que tiene tecnología híbrida la cual se basa en un conjunto de herramientas de interfaz de usuario, es desarrollada por Google y basada en el lenguaje Dart, permite crear aplicaciones nativas para Android e iOS. Una de sus funcionalidades a la hora del desarrollo es el hot reload (recarga en caliente) el cual permite realizar cambios sin necesidad de recompilarlas por completo (Flutter, s.f).

4.6.1.1. Características de flutter. El framework de flutter posee algunas características de acuerdo con Pellicer de Juan (2021, p. 45) se menciona las siguiente:

- Posibilitar el desarrollo para varias plataformas.

- Acceso a funciones nativas.
- Funcionalidad Hot Reload para facilitar las pruebas durante el desarrollo.
- Buen rendimiento (compilación a código nativo).
- Compatibilidad con otras herramientas.
- Su curva de aprendizaje es moderada gracias a su amplia documentación y tutoriales.
- Dispone el framework en código abierto y gratuito.

Todas estas características mencionadas hacen que flutter sea versátil para el desarrollo de aplicaciones móviles, es accesible para toda clase de programadores, ya sea con experiencia o con poca experiencia, además posee una variedad de paquetes que admiten hardware y demás servicios.

4.6.2. React Native

React Native es un framework de código abierto el cual fue desarrollado por Facebook. Según Róg & Naborshchikov (2023) este framework permite a los desarrolladores crear aplicaciones móviles utilizando JavaScript y React. React Native está diseñado para crear aplicaciones móviles nativas para plataformas iOS y Android a partir de una sola base de código, ofreciendo un enfoque similar a Flutter para el desarrollo multiplataforma.

4.6.2.1. Características de React Native. Es importante considerar las características de React Native. De acuerdo con Róg & Naborshchikov (2023) detallan algunas características de ellas:

- Hot Reload la cual es similar a la de flutter que permite a los desarrolladores ver los cambios inmediatamente sin necesidad de recompilar la aplicación.
- Rendimiento nativo, aunque no compila directamente a código nativo, utiliza un puente para la comunicación entre JavaScript y código nativo.
- Dispone de un ecosistema de librerías y módulos de terceros accesibles a través del gestor de paquetes npm.
- Cuenta con una sólida comunidad de desarrolladores que contribuyen activamente al crecimiento y mejora del framework.
- La curva de aprendizaje de este framework es corta puesto que no es compleja y posee una sintaxis simple.
- Código abierto y gratuito.

4.6.3. Xamarin

Xamarin es un framework para desarrollar aplicaciones móviles que permite a los desarrolladores utilizar C# y .NET para crear aplicaciones compatibles con iOS, Android y Windows. Según De Imagina (2024) ofrece una forma de compartir código entre múltiples plataformas, al tiempo que permite el acceso a funcionalidades específicas de cada sistema operativo. Este framework es parte de las herramientas de Microsoft para el desarrollo de aplicaciones las cuales integran perfectamente con su ecosistema.

4.6.3.1. Características de Xamarin. Se debe de tener en cuenta las características principales de este framework, de acuerdo con Martin (2024), menciona las siguiente:

- Completo framework de aplicaciones multiplataforma.
- Alto rendimiento al utiliza código nativo compilado, lo cual ofrece un rendimiento comparable a las aplicaciones nativas.
- Posee una comunidad activa y bibliotecas .NET.
- Xamarin es propiedad de Microsoft lo cual es una opción para un desarrollo empresarial por su soporte técnico.
- C# es un lenguaje orientado a objetos, puede ser desafiantes para programadores principiantes.
- Gratuito para pequeños equipos.

Los frameworks de desarrollo de aplicaciones móviles como Flutter, React Native y Xamarin ofrecen diversas ventajas que facilitan y mejoran el proceso de programación. Flutter, con su tecnología híbrida y hot reload, permite un desarrollo rápido y eficiente. React Native, al utilizar JavaScript y React, proporciona una solución flexible y potente con un sólido ecosistema de librerías y comunidad. Por último, Xamarin, con su integración de C# y .NET ofrece un alto rendimiento y es una excelente opción para desarrolladores empresariales gracias al soporte de Microsoft.

4.7. Base de datos

Una base de datos es una colección de datos relacionados o en simples palabras es un repositorio de archivos de cualquier índole. Dichos datos o archivos suelen tener propósito específico con lo cual deben de ser fiables y precisos. Un sistema de base de datos haciendo referencia a Gunjal (2003, p. 2) no es más que un sistema informático de mantenimiento de registros, es decir, un sistema cuyo objetivo general es registrar, gestionar y mantener información/datos.

4.7.1. Características de las bases de datos

Las bases de datos poseen diversas características que las hacen fundamentales para la gestión eficiente de la información en un proyecto. Según Raventós (2013), define las siguientes características:

- Integración de toda la información de la organización (ausencia de redundancia y de inconsistencia).
- Persistencia de los datos (disponibilidad inmediata para almacenamiento en memoria secundaria).
- Accesibilidad simultánea y concurrente para diferentes usuarios (compartición de la información).
- Descripción unificada de los datos (almacenamiento conjunto de los datos y de la definición de las estructuras) e independiente de las aplicaciones.
- Definición de vistas parciales de los datos para diferentes usuarios.
- Gestión de los datos (manipulación de los datos y mantenimiento de la base de datos).
- Mantenimiento de la integridad (calidad y corrección) y la seguridad (accesos autorizados) de los datos.
- Flexibilidad (utilización de diferentes métodos de acceso con tiempos de respuesta pequeños)

4.7.2. Base de datos relacional

Una base de datos relacional es una colección organizada de datos estructurados en tablas formales, lo que permite el acceso y la reconfiguración de la información de diversas maneras. Estas bases están compuestas por tablas, conocidas como relaciones, que contienen categorías de datos representados en columnas, similar a las hojas de cálculo. Cada fila dentro de una tabla representa una instancia única de datos para la categoría correspondiente. Al diseñar una base de datos relacional, se define un conjunto de valores posibles para los datos y se establecen restricciones específicas. La característica que hace que estas tablas sean “relacionales” es la conexión entre ellas. La mayoría de las bases de datos relaciones emplean el Lenguaje de Consulta Estructurado (SQL) para la gestión y modificación de los datos almacenados (Jatana, Puri, Ahuja, Kathuria, & Gosain, 2012).

4.7.2.1. Ventajas de una base de datos relacional. Las bases de datos relaciones ofrecen múltiples beneficios que optimizan la gestión de información y mejoran la eficiencia operativa

de las organizaciones. A continuación, se detallan algunas de las ventajas más significativas (Córdova & Cuzco, 2013):

- Actualización de la información es mucho más rápida.
- Reducción de información repetida durante el ingreso de datos.
- Permite una personalización adecuada hacia proyectos, ya que proveen de herramientas para el desarrollo y adaptación de requerimiento individuales.
- Permite controlar la mayoría de los procesos, a través de módulos.
- Disponibilidad de la información desde cualquier parte, si la aplicación o proyecto se orienta en la web.
- Disposición de información precisa y actualizada en momentos justos.
- Con SQL es fácil realizar consultas complejas, por lo que los usuarios sin conocimientos técnicos pueden aprender a trabajar con bases de datos.

4.7.3. Bases de datos no relacional

Las bases de datos no relaciones son aquellas bases de datos que no almacenan los datos en forma relacional y, en su mayoría, no utilizan SQL como lenguaje de consulta, por eso también se denominan bases de datos NoSQL. Estas bases de datos manejan varios tipos de datos como gráficos, objetos y muchos otros. Estas bases de datos manejan datos semiestructurados y no estructurados de manera muy eficiente que las bases de datos relaciones no pueden manejar. Además, estas bases de datos pueden manejar una gran cantidad de datos en entornos distribuidos porque son altamente escalables y el costo y la complejidad de la fragmentación son menores en comparación con las relaciones (Kaur, Kaur, & Kaur, 2013).

4.7.3.1. Tipos de bases de datos no relacional. Las bases de datos NoSQL se dividen en varios tipos, cada uno con características y usos específicos que se adaptan a diferentes necesidades. Según Sadalage (2014), los principales tipos de bases de datos NoSQL son los siguiente:

- **Bases de datos clave-valor**

Los almacenes clave-valor son los sistemas de datos NoSQL más simples de usar desde la perspectiva de una API. El cliente puede realizar tres operaciones básicas: obtener el valor asociado a una clave, almacenar un valor para una clave o eliminar una clave del sistema de almacenamiento. El valor almacenado es un “blob” que el sistema guarda sin preocuparse ni conocer su contenido; es responsabilidad de la aplicación comprender lo que se ha almacenado.

Dado que estos sistemas siempre utilizan el acceso mediante una clave primaria, suelen ofrecer un alto rendimiento y se pueden escalar fácilmente.

- **Bases de datos documentales**

En las bases de datos documentales, los documentos son el concepto central. Estas bases de datos almacenan y recuperan documentos, que pueden estar en formatos como XML, JSON, BSON, entre otros. Los documentos son estructuras de datos en forma de árbol jerárquicas y autodescriptivas, que pueden incluir mapas, colecciones y valores escalares. Aunque los documentos almacenados son similares entre sí, no tienen que ser idénticos. En esencia, las bases de datos documentales almacenan documentos en la parte de valor de un sistema de clave-valor; es útil pensar en ellas como almacenes de clave-valor donde el valor puede ser examinado y consultado.

- **Almacenes de familias de columnas**

Las bases de datos con familias de columnas organizan los datos en familias de columnas, donde cada familia agrupa filas que tienen muchas columnas asociadas a una clave de fila. Las familias de columnas son conjuntos de datos relacionados a los que se suelen acceder juntos. Por ejemplo, para un cliente, se podría acceder simultáneamente a la información del perfil, pero no necesariamente a sus pedidos.

Cada familia de columnas se puede comparar con un contenedor de filas en una tabla de una base de datos relacional, donde la clave identifica la fila y esta fila tiene varias columnas. La diferencia principal es que, en las bases de datos con familias de columnas, las filas no necesitan tener las mismas columnas, y se pueden añadir nuevas columnas a cualquier fila en cualquier momento sin necesidad de añadirlas a otras filas.

- **Bases de datos gráficas**

Permiten almacenar entidades y las relaciones entre ellas. Estas entidades, llamadas nodos, tienen propiedades y pueden considerarse como instancias de objetos en una aplicación. Las relaciones entre los nodos se llaman aristas y también pueden tener propiedades. Las aristas tienen una dirección, lo que significa que los nodos se organizan según estas relaciones, permitiendo descubrir patrones interesantes entre ellos. Esta estructura gráfica permite almacenar los datos una vez y luego interpretarlos de diversas maneras según las relaciones existentes.

4.7.3.2. Ventajas de una base de datos no relacional. Las bases de datos NoSQL ofrecen múltiples ventajas que las hacen ideales para ciertas aplicaciones que requieran de velocidad, capacidad y más. A continuación, según Córdova & Cuzco (2013) menciona las siguiente:

- Velocidad en el tiempo de respuesta, ya que los usuarios necesitan que las necesidades sean resueltas en el menor tiempo posible.
- La cantidad de información que se puede almacenar en un instante dado.
- El escalamiento es sencillo puesto que se busca la manera de añadir más servidores para manejar más cargas de datos.
- La economía de estas bases de datos utiliza servidores de bajo costo para la administración de los datos y el volumen de las transacciones que realicen. El costo por gigabyte por segundo para estas bases puede ser mucho menor que el costo de las bases de datos relaciones.
- Consultas más rápidas, a diferencia de las bases de datos relacionales, NoSQL está optimizado para realizar consultas rápidas. Por lo general, NoSQL no requiere uniones complejas, lo que significa que las consultas de bases de datos muestran resultados rápidos.

4.7.4. Firebase

Firebase de Google es una plataforma en la nube para el desarrollo de aplicaciones web y móvil. Está disponible para distintas plataformas (iOS, Android y web), con lo que es más rápido trabajar en el desarrollo.

Sus herramientas son variadas y de fácil uso, considerando que su agrupación simplifica las tareas de gestión a una misma plataforma. Las finalidades de estas se pueden dividir en cuatro grupos: desarrollo, crecimiento, monetización y análisis. Es especialmente interesante para que los desarrolladores no necesiten dedicarle tanto tiempo al backend, tanto en cuestiones de desarrollo como de mantenimiento así lo manifiesta (López S. , 2020).

4.7.4.1. Características de Firebase. Firebase posee varias características haciendo referencia a Giraldo (2019) y Castelo (2024) menciona las siguiente:

- Es una herramienta soportada en múltiples plataformas: Firebase, se encuentra disponible para las principales plataformas móviles, ya sea Android, IOS o la Web.
- Permite un desarrollo gratuito de aplicaciones: Esta plataforma digital, no pide pagar para la iniciación y uso de la misma.

- FlutterFire es una función de Firebase CLI que permite configurar una aplicación creada en Flutter para que puedas utilizar los servicios de Firebase.
- Genera crecimiento y desarrollo en aplicaciones: Esta es una de las características más importantes, puesto que se centra en el objetivo primordial de todo lo que es Firebase. Mediante los servicios ofrecidos, permite que puedas desarrollar de una forma sencilla, segura y rápida tus aplicaciones en el dispositivo que te encuentres.
- Desarrollo rápido de aplicaciones: Firebase ofrece una amplia gama de funciones listas para usar, como autenticación de usuarios, almacenamiento en la nube, base de datos en tiempo real y más.
- Escalabilidad: Firebase es altamente escalable, lo que significa que sus aplicaciones pueden manejar una gran cantidad de usuarios y operaciones simultáneas sin comprometer el rendimiento, Esto es especialmente importante para aplicaciones que necesitan manejar picos de tráfico.
- Alojamiento y almacenamiento en la nube: Firebase ofrece alojamiento en la nube para sus aplicaciones, lo que permite implementar y alojar la aplicación fácilmente. Además, puede almacenar y recuperar datos de Firebase Cloud Firestore, una base de datos NoSQL en tiempo real o Firebase Realtime Database.
- Autenticación de usuario: Firebase Authentication facilita la autenticación de usuarios en su aplicación al admitir múltiples métodos de autenticación, como correo electrónico/contraseña, autenticación social (Google, Facebook, Twitter) y autenticación telefónica.
- Análisis de datos. Firebase proporciona capacidades de análisis que le permiten realizar un seguimiento del rendimiento de su aplicación, comprender el comportamiento del usuario y tomar decisiones informadas basadas en los datos que recopila.

4.7.5. Supabase

Supabase es una plataforma de backend como servicio (BaaS) de código abierto que ofrece una alternativa a Firebase. Utiliza PostgreSQL como su base de datos, permitiendo construir aplicaciones altamente eficientes y de alto rendimiento con mínima configuración. Al ser una solución sin servidor, Supabase facilita la configuración del backend sin necesidad de desarrollar un servidor personalizado. A diferencia de Firebase, que es NoSQL, Supabase es una opción SQL, brindando todas las ventajas y características avanzadas de las bases de datos SQL (Kosisochukwu, 2024).

4.7.5.1. Características de Supabase. Supabase ofrece numerosos beneficios a los desarrolladores. De acuerdo con Castelo (2024) destaca las siguientes:

- Base de datos potente: Supabase utiliza PostgreSQL, un sistema de gestión de bases de datos relacional robusto y confiable. Esto le permite aprovechar características avanzadas como compatibilidad con ACID, consultas complejas, índices y activadores.
- Autenticación integrada: Supabase facilita la incorporación de autenticación en sus aplicaciones con opciones listas para usar. Esto incluye autenticación por correo electrónico y contraseñas, así como autenticación social (como Google) y terceros.
- Almacenamiento de archivos: Con Supabase, puede almacenar y gestionar fácilmente archivos como imágenes, videos, y documentos. Esto es ideal para aplicaciones que necesitan cargar y guardar archivos para sus usuarios.
- API sin servidor: Supabase permite crear API sin servidor de manera rápida y sencilla. Puede exponer los datos de su base de datos como puntos finales personalizados, lo que facilita la comunicación segura y eficiente entre sus aplicaciones y la base de datos.
- Actualizaciones en tiempo real: Supabase soporta actualizaciones en tiempo real, permitiendo que sus aplicaciones reciban notificaciones instantáneas cada vez que los datos cambian. Esto es útil para aplicaciones que requieren notificaciones inmediatas, como chats o paneles de monitoreo.

4.7.6. Xano

Es la plataforma de desarrollo de backend la cual no requiere un código, por lo que la experiencia de desarrollo será más fácil. Esto hace que sea eficiente para las pequeñas y medianas empresas para desarrollar proyectos.

Xano incluye una interfaz intuitiva lo que la hace fácil de navegar y de entender, incluso para aquellos con experiencia limitada en el desarrollo de backend, Gracias a la función de arrastrar y soltar, los desarrolladores pueden crear bases de datos y definir puntos finales de API sin esfuerzo, lo que reduce el tiempo y el esfuerzo necesario para la creación de aplicaciones solidas (Clark, 2022).

4.7.6.1. Características de Xano. La base de datos de Xano brinda varias características y funcionalidades de acuerdo con el tipo de proyecto o aplicación que se desea

desarrollar. De acuerdo con Iglesias (2023) y Kiguolis (2024) mencionan las siguientes características:

- Autenticación es la forma en el cual el backend gestiona y permite a los usuarios acceder a ciertas áreas y funcionalidades de la aplicación.
- Almacenes de datos, Xano puede utilizarse para almacenar datos en una base de datos flexible relacional o no relacional. Es compatible con PostgreSQL.
- Aplicaciones en tiempo real puesto que, puede utilizarse para crear aplicaciones en tiempo real utilizando WebSockets. Esto significa que sus aplicaciones pueden actualizarse en tiempo real a medida que cambian los datos.
- Escalabilidad ya que está construido sobre una infraestructura escalable capaz de gestionar grandes volúmenes de tráfico, lo que lo hace ideal para aplicaciones de producción.
- Xano proporciona a los desarrolladores amplios recursos para ayudarles a empezar y navegar por la plataforma con eficacia. La documentación está bien estructurada e incluye guías detalladas, tutoriales y ejemplos
- Xano se integra fácilmente con otras herramientas y servicios, como Stripe, SendGrid o Slack, lo que significa que puedes conectar tu base de datos con otras aplicaciones de manera sencilla y sin tener que escribir código.

En resumen, el capítulo aborda los conceptos y características fundamentales de las bases de datos, tanto relaciones como no relacionales, y su importancia en la gestión eficiente de la información en proyectos. Se explican las bases de datos relacionales, destacando su estructura en tablas y en el uso de SQL, así como sus ventajas, como la rápida actualización de información y la reducción de redundancia. También se detalla las bases de datos NoSQL, que manejan datos semiestructurados y no estructurados, y se mencionan sus tipos principales: clave-valor, documentales, de familia de columnas y gráficas, de la misma forma como sus beneficios y su alta escalabilidad. Asimismo, se presenta Firebase una plataforma en la nube para el desarrollo de aplicaciones web y móviles, con características primordiales como escalabilidad, autenticación de usuarios y análisis de datos. Luego se describe Supabase y Xano como alternativas a Firebase, destacando sus características y beneficios específicos para desarrolladores, como la autenticación integrada, almacenamiento de archivos y capacidad de manejo en tiempo real.

4.8. Alojamiento web

4.8.1. 000WebHost

000WebHost es uno de los proveedores de alojamiento web que ofrece servicios de hosting para crear sitios web sin incurrir en costos iniciales. Es una opción viable para personas con poco conocimiento en programación y proyectos pequeños debido a su facilidad de uso. Cuenta con un cPanel para la gestión de páginas web y está optimizada para el uso de PHP y MySQL. Esto significa que tanto se puede traer un sitio web creado en WordPress como diseñar páginas desde cero con su herramienta de construcción (Durán, 2023).

4.8.2.1. Características de 000WebHost. Se puede mencionar algunas características del servidor 000webhost de acuerdo con Durán (2023):

- Su almacenamiento es limitado para proyectos medianos, pero para proyectos pequeños que no necesitan una gran cantidad de espacio, es más que suficiente. Puesto que, el plan gratuito ofrece 300MB de almacenamiento.
- El ancho de banda proporcionado en el plan gratuito es de 3GB lo cual para proyectos pequeños es suficiente con un tráfico limitado.
- La base de datos que proporciona es la de MySQL, en la cual en su plan gratuito brinda 2 bases de datos, para una mayor flexibilidad y capacidad de almacenamiento de datos.
- No incluye publicidad ni anuncios obligatorios en los sitios alojados.
- Brinda un cPanel el cual es un panel de control intuitivo para gestionar archivos, bases de datos, aspectos de hosting y demás.
- Permite una integración con WordPress, lo cual facilita y acelera la creación de sitios web dinámicos.
- Ofrece un subdominio gratuito para todos los usuarios, lo que permite crear una presencia en línea sin costo adicional.
- En tema de seguridad 000WebHost en su plan gratuito incorpora la protección de DDOS y el uso de un firewall básico para bloquear a los usuarios no autorizados y amenazas comunes.

5. Metodología

En esta sección, se detallan los métodos utilizados que llevaron a cabo a la realización del trabajo de integración curricular, esta sección se divide en área de estudio, recursos que se empleó en el desarrollo del trabajo y procesos para llegar a cumplir los objetivos.

5.1. Área de estudio

El siguiente trabajo, se desarrolló en la Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables de la Universidad Nacional de Loja, específicamente en el centro I2TEC. La correspondiente aplicación de la bicicleta eléctrica es específicamente dentro de las instalaciones de la Universidad Nacional de Loja, tal como se puede visualizar en la Figura 4.



Figura 4. Mapa de referencia de instalaciones de la UNL

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4, se observa las rutas de color rojo, en las cuales se puede hacer uso del medio de transporte. Estas rutas indican claramente los caminos permitidos para la bicicleta, además de facilitar la movilidad dentro de todo el campus universitario, si se desea observar con más detenimiento los lugares permitidos para el transporte se puede observar en el Anexo 1.

5.2. Recursos

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados, se utilizaron los siguientes recursos:

5.2.1. Recursos Científicos

- **Revisión de literatura:** este apartado se enfocó en la revisión de documentos, bibliografía, repositorios, y más, relacionada a los sistemas de monitoreo en vehículos, bicicletas, además de la gestión de vehículos y bicicletas y sistemas de autenticación de personas por medio de aplicaciones móviles o web.
- **Método Analítico:** este método se empleó para descomponer el problema de la falta de un sistema de gestión de la bicicleta del I2TEC en partes más pequeñas, como la adaptación del prototipo en la bicicleta, selección de softwares para desarrollo móvil y web y la integración de la interfaz web y móvil. Cada parte fue analizada de manera independiente, permitiendo una evaluación detallada de su interrelación y como cada apartado contribuye al objetivo general del sistema de gestión y monitoreo de bicicletas.
- **Método Empírico:** se basó en la obtención de información a través de la observación, experimentación y medición en el contexto de la integración del prototipo en la bicicleta del I2TEC. En el proyecto de titulación se utilizó los siguientes enfoques:
 - Observación: Se utilizó para validar el funcionamiento del prototipo en tiempo real, asegurando que el sistema de localización transmita correctamente la posición de la bicicleta a la interfaz web y móvil.
 - Experimentación: Fue esencial para verificar el funcionamiento de los diferentes componentes del sistema de localización en la bicicleta. Se realizaron pruebas para asegurar que el sistema opera de manera confiable bajo diferentes condiciones.

5.2.2. Recursos Técnicos

- **Entornos de desarrollo:** se seleccionó herramientas específicas para la elaboración de la aplicación móvil y la página web. Flutter fue elegido para el desarrollo de la aplicación móvil. Para la página web, se utilizó el lenguaje PHP, que facilita la construcción y enlace de bases de datos. Y el IDE de Arduino se empleó para configurar los componentes del prototipo.
- **Softwares:** para el proyecto se incluyó Firebase, que actuó como la base de datos principal para la gestión y administración de datos en tiempo real. Para el alojamiento de la página web, se utilizó 000WebHost, que proporciona el servidor HTTP necesario para la comunicación con los módulos.

5.3. Procedimiento

El diagrama de flujo ilustra la estructura metodológica seguida durante el desarrollo del trabajo de titulación. Este proceso se compone de varias fases, cada una crucial para el éxito del proyecto. Esto se visualiza en la Figura 5.

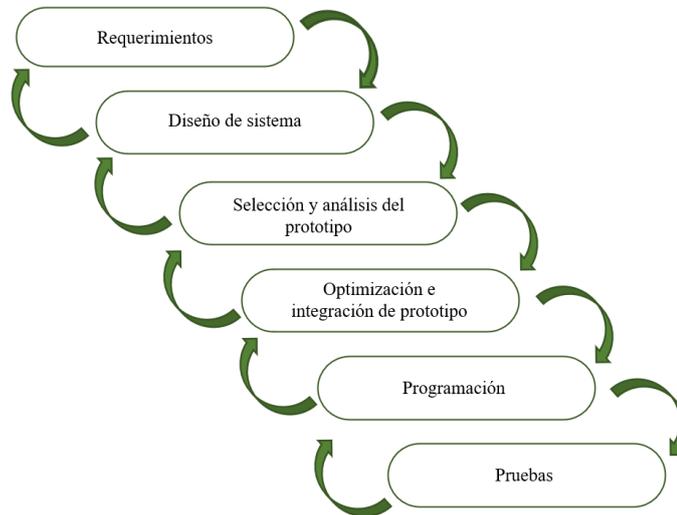


Figura 5. Diagrama de flujo de metodología utilizada

Fuente: Elaboración propia.

5.3.1. *Requerimientos*

Inicialmente, se identificó los requerimientos esenciales para la gestión y monitoreo de bicicletas, estableciendo una base para el desarrollo del proyecto. Este proceso incluyó un análisis de las necesidades tanto de los usuarios finales como de los administradores del sistema, con el fin de garantizar que todas las funcionalidades críticas fueran contempladas. Se determinó las especificaciones técnicas necesarias para la correcta integración de los componentes de hardware, así como las características que debía cumplir con el software, incluyendo la conectividad con la base de datos, la visualización de datos en tiempo real, y la capacidad de mostrar contenido publicitario.

Se evaluaron aspectos como la escalabilidad del sistema y la eficiencia en el procesamiento de la información, asegurando que el sistema no solo cumpliera con los objetivos actuales del proyecto, sino que también estuvieran preparados para futuras expansiones o modificaciones.

5.3.2. *Diseño del sistema*

El diseño del sistema fue una fase crítica en el desarrollo del proyecto, ya que se proporcionó las interfaces detalladas con sus estructuras y funcionalidades tanto de la página

web como de la aplicación móvil. Este diseño sirvió como base para los sistemas de gestión y monitoreo, asegurando que todos los componentes estuvieran alineados con los objetivos del proyecto y cumplieran con los requisitos funcionales necesarios.

Estas herramientas de diseño fueron seleccionados debido a su amplia adopción en la industria, su capacidad para facilitar los diseños a nivel de aplicación y web. A continuación, se presenta la Tabla 1 que hace una comparación de algunas herramientas de diseño.

Tabla 1. Comparación de herramientas de diseño

Características	Figma	InVision Studio	Adobe XD
Sistemas operativos	Windows, MacOS, Linux	MacOS	MacOS, Windows, iOS, Android
Plataforma	Aplicación basada en navegador	Aplicación de escritorio.	Aplicación de escritorio y móvil
Seguridad	Cifrado SSL y controles de acceso por usuario.	Cifrado SSL y acceso seguro a la nube	Cifrado SSL y autenticación en la nube Adobe
Colaboración en tiempo real	Permite colaboración simultánea en el proyecto	No es en tiempo real, colaboración mediante comentarios	Colaboración en tiempo real en proyectos sincronizados en nube
Facilidad de uso	Intuitiva y fácil de usar	Requiere más tiempo en familiarizarse	Intuitiva con interfaz moderna
Manipulación de vectores	Redes vectoriales	Ruta de vectores	Ruta de vectores
Precio	Versión inicial gratuita o \$15/mes plan profesional	Versión inicial gratuita o \$8/mes plan starter	Prueba gratis de 30 días, luego \$57.99/mes

Nota: Elaboración propia. Adaptado de (Coursera Staff, 2023).

Entre las características señaladas de las tres herramientas de diseño, destaca Figma. Esta plataforma, basada en el navegador, permite la colaboración en tiempo real, lo que facilita el trabajo simultáneo en los proyectos. Dado que no requiere una instalación compleja ni consume espacio significativo en el computador, se eligió Figma como la opción más adecuada. Además, esta herramienta es ideal para la creación de prototipos interactivos y proporciona una visión clara de las interfaces.

5.3.2.1. Sistema de monitoreo de bicicletas. Durante la fase del diseño del sistema de monitoreo, se analizó la mejor forma de presentar la información de rastreo a través de una

página web. Se utilizó Figma, para desarrollar el diseño preliminar, este debía contemplar los requisitos necesarios y mínimos del sistema, asegurando una experiencia de usuarios intuitiva y eficiente.

5.3.2.2. Sistema de gestión de bicicletas. En paralelo al diseño del sistema de monitoreo, se desarrolló la aplicación móvil para el sistema de gestión de bicicletas. Cada una de estas etapas de diseño fue fundamental para asegurar que el sistema de monitoreo y gestión de bicicletas cumpliera con los estándares de calidad y eficiencia requeridos, proporcionando una herramienta robusta y confiable para los usuarios. La utilización de Figma permitió un proceso de diseño ágil, facilitando la iteración y mejora continua de las interfaces.

5.3.3. Selección y análisis del prototipo

Este apartado enfatiza el proceso de elegir el prototipo y realizar un análisis de sus conexiones y características

5.3.3.1. Elección de prototipo. El prototipo seleccionado fue desarrollado previamente en el proyecto de titulación de (Balcázar & Martha, 2024) que se centró en el rastreo de personas mediante tecnologías GSM y GPS. Su compatibilidad con las dimensiones lo convierte en una opción ideal para la integración con la bicicleta, permitiendo una adaptación sencilla al sistema de gestión y monitoreo propuesto en este trabajo. Una de las ventajas de este prototipo es la capacidad para ser adaptado a diferentes contextos, en forma de software y hardware. Se ha realizado ajustes específicos para optimizar el rendimiento del funcionamiento y asegurar que cumpla con los requerimientos energéticos del sistema. A continuación, se presenta la estructura y características de cada componente que comprende el prototipo de rastreo.

5.3.3.2. Análisis del prototipo. Lo que comprende en este apartado se detalla el esquema electrónico del prototipo, los componentes que forman parte del dispositivo, con la finalidad de conocer las características específicas de cada módulo.

El esquema de conexión comprende un módulo GSM/GPRS, un módulo GPS NEO 6m, un Arduino pro mini, un regulador de 5V, su respectiva batería de 1800 mAh, un módulo de carga y un interruptor, esto se puede ilustrar en la Figura 6.

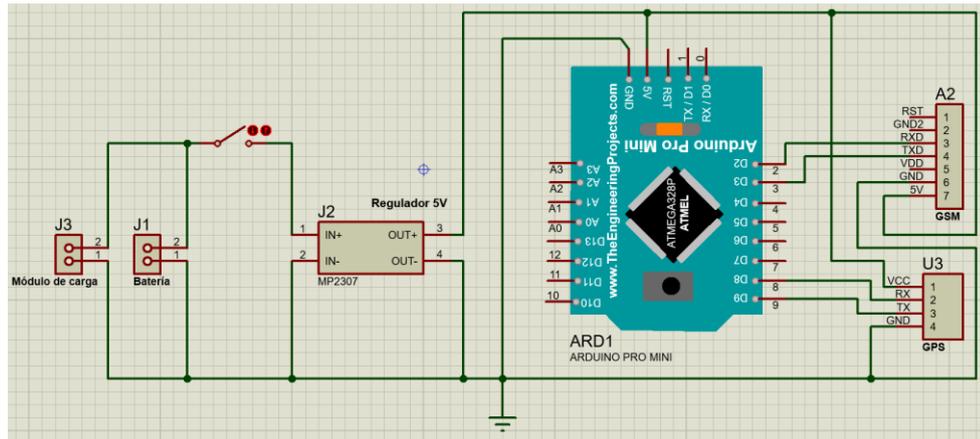


Figura 6. Esquema general de conexión

Fuente: Elaboración propia.

Por parte de los componentes del dispositivo se puede detallar los siguientes, cada uno desempeñando un papel crucial en el funcionamiento del sistema de rastreo.

- **Módulo GSM/GPRS SIM800L V2**

Es un módulo GSM y GPRS, de cuatro bandas, que se ilustra en la Figura 7, permite enviar y recibir mensajes SMS y llamadas, así como conectarse a redes de datos móviles e Internet a través de GPRS, Este dispositivo incluye un zócalo para insertar una tarjeta Micro SIM y utiliza pines de comunicación UART, ofreciendo un método eficiente para la comunicación portátil (Ultra-lab, 2024).



Figura 7. Módulo GSM/GPRS SIM800L v2

Fuente: Tomado de (Ultra-lab, 2024).

Tabla 2. Características de módulo GSM/GPRS SIM800L V2

Característica	Descripción
Banda de frecuencia	850/900/1800/1900 MHz
Voltaje de entrada	3.4 V – 5 V DC

Voltaje de funcionamiento	5 V DC
Consumo de corriente	500 mA hasta picos 2 A
Control	Comandos AT
Interfaz	Serial UART
Red	GSM/GRPS
Función	Envía y recibe datos GPRS (TCP/IP, http, etc.)
Dimensiones	40x28mm
Peso	1.35g

Nota. Elaboración propia. Adaptado de (Balcázar & Martha, 2024).

- **Módulo GPS NEO 6m**

El módulo Ublox NEO-6m, que se ilustra en la Figura 8, es un receptor GPS compacto y altamente eficaz, diseñado para proporcionar información de ubicación precisa y confiable. Este módulo es popular en aplicaciones de navegación y seguimiento debido a su tamaño reducido, facilidad de uso y capacidades avanzadas de procesamiento de señales GPS (Sumador, s.f.).



Figura 8. Módulo GPS NEO 6m

Fuente: Tomado de (Sumador, s.f.).

Tabla 3. Características de módulo GPS NEO-6M

Características	Descripción
Voltaje de alimentación	3.3 – 5 V DC
Interfaz	Serial UART 5V
Antena	Cerámica, externa y de alta ganancia

Frecuencia de refresco	5Hz
Baud rate	9600bps
Tiempo de inicio	38s con buena señal
Consumo en búsqueda	Hasta 67mA
Consumo en tracking	11mA aprox.
Sensibilidad de búsqueda	-148 dBm
Sensibilidad de tracking	-161 dBm
Dimensiones de módulo	25x35mm
Dimensiones de antena	25x25mm

Nota. Elaboración propia. Adaptado de (Balcázar & Martha, 2024).

- **Arduino pro mini**

Es una placa de microcontrolador que utiliza el ATmega328P, el mismo chip que se encuentra en la popular placa Arduino Uno R3. Dispone de 14 pines digitales de entrada/salida, de los cuales 6 pueden usarse como salidas PWM, 4 entradas analógicas, un resonador cerámico de 16MHz y un botón de reinicio. Incluye lo necesario para soportar el funcionamiento del microcontrolador, esto se ilustra en la Figura 9. (Peak, 2022).

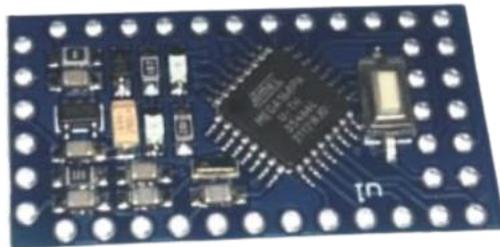


Figura 9. Arduino Pro Mini

Fuente: Tomado de (Peak, 2022)

Tabla 4. Características del Arduino pro mini

Características	Descripción
Microcontrolador	ATmega328P
Fuente de alimentación	5 – 9 V
Tensión de funcionamiento	5V
Consumo de energía	10 mA

Pines E/S digitales	14
Pines PWM	6
UART	1
Memoria flash	32KB
I2C	1
EEPROM	1KB
Dimensiones	33x18 mm
Sensibilidad de tracking	-161 dBm
Peso	2g

Nota. Elaboración propia.

- **Baterías recargables de LiPo**

La batería LiPo de 2 celdas, con voltaje nominal de 7.4V y una capacidad de 1800 mAh, es una fuente de energía en diversas aplicaciones, como vehículos control remoto, drones, electrónica y más. Este tipo de baterías se caracteriza por la alta densidad de energía, lo que permite un rendimiento óptimo y peso ligero. Se ilustra en la Figura 10.



Figura 10. LiPo de 7.4 V 2S-1800 mAh

Fuente: Tomado de (Huizhou Desto Technology Co., s.f.).

Tabla 5. Característica de batería de LiPo de 7.4 V 1800 mAh

Características	Descripción
Voltajes	7.4 V DC
Capacidad	1800 mAh
Potencia	3.7 Wh
Límite máximo de carga de corriente	Pico: 3 A

	Constante: 1 A
Conector	JST PHR – 2 Pitch 2 mm
Dimensiones	50 x 30 x 11 mm

Nota. Tomado de (Balcázar & Martha, 2024).

- **Regulador de tensión**

El convertidor mini 360 Step Down es un dispositivo de inversión que permite convertir voltajes de entrada entre 4.75V a 18V a una sólida desde 1V a 20V, es decir el voltaje de salida siempre será más pequeño que la entrada. Este dispositivo tiene integrado el chip MP2307 que integra MOSFETS de 100 mΩ para proporcionar un máximo de 3 A de corriente de carga dependiendo del voltaje de salida. Se ilustra en la Figura 11 (Electronics, s.f.).



Figura 11. Regulador de tensión mini 360 Step Down

Fuente: Tomado de (Electronics, s.f.).

Tabla 6. Características del regulador de tensión

Características	Descripción
Voltaje de entrada	4.75 V a 18 V
Voltaje de salida	1 a 20V (Ajustable Salida < Entrada)
Corriente de salida máxima	3A (Depende del voltaje de salida)
Eficiencia de conversión	96%
Frecuencia de conmutación	340 KHz
Temperatura de Funcionamiento	-40°C a +150°C
Dimensiones	17 x 11 x 4 mm
Peso	3g

Nota. Elaboración propia. Adaptado de (Balcázar & Martha, 2024).

- **Módulo de carga para baterías**

El módulo DDTCCRUB, que se ilustra en la Figura 12 es un cargador diseñado para baterías de litio-ion 18650 o Lipo. Este dispositivo cuenta con una interfaz de carga USB Tipo

C, compatible con un voltaje de entrada de 5V. Además, viene equipado con indicadores LED que muestran el estado de carga. Este versátil cargador está disponible para cargar baterías con diferentes números de celdas, ofreciendo una solución conveniente y eficiente (Electronics, s.f.).



Figura 12. Módulo de carga DDTCCRUB

Fuente: Tomado de (Electronics, s.f.)

Tabla 7. Características de módulo de carga

Características	Descripción
Baterías compatibles	litio-ion 18650 o LiPo.
Voltaje de entrada	3 V a 6 V, Recomendado 3.7 V a 5 V
Corriente de entrada	2 A
Interfaz de entrada	USB Tipo C
Indicadores LED	CR: cargando OK: carga finalizada
Temperatura de Funcionamiento	-40°C a + 85°C
Dimensiones	39 x 18 x 6.3 mm

Nota. Elaboración propia. Adaptado de (Balcázar & Martha, 2024).

- **Mini interruptor rocket ON OFF**

Es un componente electrónico utilizado para controlar el flujo de corriente en un circuito o placa electrónica. Se mueve hacia arriba o hacia abajo para abrir y cerrar el circuito. Este interruptor es de tamaño reducido, lo cual es ideal para aplicaciones con espacio limitado. Se ilustra en la Figura 13 (AV Electronics, 2024).



Figura 13. Mini interruptor rocket ON OFF

Fuente: Tomado de (AV Electronics, 2024)

Tabla 8. Características del interruptor

Características	Descripción
Especificaciones eléctricas	125V hasta 6 A 250V hasta 3 A
Material	Plástico
Color	Negro
Numero de pines	2
Tamaño	10x15 mm

Nota. Elaboración propia.

5.3.4. Optimización e integración del prototipo

- a) En el apartado de la optimización del prototipo se realizó un análisis del rendimiento máximo de la batería para medir el tiempo que puede permanecer operativo. Esta medición se realizó utilizando la Ecuación 1, que proporciona un cálculo cuantitativo del tiempo en el que la batería puede suministrar energía al prototipo.

$$H_A = \frac{W_b}{W_c} \quad (1)$$

Donde:

H_A = Horas de autonomía

W_b = Potencia de batería

W_c = Potencia de consumo

Para determinar las respectivas potencias de batería y la de consumo se las obtiene por medio de las Ecuaciones 2 y 3 respectivamente:

$$W_b = V_b \times I_b \quad (2)$$

$$W_c = V_b \times I_c \quad (3)$$

Donde:

V_b = Voltaje de batería

I_b = Corriente de batería

I_c = Corriente de consumo

Estas ecuaciones permitieron evaluar las necesidades energéticas del prototipo en condiciones de operación típicas, asegurando que la batería seleccionada proporcionará una duración suficiente para el uso previsto. Además, se consideraron escenarios de uso intensivo para validar la resistencia del sistema y su capacidad de adaptación a diferentes condiciones operativas.

- b) Por parte del apartado de integración del prototipo se refiere a la instalación y ajuste del dispositivo de rastreo en la bicicleta, asegurando que el sistema funcione de manera óptima y éste protegido adecuadamente.
 - Primero, se diseñó el esquema de la caja de protección utilizando SolidWorks. El diseño de la caja debía cumplir con varios criterios importantes: Protección del dispositivo, dimensiones compactas, protección del dispositivo en condiciones ambientales adversas, como lluvia, polvo y posibles impactos.
 - Ajuste y compatibilidad, el diseño también tuvo en cuenta las dimensiones y la forma de la bicicleta, asegurando que la caja se ajustará perfectamente al manubrio de la bicicleta sin afectar el equilibrio o maniobrabilidad.
 - Accesibilidad, el diseño debe de permitir un acceso fácil al dispositivo para el mantenimiento o reemplazo de la batería.

5.3.5. Programación

En esta sección, se detalla la elección y el uso del software necesario para el desarrollo y programación del proyecto. Se optó por utilizar el framework adecuado para satisfacer los requerimientos específicos del proyecto, facilitando la integración y el funcionamiento del sistema.

Para la gestión de datos, se seleccionó una base de datos adecuada que soporta la escalabilidad y la eficiencia en el manejo de grandes volúmenes de datos generados por el sistema de localización, la autenticación y los tiempos de reservación, La base datos elegida se configuro para permitir un acceso rápido y seguro de la información almacenada, garantizando la integridad y la disponibilidad de los datos en tiempo real.

El servidor utilizado en el proyecto se configuro para manejar las solicitudes de los usuarios y coordinar la comunicación entre el prototipo de localización y la base de datos. Este

servidor se seleccionó por su compatibilidad con los protocolos de comunicación requeridos por los módulos del prototipo.

5.3.5.1. Framework. En el subapartado 4.6 del marco teórico, titulado Frameworks, se detalla las principales características y capacidades de los frameworks más utilizados en el desarrollo de aplicaciones móviles: Flutter, React Native y Xamarin. Estos frameworks fueron seleccionados debido a su amplia adopción en la industria, su capacidad para facilitar el desarrollo multiplataforma y su activa comunidad de desarrolladores. A continuación, se presenta la Tabla 9 que realiza una comparación de estos frameworks.

Tabla 9. Comparación de frameworks de desarrollo móvil.

Características	Flutter	React Native	Xamarin
Lenguajes utilizados	Dart	Javascript	C#
Hot Reload	Si	Si	Solo con Xamarin.Forms
Sistemas operativos compatibles	Android, iOS y Windows	Android, iOS y Windows	Android, iOS y Windows
Rentabilidad	Código abierto y gratuito	Código abierto y gratuito	Gratuito para empresas pequeñas.
Rendimiento	Compila a código nativo.	Utiliza un puente entre JavaScript y código nativo.	Compila a código nativo
Curva de aprendizaje	Es moderada gracias a su amplia documentación y tutoriales.	Es corta puesto que no es compleja y posee una sintaxis simple.	Es más empinada debido a la complejidad de C#.
Ecosistema de Widgets	Extenso y personalizable, con gran cantidad de widgets disponibles.	Menos extenso que flutter, depende de librerías externas para componentes nativos.	Ofrece controles nativos y personalizados, pero con menos flexibilidad visual.
Integración con base de datos	Fácil integración con Firebase y otros servicios de backend como GraphQL y bases de datos SQL.	Soporte para múltiples backends incluyendo Firebase y base de datos SQL.	Soporta integraciones con bases de datos como SQLite y Azure, con enfoque más fácil en el ecosistema Microsoft.

Nota. Elaboración propia

Después de evaluar detalladamente las características de cada framework, se decidió utilizar Flutter. Este framework destaca en su rendimiento que compila a código nativo, así como su ecosistema de widgets el cual es extenso y personalizable, permitiendo crear widgets

personalizables fácilmente y su facilidad de integración con las bases de datos, lo cual es fundamental el servicio de backend para proporcionar una experiencia de usuario fluida y eficiente.

5.3.5.2. Base de datos. En el subapartado 4.7 del marco teórico, titulado Bases de datos, se detallan las características de tres populares servicios de bases de datos: Firebase, Supabase y Xano. Cada uno de estos servicios ofrece beneficios únicos en términos de rendimiento, facilidad de uso y capacidades de personalización. A continuación, se presenta la Tabla 10 que compara las bases de datos.

Tabla 10. Comparación de bases de datos

Características	Firestore	Supabase	Xano
Autenticación de usuarios	Autenticación robusta con soporte y múltiples proveedores.	Autenticación para múltiples proveedores.	Autenticación con soporte para redes sociales y OAuth.
Almacenamiento	Firestore Storage y Firestore/Realtime Database.	Supabase Storage y Postgres.	Bases de datos SQL y NoSQL.
Función en tiempo real	Si	Si	Si
Estructura de datos	NoSQL	SQL	Flexible para usar SQL y NoSQL
Código abierto	No	Si	No
Documentación	Extensa	Media	Poca
Facilidad de integración	Alta y rápida	Alta	Media
Escalabilidad	Altamente robusta	Alta	Media
Costo	Gratuito	Gratuito	Parcialmente gratuito

Nota. Elaboración propia

Entre las características de las bases de datos a utilizar, se optó por utilizar Firebase, ya que cuenta con una alta documentación puesto que al ser soportada por Google brinda aparte un soporte técnico garantizado, también, considerando su alta y rápida facilidad de integración con aplicación móviles y web y por último su buena escalabilidad que presenta frente a las otras bases de datos, por todas sus características se escogió la base de datos de Firebase.

5.3.5.3. Alojamiento web. En el apartado del marco teórico específicamente en el 4.8 denominado Alojamiento web, se describe el proveedor de 000WebHost, así como sus

características principales y sus ventajas. 000WebHost es conocido por ofrecer servicios de alojamiento gratuito, lo que lo hace accesible para usuarios que buscan lanzar sus proyectos web con un presupuesto limitado. A continuación, se presenta una Tabla 11 que compara los tres proveedores de alojamiento web.

Tabla 11. Comparación de los servidores de alojamiento web

Características	000WebHost	Awardspace Hosting	FreeHosting
Bases de datos	2 MySQL	2 MySQL desde 0.25 €	1 MySQL
Almacenamiento	300MB	Ilimitado desde 0.25 €	10 GB
Seguridad	Si	Si	Limitada
Lenguaje de consulta	SQL	SQL	SQL
Ancho de banda	3GB	Ilimitado desde 0.25 €	Ilimitado
Panel de control	Si	Si	Si
Publicidad	No	No	No
Documentación	Media	Extensa	Poca
Precio	Gratuito	Depende el uso	Depende uso
Dominio gratuito	Subdominio gratuito	No	No

Nota. Elaboración propia

Al analizar los tres proveedores de alojamiento web, se destaca que 000WebHost ofrece una combinación de características, especialmente considerando que es completamente gratuito. Este servicio proporciona dos bases de datos MySQL, lo que es suficiente para la mayoría de las necesidades básicas de un desarrollo web. Así mismo, incluye un dominio gratuito, lo que reduce costos adicionales de lo que sería el hosting. Aunque el almacenamiento es limitado, pero es suficiente para proyectos pequeños o en etapa inicial.

5.3.6. Pruebas

Finalmente, se llevaron a cabo pruebas exhaustivas de funcionamiento tanto del software como del hardware. Las pruebas incluyeron la validación de la funcionalidad de la aplicación móvil y la web, verificando que ambas plataformas se comunicaran correctamente con la base de datos y procesaran los datos de ubicación en tiempo real. También se evaluó el desempeño de la interfaz de usuario para asegurar una experiencia fluida y sin errores.

En cuanto al hardware, se realizaron pruebas en condiciones reales de operación, donde el prototipo de localización fue sometido a diversas situaciones para garantizar la precisión en la captura de coordenadas GPS y la estabilidad de la comunicación GPRS.

6. Resultados

En el presente capítulo se presentarán los resultados relacionados al diseño, optimización, integración del dispositivo, codificación y pruebas de funcionamiento del sistema.

6.1. Descripción de funcionamiento

El funcionamiento general comprende lo siguiente:

- El sistema inicia con la configuración y conexión de los módulos GSM y GPS por medio de comunicación serial con el Arduino. Una vez que se inicializa el módulo GPS y se configuran las comunicaciones mediante comandos AT, se procede a obtener los datos de latitud y longitud de la bicicleta. Y paralelamente se configura la comunicación GPRS para el envío de información.
- Si la conexión con la red GPRS es exitosa, los datos de localización se envían al servidor 000WebHost, donde se almacenan en la base de datos correspondiente. Paralelamente, estos datos se transmiten a la base de datos de RealTime Database para su posterior análisis y visualización en la aplicación móvil.
- El sistema también evalúa si la bicicleta se encuentra en las coordenadas esperadas. Si es así, se actualiza el estado de la bicicleta como “en estación”; de lo contrario, se clasifica como “en recorrido”. Se calcula la distancia recorrida y el nivel aproximado de la batería, y se grafican los datos en un mapa de Google Maps, mostrando la trayectoria total.

La respectiva Figura 14, se presenta un diagrama de flujo del funcionamiento del sistema de monitoreo y gestión de bicicletas, en el cual se detalla detenidamente los procesos desde el encendido de la bicicleta y el prototipo de localización hasta la obtención de datos para su monitoreo.

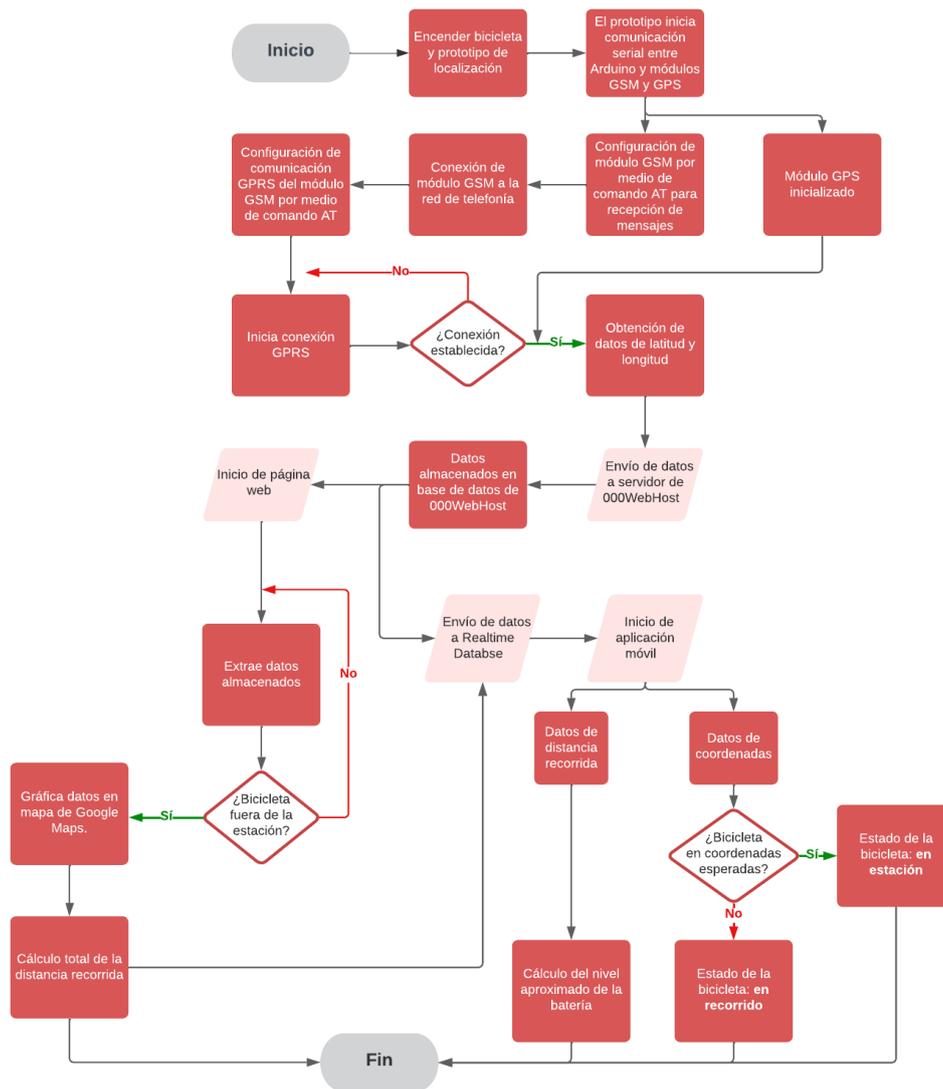


Figura 14. Diagrama de flujo del funcionamiento del sistema

Fuente: Elaboración propia

6.2. Requerimientos

Por parte del sistema de monitoreo se debe de contemplar lo siguiente:

- **Monitoreo de Ubicación:** Graficar la ubicación de la bicicleta en un mapa en tiempo real. Asimismo, mostrar la ruta que ha recorrido la bicicleta.
- **Cálculo de distancia:** Calcular la distancia recorrida entre los puntos de ubicación de la bicicleta y enviar esta información a una base de datos.
- **Presentación de información:** Diseñar una página en la cual eduque a los visitantes sobre la importancia del transporte sostenible, destacando los beneficios para el medio ambiente y para la salud.

Por parte del sistema de gestión se debe de contemplar lo siguiente:

- Sistema de autenticación: Implementar un sistema de autenticación para los usuarios los cuales puedan acceder a la aplicación solo por medio del correo institucional, para corroborar quien es la persona que está haciendo uso de la bicicleta.
- Gestión de Reservas: La aplicación debe permitir a los usuarios reservar la bicicleta en intervalos de una hora entre la 13:00 y las 19:00. Y los usuarios deben poder visualizar los horarios disponibles para las reservas.
- Estado de la bicicleta: Mostrar si una bicicleta está actualmente en la estación o si está en recorrido. Y mostrar el estado aproximado de batería basado en los kilómetros recorridos.
- Espacio publicitario: Implementar en la aplicación contenido visual como imágenes. Este espacio debe ser adaptable para mostrar una variedad de información, que puede incluir anuncios relacionados con temas académicos, eventos universitarios, o información de interés general para los usuarios.

6.3. Diseño del sistema

El diseño del sistema se divide en dos partes, el sistema de gestión y el de monitoreo. A continuación, se presenta el diseño de monitoreo.

6.3.1. Sistema de monitoreo de bicicletas

Como primera parte, se realizó un diseño de un appbar en el cual se visualiza el logo del sistema, con su respectivo nombre y algunas secciones de navegación como por ejemplo la pantalla de Inicio, pantalla de Bicicleta y pantalla de Iniciar Sesión en la cual se ingresará al mapa para visualizar la ubicación de la bicicleta. En la Figura 15 se presenta el diseño de la pantalla de Inicio.

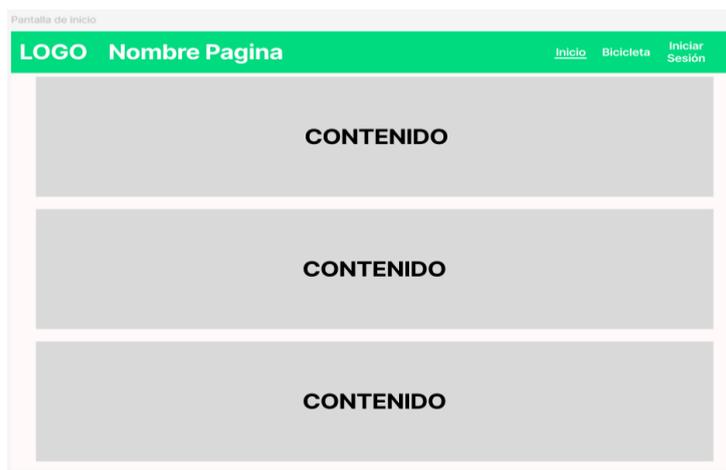


Figura 15. Diseño preliminar de la pantalla de Inicio

Fuente: Elaboración propia

En esta pantalla se presenta información sobre los objetivos de desarrollo sostenible, como características de ciudades sostenibles y beneficios del uso de la bicicleta, eso con la finalidad de mostrar información que incentive a los usuarios a la utilización de medios de transporte sostenible.

En la segunda pantalla que corresponde a Bicicleta, la cual se puede observar en la Figura 16, se conserva el mismo appbar con el logo, el nombre del sistema y sus respectivos apartados de navegación, en esta pantalla se visualiza información relevante de la bicicleta, como, el peso que soporta, la velocidad máxima, autonomía.



Figura 16. Diseño preliminar de la pantalla de Bicicleta

Fuente: Elaboración propia

En la tercera pantalla se presenta un apartado de autenticación, en el cual se aloja el Mapa de Google Maps, los datos de autenticación los dispone los administradores del sistema

de gestión. Una vez iniciada sesión se puede visualizar el mapa con la ubicación de la bicicleta. Esto se puede visualizar en la Figura 17.

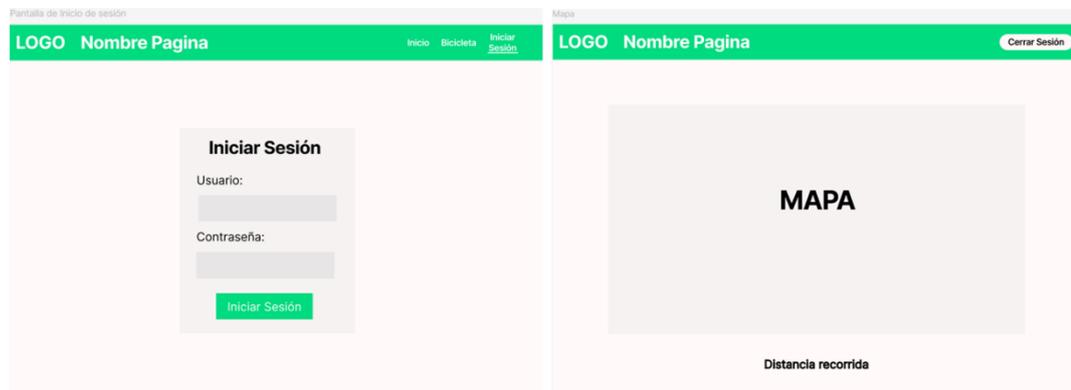


Figura 17. Diseño preliminar de la pantalla de Inicio de Sesión y Mapa

Fuente: Elaboración propia

En resumen, el diseño proporciona una visión clara y comprensible para el monitoreo de bicicletas, con un enfoque informativo del transporte sostenible.

6.3.2. Sistema de gestión de bicicletas

En el diseño del sistema de gestión de bicicletas se presenta varias pantallas de desde una pantalla de autenticación de usuarios, pantalla de inicio para la visualización de bicicletas, pantalla de reservación, pantalla con horarios de reserva. A continuación, se presenta las pantallas correspondientes.

La primera pantalla la entrar a la aplicación se observa la pantalla de autenticación la cual consta de una pantalla de inicio de sesión, que se la puede visualizar en la Figura 18 (a), que presenta el nombre del sistema, su respectivo logo, los campos de correo electrónico, contraseña, botón de inicio y la opción de iniciar sesión con Google. En la Figura 18 (b), en cambio es la pantalla de registro de los usuarios donde solo se encuentran campos para el registro.

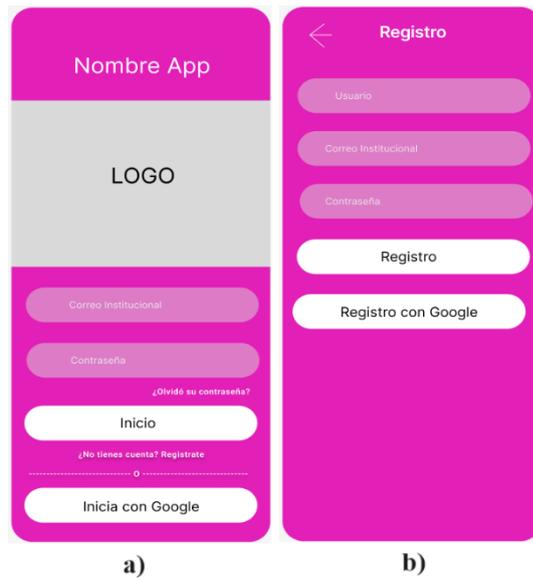


Figura 18. Diseño preliminar de la pantalla de autenticación

Fuente: Elaboración propia

La pantalla de inicio donde se visualizan las bicicletas se presentará un appbar con el nombre de bicicletas, en la parte inferior existen dos botones que sirven de navegación para ir a la sección de reservación, en el cuerpo de la aplicación se muestra las cinco bicicletas con información sobre su estado. Esto se ilustra en la Figura 19.



Figura 19. Diseño preliminar de la pantalla de inicio

Fuente: Elaboración propia

La pantalla de reservación se presenta el appbar con nombre de reservación, en la parte inferior se conserva los botones de navegación para dirigirse a la pantalla de inicio. En la

pantalla de reservación se observan las cinco bicicletas y se puede elegir cuál de ellas se quiere reservar. Esto se ilustra en la Figura 20

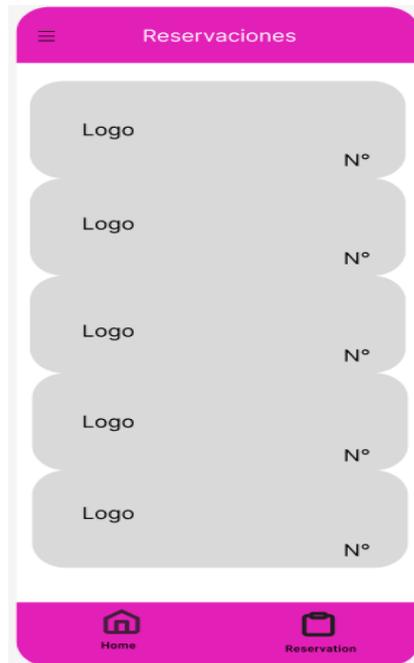


Figura 20. Diseño preliminar de la pantalla de reservación

Fuente: Elaboración propia

La pantalla de horarios se presenta los horarios disponibles para reservar la bicicleta, aquí se debe de implementar la lógica de programación necesaria para gestionar las reservas de manera eficiente. Cuando un usuario seleccione un horario y completa la reserva, el sistema debe automáticamente actualizar la lista de horarios disponibles, eliminando aquellos que ya han sido reservados para evitar conflictos o dobles reservas. Esto se debe de visualizar en tiempo real. Esto se ilustra en la Figura 21.

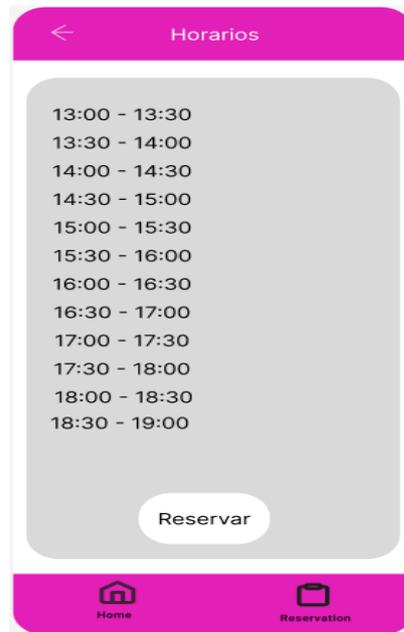


Figura 21. Diseño preliminar de la pantalla de horarios

Fuente: Elaboración propia

En resumen, el diseño de la aplicación proporciona una interfaz intuitiva y coherente para la gestión de bicicletas, asegurando una experiencia de usuario fluida y accesible. Cada apartado de la aplicación ha sido cuidadosamente diseñado para que los usuarios puedan navegar y utilizar sus funcionalidades sin problemas.

6.4. Optimización e integración de prototipo

6.4.1. Optimización del prototipo

En el apartado, se decidió realizar un cambio en las baterías que alimentan al dispositivo, debido a que la batería original había cumplido su ciclo de útil y ya no proporcionaba el mismo tiempo de funcionamiento que se había calculado inicialmente en el trabajo de Balcázar & Martha (2024). Esta disminución en el rendimiento afectaba la eficiencia y la autonomía del dispositivo.

Para abordar esto, se llevó a cabo la elección de baterías de reemplazo, considerando factores como la capacidad, ciclos de vida y la compatibilidad con el dispositivo. El objetivo principal de esta optimización fue garantizar que el dispositivo pueda funcionar de manera continua y fiable, extendiendo su tiempo de operación a los niveles esperados o incluso superándolos.

Se puede ilustrar la Tabla 12 que realiza una comparativa de las baterías que se consideraron para el reemplazo de la alimentación.

Tabla 12. Comparación de baterías recargables

	Batería 18650 Li-Ion	Batería LiPo 2S	Batería Ni-Cd 6S
Características			
Tipo	Ion de Litio (Li-Ion)	Polímero de litio (LiPo)	Níquel-Cadmio (Ni-Cd)
Voltajes	3.7 V DC	7.4 V DC	7.2 V DC
Capacidad	2200 mAh	1800 mAh	700 mAh
Potencia	8.14 Wh	3.7 Wh	5.04 Wh
Impedancia interna	60 mΩ	20 mΩ	~ 100 – 150 mΩ
Ciclos de vida	≥ 1000	300 – 500	> 500
Peso	45 g	35 g	453.5 g

Nota. Elaboración propia.

Después de analizar las opciones disponibles, se optó por utilizar las baterías 18650 de Li-Ion. Estas baterías ofrecen un ciclo de vida superior a 1000 ciclos y una capacidad de 2200 mAh, lo que las convierte en una opción viable para garantizar un tiempo de funcionamiento prolongado del dispositivo. Sin embargo, es importante considerar que una sola batería de 3.7 V no proporciona el voltaje necesario para una entrega eficiente de energía al prototipo. Por lo tanto, se debe de utilizar dos baterías de 3.7 V conectadas en serie para alcanzar un voltaje total de 7.4 V.

- **Análisis de la alimentación del dispositivo**

En este apartado, se realiza el cálculo del tiempo de funcionamiento de la nueva batería seleccionada utilizando la Ecuación 1. Sin embargo, antes de proceder, es necesario determinar el consumo de corriente de todo el dispositivo. Esto se puede visualizar en la Tabla 13 y la información detallada es por parte de las tablas de los componentes del dispositivo.

Tabla 13. Consumo de corriente del dispositivo

Componentes	Consumo de corriente (mAh)
Arduino pro mini	10

Módulo SIM800L V2	500
Módulo GPS NEO-6m	11
Total	521

Nota. Elaboración propia.

Con el consumo total del circuito, se puede obtener la potencia de consumo y adicional se realiza el cálculo de la potencia de la batería, por medio de las Ecuaciones 2 y 3.

$$W_b = V_b \times I_b \qquad W_c = V_b \times I_c$$

$$W_b = 7.4 \text{ V} \times 2.2 \text{ Ah} \qquad W_c = 7.4 \text{ V} \times 0.521 \text{ Ah}$$

$$W_b = 16.28 \text{ Wh} \qquad W_c = 3.85 \text{ Wh}$$

$$H_A = \frac{W_b}{W_c}$$

$$H_A = \frac{16.28 \text{ Wh}}{5.18 \text{ Wh}}$$

$$H_A \approx 4.23 \text{ horas}$$

Es fundamental considerar que la autonomía de la batería calculada es de 4.23 horas, esto se basa en el supuesto de que todos los componentes consumen dicha corriente constantemente, pero se debe de considerar que los módulos tienen picos alto de consumo, como por ejemplo el módulo GMS SIM800L V2, que tienen picos de hasta 2 A. Pero, hay que examinar que los módulos también pueden entrar en modo sleep, que pueden consumir menos corriente que la especificada en sus respectivos datasheet. Para comprobar esto, se realizó una prueba practica encendiendo el prototipo, el cual supero las 5 horas de funcionamiento.

6.4.2. Integración del prototipo

Por parte de la integración del dispositivo a la bicicleta, en primer lugar, se realizó el diseño de la caja en SolidWorks el cual se puede visualizar en la Figura 22, esta caja es acorde a las medidas exactas del dispositivo, en la parte inferior se ubica la batería y en la parte superior se ubica la placa con el circuito.

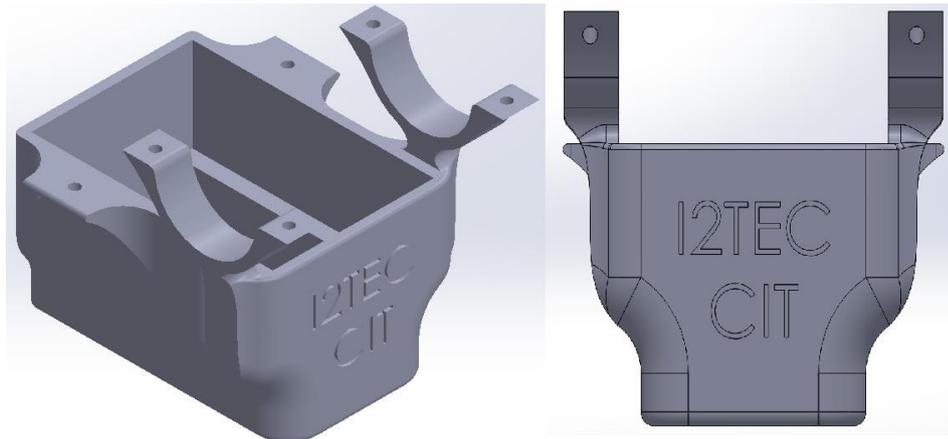


Figura 22. Diseño de caja del dispositivo

Fuente: Elaboración propia

Consecutivamente al diseño se lo materializo mediante una impresora de 3D, como se muestra en la Figura 23.

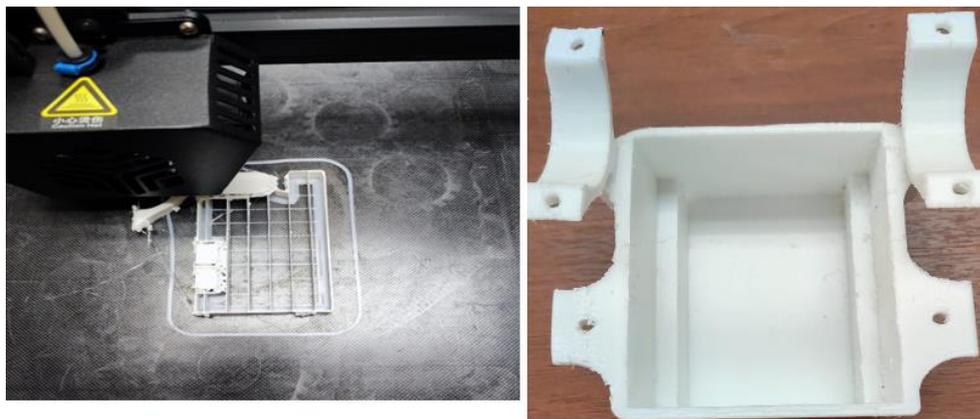


Figura 23. Impresión de la caja del dispositivo

Fuente: Elaboración propia

Posterior a ello se procedió a ubicar toda la parte electrónica dentro de la caja y finalmente montar el dispositivo en la bicicleta esto se observa en la Figura 24.



Figura 24. Montaje del circuito en la bicicleta

Fuente: Elaboración propia

6.5. Codificación

En este apartado se realiza las configuraciones necesarias para el alojamiento web, incluyendo la configuración de la base de datos tanto del servidor como de Firebase. Asimismo, se realiza la programación detallada de cada componente de la aplicación y la página web, asegurando que todas las funcionalidades cumplan con los requisitos planteados en el apartado 6.2.

6.5.1. Configuración del servidor de 000WebHost.

Para el alojamiento de la información de latitud y longitud generada por el prototipo, se utilizó el proveedor de alojamiento 000WebHost, empleando su base de datos MySQL. Esta elección se debe a que el módulo GSM no es compatible con el protocolo HTTPS necesario para comunicarse directamente con Firebase. En cambio, 000WebHost ofrece soporte para HTTP, lo que garantiza la integración y transmisión de datos.

Para configurar el servidor de 000WebHost, se inició creando la base de datos MySQL, dentro de ella se creó una tabla llamada “tbl_gps” con las siguientes columnas: “id”, “lat”, “lng” y “created_date”, la columna de “id” se encarga de enumerar la fila correspondiente, la columna de “lat” almacena los datos de latitud, “lng” contiene los datos de longitud y por último “created_date” registra la fecha y hora en la que se guardó el dato en la base de datos. Esta estructura se ilustra en la Figura 25.

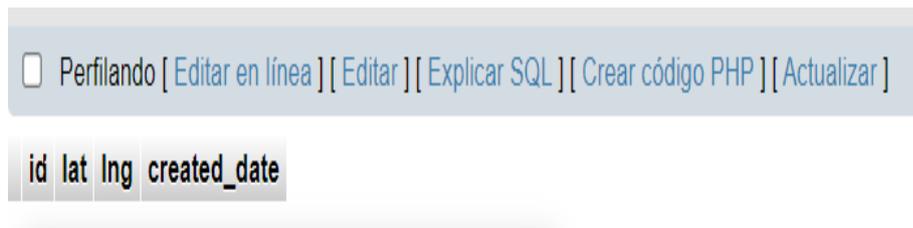


Figura 25. Tabla “tbl_gps” de la base de datos MySQL

Fuente: Elaboración propia

Una vez creada la base de datos con su respectiva tabla, se debe de tener los archivos necesarios para conectar y enviar los datos del prototipo a la base de datos, esto se logra por medio de archivos PHP, los cuales se alojan en el File Manager de 000WebHost.

El primer paso es configurar el archivo config.php, en este archivo se deberá de especificar la información de la base de datos creada con anterioridad, como su username, la contraseña y el nombre de la base de datos, así como la zona horaria. Esta configuración permite establecer la conexión a la base de datos, tal y como se muestra en la Figura 26.

```

/public_html/config.php
1  <?php
2
3  define('DB_HOST', 'localhost');
4  define('DB_USERNAME', 'id22133003_bicis');
5  define('DB_PASSWORD', '*****');
6  define('DB_NAME', 'id22133003_pruebas2_db');
7
8  date_default_timezone_set('Asia/Karachi');
9
10 // Connect with the database
11 $db = new mysqli(DB_HOST, DB_USERNAME, DB_PASSWORD, DB_NAME);
12
13 // Display error if failed to connect
14 if ($db->connect_errno) {
15     echo "Connection to database is failed: ".$db->connect_error;
16     exit();
17 }

```

Figura 26. Archivo PHP de configuración de la base de datos

Fuente: Elaboración propia

El segundo paso consiste en configurar el archivo de “gpsdata.php”, que es responsable de recibir las coordenadas de latitud y longitud enviadas desde el prototipo y almacenarlas en la base de datos. Este archivo se encarga de la lógica de inserción de datos en la tabla “tbl_gps”.

El código se inicia cargando el archivo de “config.php” configurado anteriormente. Luego, recupera las coordenadas de latitud y longitud enviadas a través de la URL utilizando el método “\$_GET”. Una vez obtenidos los datos, construye una consulta SQL para insertar los

valores de latitud y longitud, junto con un registro de la fecha y hora utilizando la función de “date(Y-m-d H:i:s)”. A continuación, se puede visualizar en la Figura 27 el código utilizado.

```
/public_html/gpsdata.php
1 k?php
2
3 require 'config.php'; //Incluye el archivo config.php para establecer la conexión con la base de datos.
4
5 $lat = $_GET['lat']; //Obtiene el valor de la latitud a través de una solicitud GET.
6 $lng = $_GET['lng']; //Obtiene el valor de la longitud a través de una solicitud GET.
7
8 echo $lat; //Imprime el valor de la latitud para verificar que se ha recibido correctamente.
9 echo "<br>"; //Imprime un salto de línea para facilitar la lectura.
10 echo $lng; //Imprime el valor de la longitud para verificar que se ha recibido correctamente.
11
12 $sql = "INSERT INTO tbl_gps(lat, lng, created_date)
13     VALUES(' . $lat . ',' . $lng . ',' . date("Y-m-d H:i:s") . ' )"; //Prepara la consulta SQL para insertar
14     los valores de latitud, longitud y la fecha/hora actual en la tabla tbl_gps.
15
16 if($db->query($sql) === FALSE) {
17     echo "Error: " . $sql . "<br>"; // Si la consulta falla, se imprime un mensaje de error
18 }
19
20 echo "<br>";
21 echo $db->insert_id; //Imprime el ID del último registro insertado.
22
```

Figura 27. Archivo PHP para recibir las coordenadas de latitud y longitud

Fuente: Elaboración propia

Una vez completada la configuración de los archivos PHP, el siguiente paso es enviar los datos generados por el prototipo al servidor. La Figura 28 presenta un diagrama de flujo que ilustra cómo funciona el prototipo y la transferencia de datos al servidor.

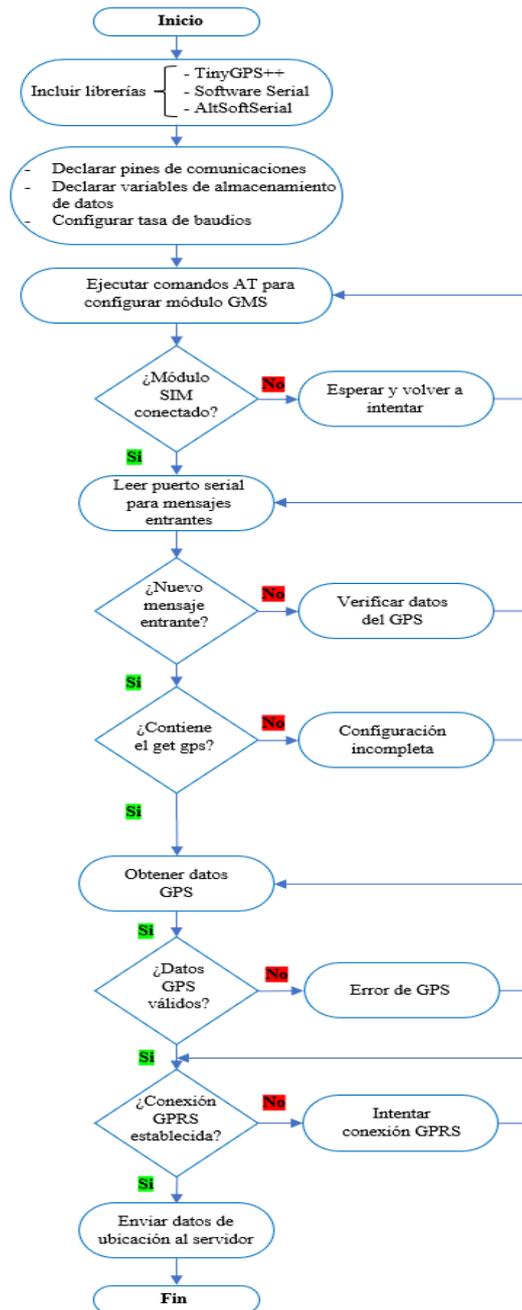


Figura 28. Diagrama de flujo de envío de datos del prototipo al servidor

Fuente: Elaboración propia

6.5.2. Desarrollo de página web

Después de completar la fase de diseño la cual se encuentra en el apartado 6.3.1., se facilitó las paletas de colores definitivas para la página, junto con los logos y fondos. La creación de la página web se constituye de la siguientes pantallas y apartados.

6.5.2.1. Menú de navegación. El menú de navegación una parte crucial de la interfaz de usuario se implementó utilizando CSS tal como se muestra en la Figura 29, este menú está

diseñado para ofrecer una experiencia de usuario intuitiva y accesible, permitiendo una navegación fluida por el sistema de monitoreo. A continuación, se describen los aspectos más destacados del código CSS utilizando. Diseño y posicionamiento, el menú de navegación esta estilizado a través de la clase “.appclase”, que define un fondo azul de acuerdo a la paleta de colores, también la barra de navegación está fijada en la parte superior de la página por medio de “position: fixed”.



Figura 29. Menú de navegación

Fuente: Elaboración propia

6.5.2.2. Pantalla de inicio. La pantalla de inicio proporciona una introducción clara y concisa sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), el transporte sostenible y los beneficios de utilizar la bicicleta. Esta sección está diseñada para sensibilizar a los usuarios sobre la importancia del cuidado del medio ambiente y fomentar el uso de medios de transporte sostenibles, contribuyendo así a la reducción de gases de efecto invernadero. La información presentada se ilustra en la Figura 30.

La estructura de la pantalla de inicio incluye la utilización del archivo “appbar.css” garantiza una presentación consistente del menú, con los enlaces a las secciones principales del sitio. La sección de ODS presenta un diseño de layout flexible por medio “display: flex; align-items; center”. Y las animaciones interactivas se lo realizo por medio de “Intersection Observer” en JavaScript para animar las secciones cuando entran a la vista del usuario, mejorando la interacción y dinamismo del sitio web.



Figura 30. Pantalla de inicio de la página web

Fuente: Elaboración propia

6.5.2.3. Pantalla de bicicleta. La pantalla de bicicleta está diseñada para proporcionar información sobre la bicicleta eléctrica, destacando aspectos clave como la capacidad de carga máxima, la velocidad máxima alcanzada, y la autonomía de la batería. Esto se lo desarrollo por medio de un fondo de átomos, la barra de navegación del archivo “appbar.css” y las tarjetas se las ubicó en contenedores y por medio de estilos CSS se crear un efecto de volteo en 3D al pasar el cursor, usando transformaciones CSS como "rotateY". Además, se incluyó una responsividad para que se adapten a diferentes tamaños de pantallas. Esto se ilustra en la Figura 31.

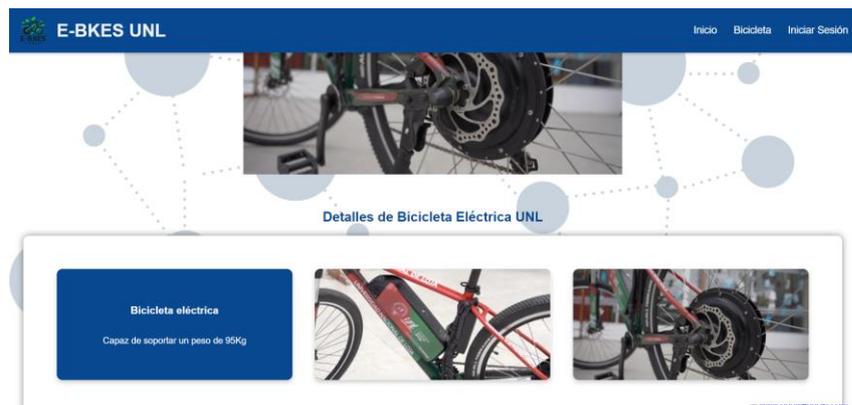


Figura 31. Pantalla de bicicleta de la página web

Fuente: Elaboración propia

6.5.2.4. Pantalla de inicio de sesión. La pantalla de inicio de sesión está diseñada exclusivamente para que los administradores accedan al sistema. Esta página incorpora una nota que indica claramente que solo los administradores pueden ingresar, lo cual es crucial para informar a los usuarios regulares las restricciones de acceso. El diseño visual incluye la barra de navegación fija, la pantalla de inicio de sesión está centrada y diseñada con un contenedor de fondo blanco que presenta el formulario utilizando HTML y CSS para asegurar un aspecto limpio y profesional. Para mejorar la experiencia de usuario, se implementa un mensaje de error si las credenciales no son correctas. Esto se presenta en la Figura 32.

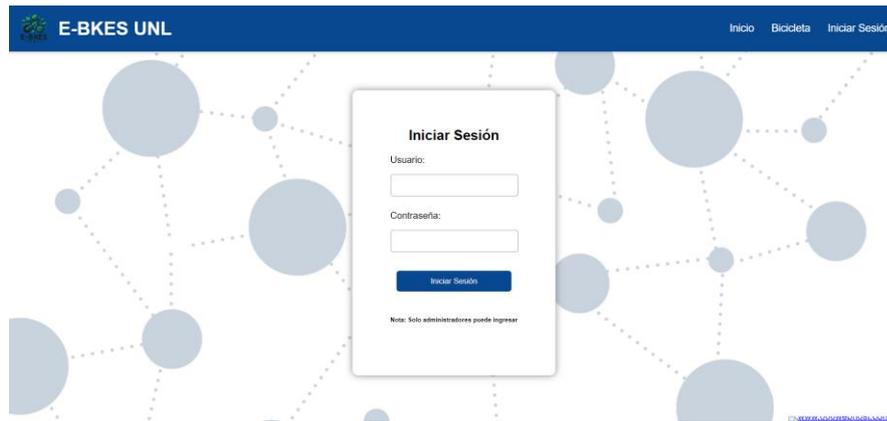


Figura 32. Pantalla de inicio de sesión de la página web

Fuente: Elaboración propia

Una vez iniciada sesión, se puede visualizar un mapa de Google Maps, esto se lo realizo por medio de una API de Google y sus respectivas bibliotecas, también, se conserva el diseño del appbar, en este mapa se presentará los puntos de ubicación que ha recorrido la bicicleta, y en la parte de abajo del mapa se mostrará la distancia total recorrida, esto se observa en la Figura 33.



Figura 33. Mapa de ubicación de la bicicleta

Fuente: Elaboración propia

El mapa de las ubicaciones se configuró para mostrar un cuadrado en rojo que representa la ubicación de estación de carga. En este caso, el cuadrado abarca todo el bloque 2, como se ilustra en la Figura 22, en la parte derecha se encuentra la parte de código utilizado para introducir las coordenadas y la función de “google.maps.Polygon” para graficar el cuadrado en dichas coordenadas, mientras que en la parte izquierda de la Figura 34 se observa el cuadrado en el mapa.

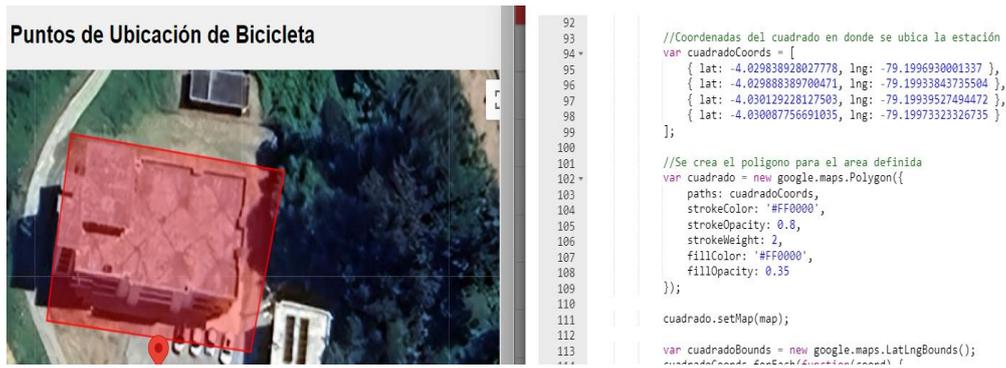


Figura 34. Ubicación de la estación de carga de la bicicleta

Fuente: Elaboración propia

La configuración del servidor y el almacenamiento de los datos se detalla en el apartado 5.3.3. Cuando los datos ya se almacenan en el servidor, se procede a graficar los puntos de latitud y longitud en el mapa, se calcula la distancia entre ellos y luego se envía esta información a la base de datos de Realtime Database de Firebase. La Figura 35 ilustra la función que se utilizó para dicho cálculo. Para esto, se utilizó la función “calculateAndDisplayRoute(directionsService, directionsRenderer)”, que se encarga de dividir las coordenadas de la ruta en segmentos manejables, calculando la distancia total entre los puntos de origen y destino. Esta función permite el uso de hasta 23 waypoint por solicitud y optimiza la ruta entre los puntos. En el Anexo 2 se aloja la función completa utilizada.

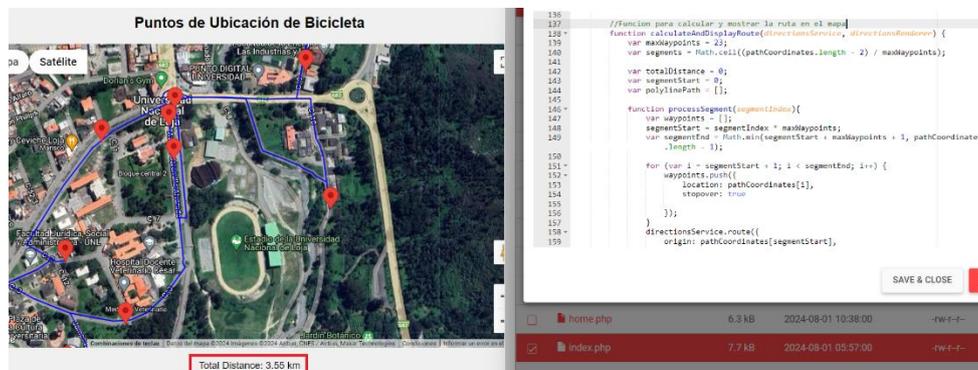


Figura 35. Función para cálculo de la distancia

Fuente: Elaboración propia

6.5.3. Configuración de la base de datos.

La base de datos se configuró para cumplir con los requerimientos específicos del I2TEC, con el objetivo de implementar un sistema para gestionar los horarios de uso de la bicicleta. El sistema incluye un mecanismo de autenticación seguro para los usuarios, la capacidad de mostrar de imágenes informativas dentro de la aplicación, así como mostrar la funcionalidad para indicar el nivel de batería aproximada de la bicicleta y verificar la presencia

de la bicicleta en la estación de carga. A continuación, se detalla cómo se configuro cada servicio de la base de datos:

6.5.3.1. Sistema Autenticación. Para cumplir con el requisito del sistema de autenticación y acceso, se implementó un sistema de autenticación robusto utilizando el servicio de Authentication de Firebase. Este sistema proporciona un acceso seguro a la aplicación y se la configuro de la siguiente manera:

- Inicio de sesión: Para implementar el inicio de sesión en la aplicación, se habilito dos proveedores de autenticación en el sistema de Firebase: Correo Electrónico/Contraseña y Google, como se ilustra en la Figura 36. La selección de ambos se realizó con el objetivo de ofrecer flexibilidad y comodidad a los usuarios.

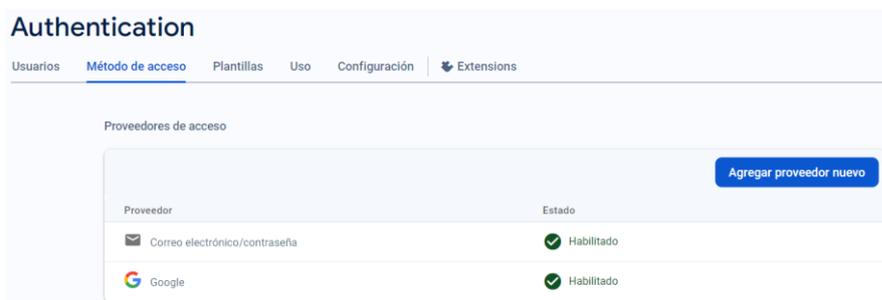


Figura 36. Selección y habilitación de proveedores de autenticación

Fuente: Elaboración propia

- Registro de usuarios: Para efectuar el proceso de registro de usuarios, se configuró el servicio de Authentication en el apartado de Plantillas y en verificación de dirección de correo electrónico. Para verificar la dirección de correo electrónico de los usuarios se debe abrir un correo de validación, como se puede ver en la Figura 37, en Nombre del remitente se ubicó “EBKES UNL” y en Asunto del correo “Verifica tu correo electrónico para utilizar EBKES UNL”.

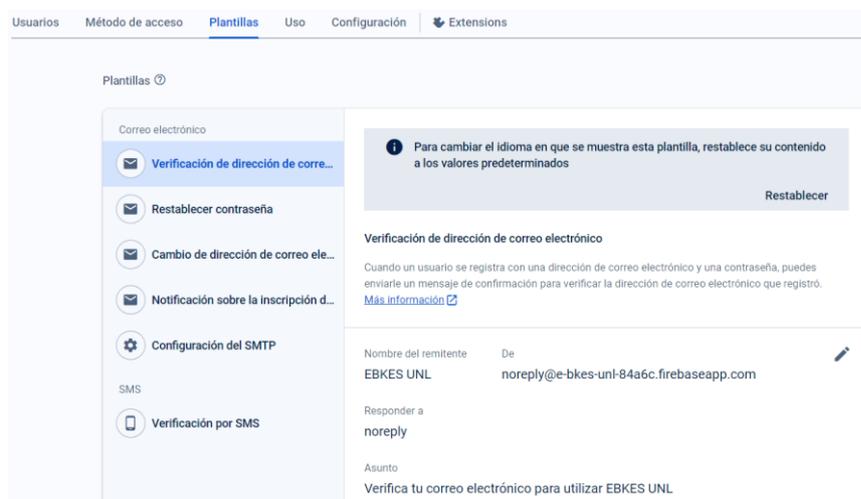


Figura 37. Configuración para verificación de correos electrónicos

Fuente: Elaboración propia

- Recuperación de contraseña: Ofrece un proceso para recuperar o restablecer la contraseña en caso de que los usuarios la olviden, asegurando que solo el propietario de la cuenta pueda realizar esta acción. Y de la misma forma en la base de datos se configuro el Nombre del remitente como “EBKES UNL” y en el Asunto “Restablece tu contraseña para EBKES UNL”, como se puede observar en la Figura 38.

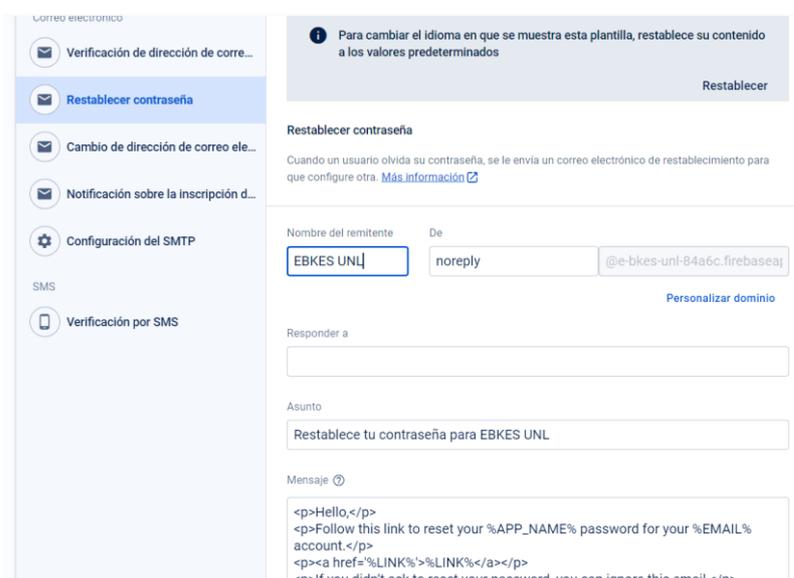


Figura 38. Configuración del restablecimiento de contraseña

Fuente: Elaboración propia

6.5.3.2. Sistema de gestión de bicicletas. Para garantizar la seguridad y privacidad de los datos en el sistema de gestión de bicicletas, se ha utilizado el servicio de Firestore Database

de Firebase. Las reglas de seguridad configuradas permiten que solo los usuarios autenticados puedan acceder a la base de datos. Como se puede observar en la Figura 39.

```
1 rules_version = '2';
2
3 service cloud.firestore {
4   match /databases/{database}/documents {
5     match /{document=**} {
6       allow read, write: if request.auth != null;
7     }
8   }
9 }
```

Figura 39. Reglas de seguridad para Firestore Database

Fuente: Elaboración propia

Estas reglas especifican lo siguiente:

- Versión de las reglas: Se utiliza la versión 2 de las reglas de Firestore para aprovechar las últimas características de seguridad y funcionalidad.
- Acceso controlado: La regla “allow read, write: if request.auth != null;” garantiza que tanto las operaciones de lectura como de escritura en cualquier documento de la base de datos solo sean permitidas si el usuario está autenticado.

6.5.3.3. Espacio publicitario. Para dar cumplimiento a este requisito se utilizó el servicio de Storage de Firebase, en el cual albergaran imágenes informativas de la universidad o cualquier otro tipo de información de interés.

En primer lugar, se inició configurando las reglas de seguridad que permiten a los usuarios acceder a la carpeta de bicicletas, tal y como se ilustra en la Figura 40.

```
1 rules_version = '2';
2
3 // Craft rules based on data in your Firestore database
4 // allow write: if firestore.get(
5 //   /databases/{default}/documents/users/{request.auth.uid}).data.isAdmin;
6 service firebase.storage {
7   match /b/{bucket}/o {
8     match /{allPaths=**} {
9       allow read, write: if request.auth != null;
10    }
11  }
12 }
```

Figura 40. Reglas de seguridad para Storage de Firebase

Fuente: Elaboración propia

Estas reglas especifican lo siguiente:

- Versión de las reglas: Se utiliza la versión 2 de las reglas de Storage para aprovechar las últimas características de seguridad.

- Acceso controlado: La regla “allow read, write: if request.auth != null;” garantiza que tanto las operaciones de lectura como de escritura en cualquier carpeta de la base de datos solo sean permitidas si el usuario esta autenticado.

Como segundo lugar, se inició creando una carpeta exclusiva para que los administradores puedan subir las imágenes que quieran presentar en la aplicación móvil, tal y como se puede observar en la Figura 41.

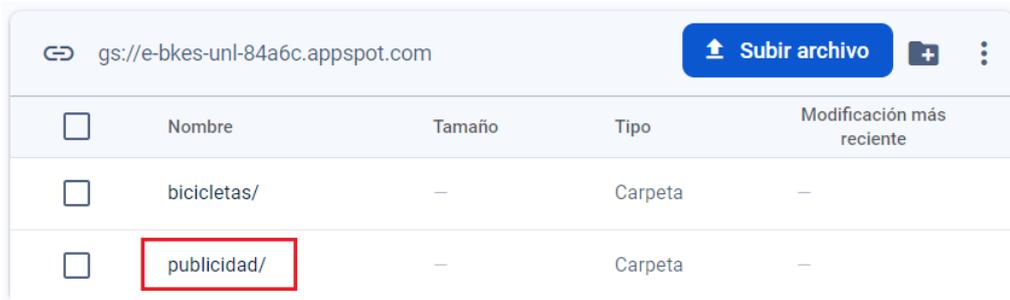


Figura 41. Creación de la carpeta de publicidad en Storage de Firebase

Fuente: Elaboración propia

En esta carpeta, puede el administrador almacenar todas las imágenes que desea mostrar en la aplicación. Es compatible con diferentes formatos de archivo, como PNG, JPEG e incluso GIF. Esta estructura se ilustra en la Figura 42:



Figura 42. Formatos de archivos de imágenes

Fuente: Elaboración propia

6.5.3.4. Funcionalidad de la batería y detección en la estación. Para cumplir con el requerimiento de almacenar las coordenadas del prototipo y la distancia recorrida, se utiliza el servicio de Realtime Database de Firebase. Los datos se envían a través de un archivo PHP alojado en el servidor de 000WebHost.

El archivo PHP comienza incluyendo la librería “firebaseLib.php”, necesaria para interactuar con la base de datos de Firebase. Luego, captura las coordenadas enviadas a través del parámetro “_GET” en la URL, asegurando que los datos se reciban correctamente desde el prototipo. El script define las constantes “DEFAULT_URL” y “DEFAULT_TOKEN”, que

especifican la URL de la base de datos de Firebase y el token de autenticación, respectivamente. También, se define la ruta “DEFAULT_PATH”, donde se almacena los datos dentro de la estructura de la base de datos en este caso tendrá el nombre de “GPSLocation/UBICACION”. Y por medio del método “update” de la instancia de Firebase se utiliza para enviar los datos a la ruta especificada en la base de datos, el cual actualiza los campos de “latitude” y “longitude” en la ubicación dada.

Luego de realizar todas estas configuraciones, se debe de reflejar en Realtime Database que se crea una nueva organización con el nombre de “GPSLocation/UBICACION”, con los campos de “latitude” y “longitude”. Todo esto se detalla en la Figura 43.



Figura 43. Archivo PHP para enviar datos de coordenadas a Realtime Database

Fuente: Elaboración propia

Por parte de la información de la distancia recorrida se realiza otro archivo PHP. Se utiliza el mismo “DEFAULT_URL”, “DEFAULT_TOKEN” pero la ruta de almacenamiento es distinta y se la denominó “Recorrido” tal como se ilustra en la Figura 44.

```

1 <?php
2 header('Content-Type: application/json');
3 const DEFAULT_URL = 'https://cycle-geo-62812-default-rtdb.firebaseio.com/';
4 const DEFAULT_TOKEN = 'AIzaSyB1IiZZvdU2hn0WxjblHfDzMSIalCmCmw';
5 $DEFAULT_PATH = 'Recorrido';
6
7 $data = json_decode(file_get_contents('php://input'), true);
8 if (isset($data['distance'])) {
9     $distance = $data['distance'];
10
11     require 'config_distance.php';
12
13     $stmt = $conn->prepare("INSERT INTO tbl_distances (distance) VALUES (?)");
14     $stmt->bind_param("d", $distance);
15
16     $response = [];
17 if ($stmt->execute()) {
18     $response['success'] = true;
19
20     // Enviar los datos a Firebase
21     require 'firebaseLib.php';
22
23     $firebase = new \Firebase\FirebaseLib(DEFAULT_URL, DEFAULT_TOKEN);
24     $firebaseData = [
25         'distance Km' => $distance,
26         'timestamp' => date('Y-m-d H:i:s')
27     ];

```

Figura 44. Archivo PHP para enviar el dato del recorrido a Realtime Database

Fuente: Elaboración propia

Una vez que la configuración de la base de datos y el servidor este completa, el siguiente paso es enviar los datos recolectado a Realtime Database de Firebase. La Figura 45 presenta un diagrama de flujo que ilustra cómo el servidor gráfica los datos y realiza el cálculo de la distancia recorrida de la bicicleta.

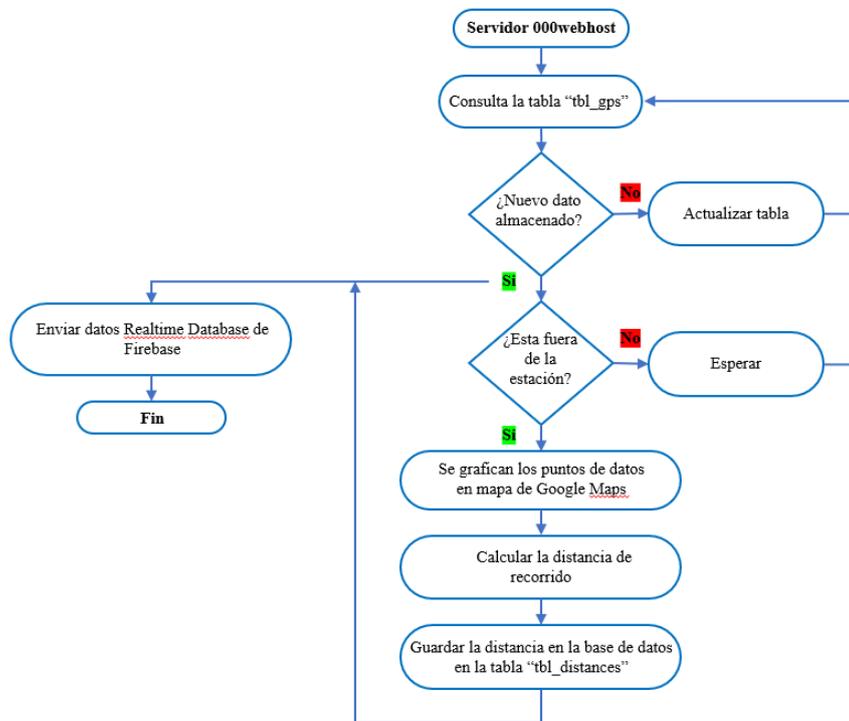


Figura 45. Diagrama de flujo para envío de datos a Firebase Realtime Database

Fuente: Elaboración propia

Por último, la información debería estar disponible en Firebase Realtime Database. Esto se observar en la Figura 46.



Figura 46. Recepción de datos a Realtime Database

Fuente: Elaboración propia

6.5.4. Desarrollo de aplicación móvil.

Una vez finalizado parte del diseño de la aplicación móvil, se proporcionó las paletas de colores definitivas para la aplicación, junto con los logos, fondos y estilos de los botones. La creación de la aplicación de usuario incluye las siguientes pantallas, que constituyen la funcionalidad de todo el sistema de gestión de la bicicleta. La explicación de la utilización de la aplicación se encuentra alojado en el Anexo 3.

6.5.4.1. Pantalla de autenticación. La pantalla de autenticación comprende las secciones de inicio y de registro de los usuarios. La Figura 47 (a) nos presenta la pantalla de inicio de sesión, con su respectivo nombre de la aplicación y su logo representativo. En cambio, la Figura 47 (b) es la pantalla de registro de los usuarios. Los cuales solo van a poder ingresar con un correo institucional, de dos formas.

La primera por medio del servicio de Correo electrónico/contraseña de Authentication de Firebase. Esto se lo realizo por medio de un validator en flutter, en el cual si no posee la terminación “@unl.edu.ec” no será posible el registro de los usuarios, además en el campo de contraseña, se pide a los usuarios que la contraseña tenga mínimo 8 caracteres, al menos un número, una letra y un carácter especial cualquier de los siguiente: “[!@#%^&*(),.?":{}|<>_-]”. Si es que no se cumple estos términos, saldrán mensajes de color rojo notificando que existe algún error. La segunda forma de registro es por medio del botón de “Registro con Google”, en el cual se lo desarrolló para que los usuarios puedan ingresar directamente con la cuenta de

Google con su correo institucional, esto con ayuda del paquete de google_sign_in, en el cual se configuro, que tenga la terminación de “@unl.edu.ec”, si no es el caso saldrá una advertencia por medio de un show dialog con el título de “Correo incorrecto”.

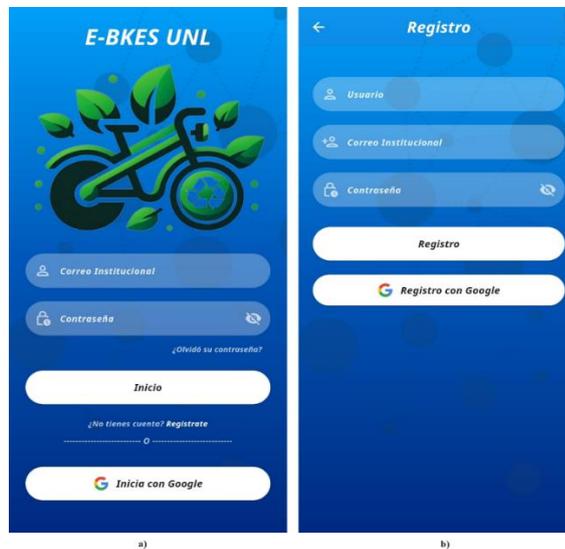


Figura 47. Pantalla de autenticación

Fuente: Elaboración propia

6.5.4.2. Pantalla de inicio. Esta pantalla se presenta cuando ya se ha iniciado sesión, y es lo primero que se observa. La Figura 48 (a) se presenta una imagen informativa ya sea de la carrera o de la universidad. Esto se lo desarrollo por medio de una función denominada “_showPublicidadDialog” en la cual se debe de ingresar a la carpeta de “publicidad” en el Storage de Firebase, se hace un llamado a todos los archivos disponibles con la función de “FirebaseStorageService.getPublicidadImageUrl()” y se obtiene el más reciente. Por el contrario, la Figura 48 (b), es la pantalla de las respectivas bicicletas, y su información de si se encuentra o no en la estación. Esto se lo realiza por medio de un llamado a la ruta de “GPSLocation/UBICACION” y se obtiene el dato almacenado. Como se puede observar la bicicleta 1, se encuentra en la estación. Y eso es porque se encuentra en las coordenadas esperadas las cuales son: Lat(-4.030052) y Lng(-79.199585).

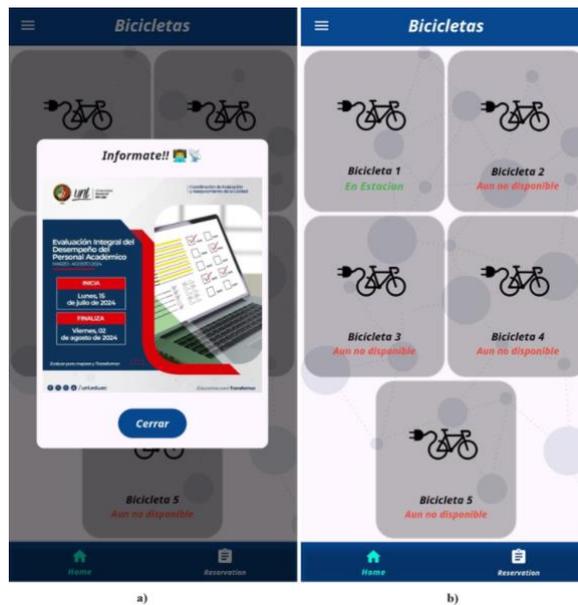


Figura 48. Pantalla de inicio principal

Fuente: Elaboración propia

6.5.4.3. Pantalla de reserva. La pantalla de reservación del sistema de gestión permite a los usuarios seleccionar una bicicleta y ver los horarios disponibles para reservar. Como se muestra en la Figura 49 (a), se presentan las bicicletas disponibles para reservar, numeradas del 1 al 5, y el usuario puede seleccionar cualquiera de ellas. Al seleccionar una bicicleta, como se ilustra en la Figura 49 (b), se despliega una lista de horarios disponibles para esa bicicleta.

La implementación de las funcionalidades se realiza a través de consultas a la base de datos de Firestore, donde se almacenan las reservas realizadas. Con el método “_cargarHorariosDisponibles()” se obtiene los horarios ya reservados y filtra los horarios que aún se encuentran disponibles. También, por medio del método “_verificarReservasUsuario()” se comprueba cuántas reservas ha realizado el usuario en el día actual. Por último, por medio del método “_puedeReservar()” se asegura que el usuario no pueda reservar más de un determinado número de horarios, que se ha programado 2 horarios. Si es que el usuario quiere reservar más de dos horarios saldrá una notificación por medio de un showdialog, el cual tiene el mensaje de “Limite excedido”.

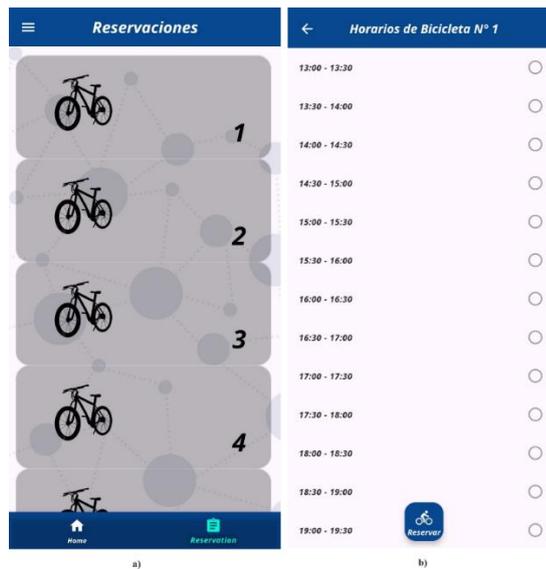


Figura 49. Pantalla de reserva

Fuente: Elaboración propia

6.5.4.4. Pantalla de detalles de bicicletas. En la pantalla de detalles de la bicicleta, se muestra el estado aproximado de la batería y los horarios que ya han sido reservados por los usuarios. En la Figura 50 (a), el estado de la batería se encuentra al 100% y no hay horarios reservados, indicando que la bicicleta está completamente carga y disponible para nuevas reservas. Por otro lado, La Figura 50 (b) muestra una situación donde la bicicleta ya tienen horarios reservados por dos usuarios. Para la visualización del estado aproximado de la batería, se utilizó un “StreamSubscription” para escuchar cambios en la base de datos de Realtime Database, específicamente la ruta de “Recorrido/distance”. Y por medio de la función de “calcularNivelBateria()” se calcula la distancia recorrida y esto ajusta el estado del nivel aproximado de la batería, de acuerdo a la autonomía total de la bicicleta. Y para observar los horarios reservados se utiliza la función de “Reservas_bici1_\$dayOfWeek”, que obtiene una colección en Firebase Firestore, que almacena las reservas para el día actual y se consulta dicha colección y se obtiene los horarios reservados junto con el usuario y se lo presenta en la aplicación.

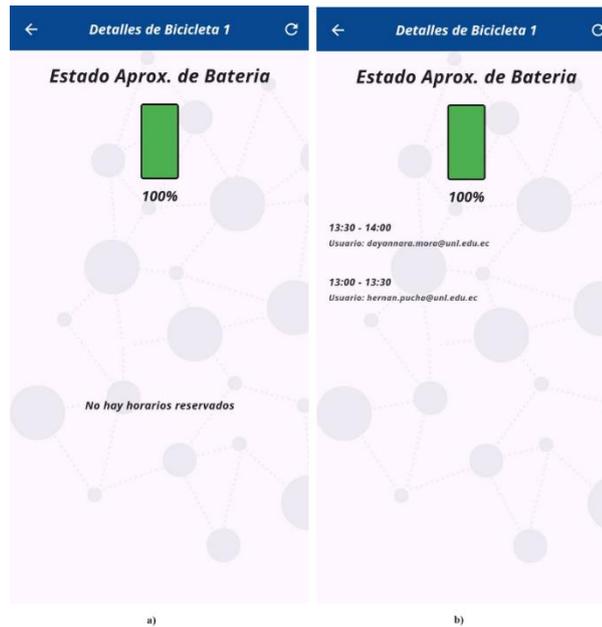


Figura 50. Pantalla de detalles de bicicletas

Fuente: Elaboración propia

6.5.4.5. Pantalla de información adicional. La aplicación presenta un menú lateral, visible en la Figura 51 (a), que ofrece opciones de navegación al usuario. Entre estas opciones se encuentran las “Consideraciones del Usuario”, “Observaciones de Bicicletas” y “Cerrar Sesión”. La pantalla de “Consideraciones del Usuario”, se ilustra en la Figura 51 (b), proporciona directrices para el correcto uso de la aplicación y la bicicleta. Se destaca la importancia de seguir estas recomendaciones para asegurar un uso responsable y eficiente de los recursos compartidos.

La pantalla de “Observaciones de Bicicletas”, mostrada en la Figura 51 (c), permite a los usuarios reportar cualquier problema o daño en las bicicletas antes de su uso. Esta funcionalidad se ha implementado utilizando varias características técnicas. La pantalla incluye un campo de texto para que los usuarios describan detalles específicos del estado de la bicicleta. Pueden cargar imágenes que ilustren el problema encontrado, por medio del paquete de “image_picker”. Para esto se utilizan dos botones que permiten seleccionar una imagen desde la galería del dispositivo móvil o capturar una nueva foto con la cámara del móvil. Y al hacer clic en el botón de “Notificar” se verifica los campos que estén llenos y crea una colección en Firestore con el nombre de “Notificación_de_bicicleta”, con los campos de la información, fecha y hora, y posterior a esto se cierra la pantalla y se dirige a la pantalla principal.

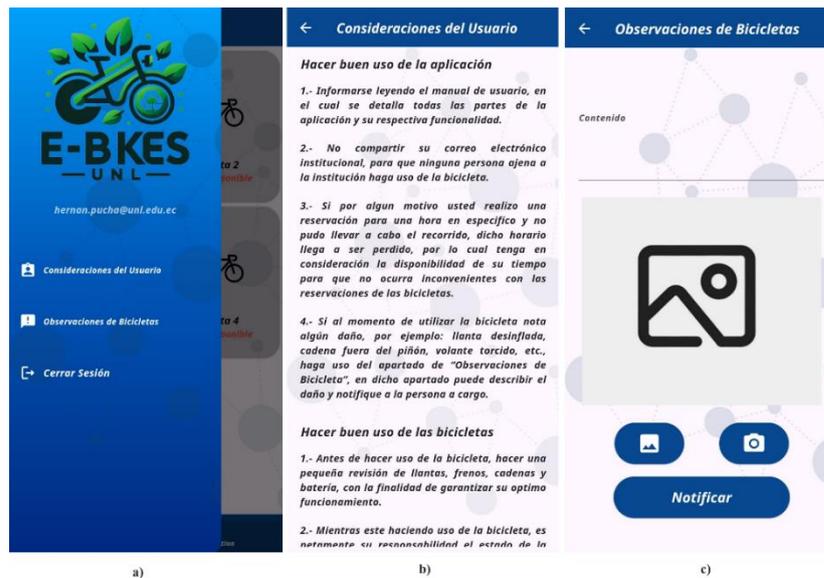


Figura 51. Pantalla de menú de información

Fuente: Elaboración propia

6.5.4.6. Generación de archivo APK. Al finalizar las fases de diseño y construcción de la aplicación móvil, el siguiente paso es la generación archivo APK. Este archivo se aloja en una plataforma de almacenamiento como Google Drive, para facilitar su acceso y descarga. Se proporciona un enlace seguro al archivo APK, el cual se comparte con todos los interesados que quieran hacer uso de la bicicleta.

6.6. Pruebas de funcionamiento

6.6.1. Funcionamiento del dispositivo

Para validar el funcionamiento correcto del prototipo y de sus sistema de gestion de bicicletas, se llevaron pruebas de funcionalidad para corroborar que funcione correctamente. Primeramente se utilizo un código en Arduino, el cual, se especifica en la Figura 52 (a), el mismo, esta diseñado para leer los datos del módulo GPS conectado al arduino y enviar la ubicación GPS al número de telefono a través del módulo SIM800L, esto se ilustra en la Figura 52 (b). En el bucle loop(), lee los datos del GPS y si la ubicación es válida, crea un mensaje con la latitud y longitud, que se envía como un SMS al número de teléfono. El código se lo especifica de mejor manera en el Anexo 4.



Figura 52. Envío de información al número de teléfono

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 53, se presenta las primeras pruebas de recolección de datos del prototipo, en el cual se observa que se registran los datos cada 2 minutos.

	id	lat	lng	created_date
<input type="checkbox"/>	8	-4.032654	-79.202499	2024-05-30 05:37:00
<input type="checkbox"/>	9	-4.032654	-79.202499	2024-05-30 05:39:04
<input type="checkbox"/>	10	-4.032509	-79.202217	2024-05-30 05:43:03
<input type="checkbox"/>	11	-4.032475	-79.202133	2024-05-30 05:45:07
<input type="checkbox"/>	12	-4.032419	-79.202209	2024-05-30 05:47:04
<input type="checkbox"/>	13	-4.032406	-79.202187	2024-05-30 05:49:05
<input type="checkbox"/>	14	-4.032407	-79.202187	2024-05-30 05:51:06
<input type="checkbox"/>	15	-4.032400	-79.202187	2024-05-30 05:53:08
<input type="checkbox"/>	16	-4.032393	-79.202187	2024-05-30 05:55:09
<input type="checkbox"/>	17	-4.032396	-79.202179	2024-05-30 05:57:09
<input type="checkbox"/>	18	-4.032413	-79.202194	2024-05-30 05:59:12
<input type="checkbox"/>	19	-4.032388	-79.202179	2024-05-30 06:01:11
<input type="checkbox"/>	20	-4.032385	-79.202179	2024-05-30 06:03:11
<input type="checkbox"/>	21	-4.032390	-79.202164	2024-05-30 06:05:12
<input type="checkbox"/>	22	-4.031244	-79.199753	2024-05-31 00:09:40
<input type="checkbox"/>	23	-4.031292	-79.199829	2024-05-31 00:11:41
<input type="checkbox"/>	24	-4.031240	-79.199760	2024-05-31 00:13:44
<input type="checkbox"/>	25	-4.031250	-79.199760	2024-05-31 00:15:43
<input type="checkbox"/>	26	-4.031324	-79.199715	2024-05-31 00:17:43
<input type="checkbox"/>	27	-4.031307	-79.199768	2024-05-31 02:54:23
<input type="checkbox"/>	28	-4.030216	-79.199532	2024-05-31 02:59:25
<input type="checkbox"/>	29	-4.030040	-79.199600	2024-05-31 03:07:29

Figura 53. Almacenamiento de datos en el servidor 000webhost

Fuente: Elaboración propia

Se analizo que el tiempo de recolección de datos es muy amplio, dado que, si un usuario va a ir en la bicicleta y la misma puede alcanzar velocidades de 45Km/h, entonces la distancia

de un punto a otro será muy amplia, es por ello, que se disminuyó el tiempo de recolección a 1 minuto, por medio del código en Arduino. Lo cual se puede ilustrar en la Figura 54.

```
22 long interval2 = 60000; //tiempo de envio al servidor
23
24 String url = "http://ebkesunl.000webhostapp.com//gpsdata.php"; //URL of Server
25
```

Figura 54. Sección de código del prototipo en Arduino

Fuente: Elaboración propia

Y este tiempo se lo utiliza en la función de send_to_server, del código en Arduino, todo el código fuente utilizado en el prototipo se lo encuentra alojado en Anexo 5.

6.6.2. *Funcionamiento de la aplicación*

6.6.2.1. Registro de usuarios. El funcionamiento del registro de usuarios por medio del servicio de Correo/contraseña de Authentication de Firebase, en primera instancia se probó el registro al introducir un correo Gmail y una contraseña sin un carácter especial, para comprobar los mensajes de error. Esto se puede visualizar en la Figura 55.

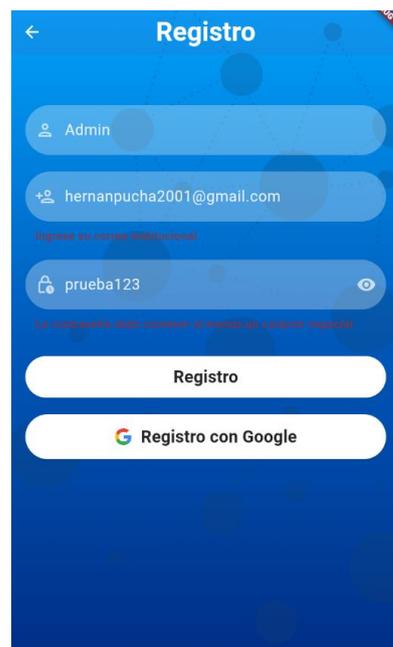


Figura 55. Registro de Usuarios

Fuente: Elaboración propia

Una vez completo el registro con las advertencias correspondientes, se procede a enviar un correo de verificación al correo institucional, en el cual se posee un enlace para poder validar que el correo sea verdadero. Esto se lo realiza por medio de la función de sendEmailVerification

del paquete de firebase_auth, esto se ilustra en la Figura 56 (a) que corresponde al correo recibido y en la Figura 56 (b), ya se accede al enlace y se ha verificado la cuenta.

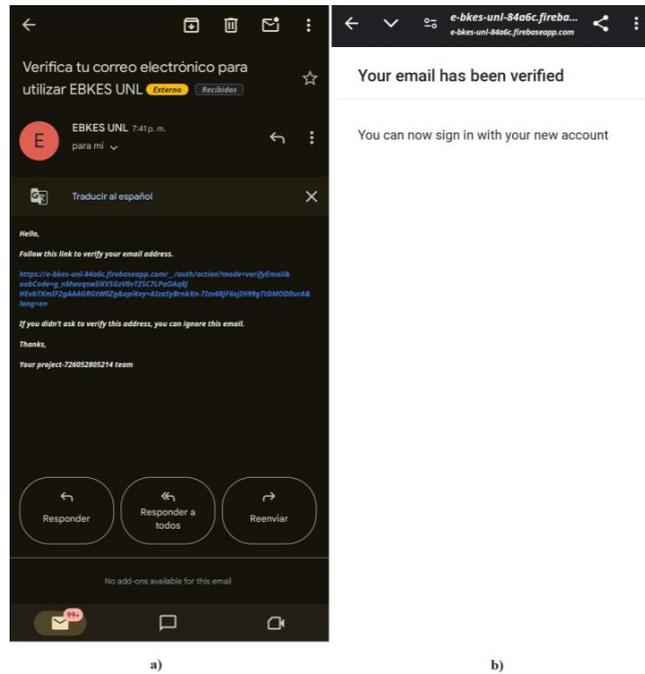


Figura 56. Correo de Verificación

Fuente: Elaboración propia

La segunda forma de registro por medio del botón de Google, primeramente, se verifica que el botón solo acepte correos de la universidad institucionales, por ello se selecciona un correo Gmail normal para comprobar que aparezca el mensaje de error. Esto se puede visualizar en la Figura 57.

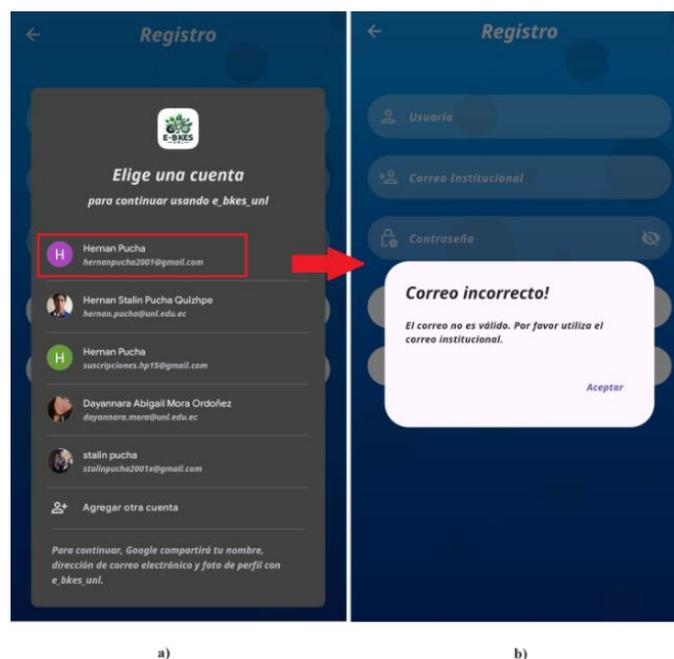


Figura 57. Segunda forma de registro

Nota: Figura 57 (a) elección de correo incorrecto, Figura 57 (b) advertencia de correo no válido. **Fuente:** Elaboración propia

Al realizar esto se comprueba la funcionalidad de aplicación en sus métodos de registro ya que ambas formas de registro son las que pueden llevar a cabo los usuarios, esto garantiza un mayor nivel de seguridad tanto para los medios de transporte como para los usuarios. Y, además, mayor flexibilidad a la hora de registrarse.

6.6.2.2. Funcionalidad de reservaciones. En la sección de reservación, se evaluará primero la funcionalidad del límite de tiempo. Si un usuario intenta reservar la bicicleta por más de una hora, se mostrará un mensaje informándole que el límite es de 60 minutos. Una vez que el usuario haya utilizado la bicicleta y haya transcurrido este tiempo, podrá realizar una nueva reservación. Este proceso se ilustra en la Figura 58.

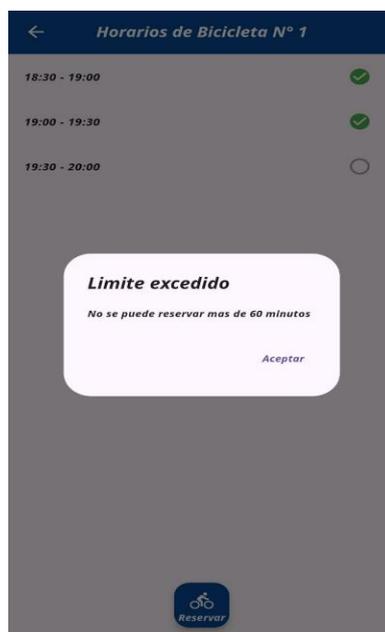


Figura 58. Función de reservación

Fuente: Elaboración propia

Una vez reservado solos dos horarios, y al hacer clic en reservar, aparecerá un mensaje de confirmación, el cual, si no se da clic en aceptar, no reservará la bicicleta, esto se puede ilustrar en la Figura 59.

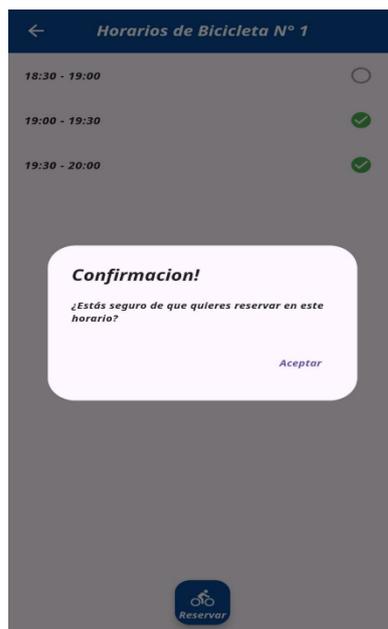


Figura 59. Confirmación de reservación

Fuente: Elaboración propia

Al aceptar la confirmación, el usuario será dirigido automáticamente a la pantalla de inicio de la aplicación. Si hace clic en la bicicleta que ha reservado, podrá ver el horario reservado en los detalles de la misma. Este proceso se muestra en la Figura 60.

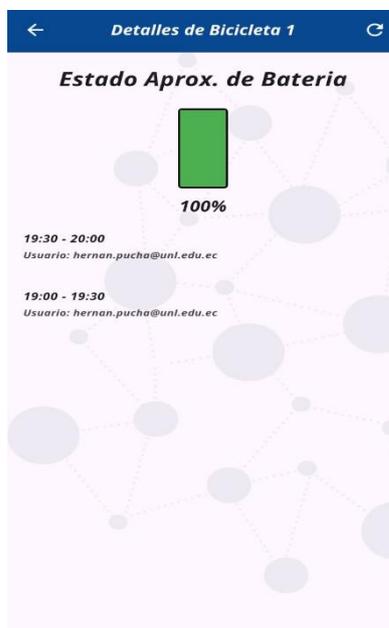


Figura 60. Verificación de la reservación en detalles de bicicleta

Fuente: Elaboración propia

6.6.2.3. Funcionalidad de notificar el estado de la bicicleta. Si un usuario nota que la bicicleta está en mal estado antes de utilizarla, debe utilizar la opción de “Observación de

bicicleta”. En esta sección, el usuario deberá describir textualmente el daño u observación encontrada y, además, se solicitará una fotografía, que puede ser tomada en ese momento con la cámara o seleccionada de su almacenamiento. Esto asegura que las observaciones sean verídicas. Como se muestra en la Figura 61, se ha registrado el comentario “Bicicleta N°1 se encontró con la pantalla rota”, junto con la evidencia fotográfica correspondiente.



Figura 61. Función de Observaciones de bicicleta

Fuente: Elaboración propia

Luego de hacer clic en “Notificar”, se redirige automáticamente a la pantalla de inicio y en la parte inferior aparecerá una pequeña notificación con el mensaje de “Notificación enviada”, esto se puede Visualizar en la Figura 62.

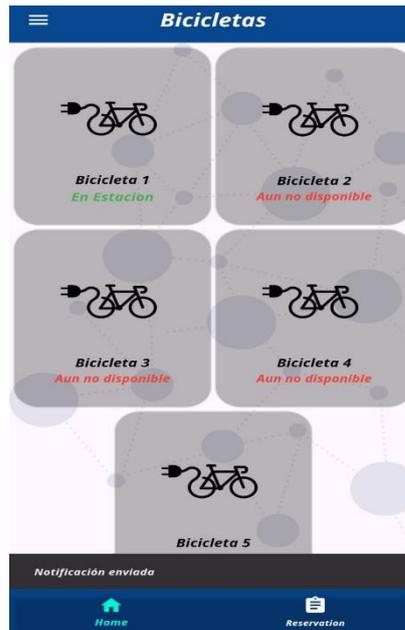


Figura 62. Mensaje de notificación enviada

Fuente: Elaboración propia

6.6.3. Cálculo del nivel aproximado de la batería

Para el cálculo del nivel de la batería se utilizó la Ecuación 1, en la cual se debe tener la distancia entre de los puntos para su posterior envío a la base de datos, y poder hacer el cálculo.

$$B_f = 100\% - \left(D * \frac{100\%}{A} \right) \quad (4)$$

Donde:

B_f = Nivel de batería final

D = Distancia recorrida

A = Autonomía total de bicicleta

La función utilizada para dicho cálculo se la especifica en la Figura 63, para posterior presentarla en la aplicación en el apartado de “Detalles de Bicicleta 1”

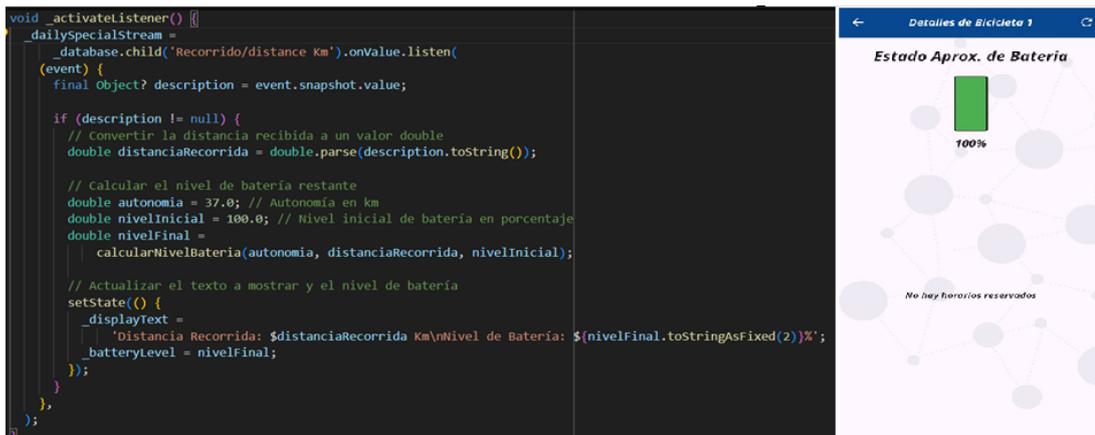


Figura 63. Función de estado aproximado de la batería

Fuente: Elaboración propia

Para el primer recorrido, se verifica que la bicicleta posee un aproximado de la batería de un 100%, puesto que no hay ningún dato almacenado el servidor, esto se puede verificar en la Figura 64.

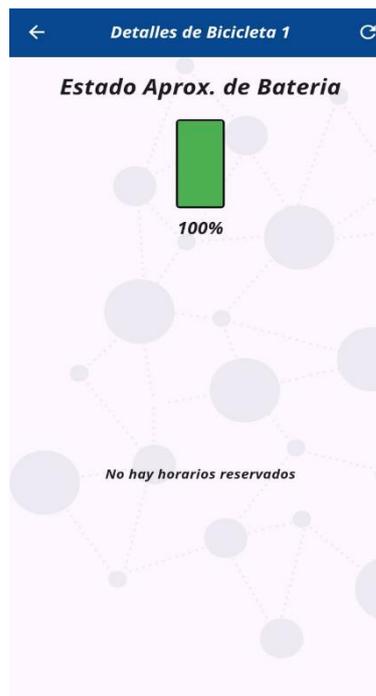


Figura 64. Nivel inicial del aproximado de la batería

Fuente: Elaboración propia

Una vez finalizado el recorrido, se observa en la página web si se ha registrado los puntos de la ruta realizada. Esto se observa en la Figura 65, el recorrido total y en la parte inferior la distancia total recorrida, que para este caso fue de 3.55 Km.



Figura 65. Primer recorrido

Fuente: Elaboración propia

Cálculo matemático manual de la distancia recorrida, por medio de la Ecuación 4.

$$B_f = 100\% - \left(D * \frac{100\%}{A} \right)$$

$$B_f = 100\% - \left(3.55 \text{ Km} * \frac{100\%}{37 \text{ Km}} \right)$$

$$B_f = 100\% - (3.55 * 2.7027 \%)$$

$$B_f = 100\% - (9.5945\%)$$

$$B_f = 90.40\%$$

Para el cálculo matemático en la aplicación se hace uso de la función, la cual se encuentra en la Figura 63, que hace uso del valor que llega a la base de datos de Firebase. En la Figura 66 se observa el resultado automático en la aplicación.



Figura 66. Resultado del nivel aproximado de batería del primer recorrido

Fuente: Elaboración propia

Para el segundo recorrido realizado, el cual quedó registrado la primera distancia recorrida, con la finalidad que se haga una suma con el recorrido secundario, esto se visualiza en la Figura 67, que su recorrido final fue de 6.80 Km



Figura 67. Segundo Recorrido

Fuente: Elaboración propia

Cálculo matemático manual de la distancia recorrida, por medio de la Ecuación 4.

$$B_f = 100\% - \left(D * \frac{100\%}{A} \right)$$

$$B_f = 100\% - \left(6.80 \text{ Km} * \frac{100\%}{37 \text{ Km}} \right)$$

$$B_f = 100\% - (6.80 * 2.7027 \%)$$

$$B_f = 100\% - (18.3784\%)$$

$$B_f = 81.62\%$$

Para el cálculo matemático en la aplicación se hace uso de la función. En la Figura 68 se observa el resultado automático en la aplicación que, para este caso, como el resultado manual salió un 81.62% en la función de la aplicación realiza un redondeo, si su decimal es superior a 0.5, redondea al inmediato superior.

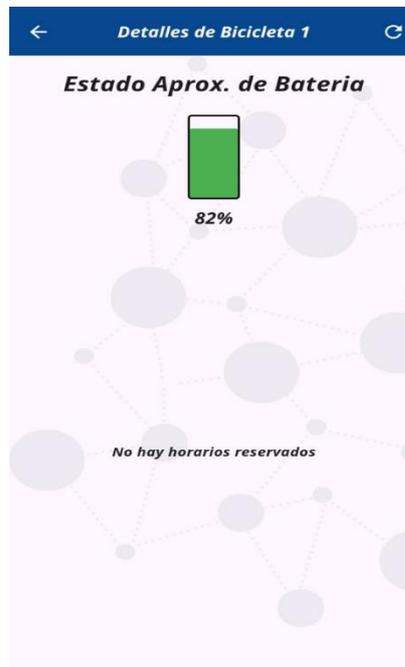


Figura 68. Resultado del nivel aproximado de batería del segundo recorrido

Fuente: Elaboración propia

Para el tercer recorrido realizado, el cual quedo registrado con la suma de los dos primeros recorridos, se realiza la suma y como resultado se obtiene una distancia total de 16.69 Km, esto se visualiza en la Figura 69.



Figura 69. Tercer Recorrido

Fuente: Elaboración propia

Cálculo matemático manual de la distancia recorrida, por medio de la Ecuación 4.

$$B_f = 100\% - \left(D * \frac{100\%}{A} \right)$$

$$B_f = 100\% - \left(16.69 \text{ Km} * \frac{100\%}{37 \text{ Km}} \right)$$

$$B_f = 100\% - (16.69 * 2.7027 \%)$$

$$B_f = 100\% - (45.1081\%)$$

$$B_f = 54.89\%$$

Para el cálculo matemático en la aplicación se hace uso de la función. En la Figura 70 se observa el resultado automático en la aplicación que, para este caso, como el resultado manual salió un 54.89% en la función de la aplicación realiza un redondeo, si su decimal es superior a 0.5, redondea al inmediato superior

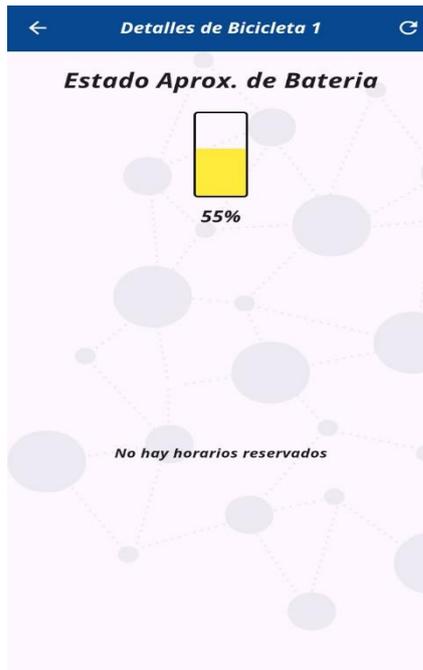


Figura 70. Resultado del nivel aproximado de batería del tercer recorrido

Fuente: Elaboración propia

7. Discusión

En el desarrollo del sistema de gestión y monitoreo de bicicletas, se logró implementar un dispositivo de rastreo que proporciona datos en tiempo real sobre la ubicación y el nivel aproximado de batería de la bicicleta. La aplicación móvil desarrollada corresponde al sistema de gestión de los usuarios como de las bicicletas, mientras que la página web corresponde al sistema de monitoreo de la bicicleta, lo cual ofrece al administrador una visión clara de las rutas y el uso de la bicicleta.

En comparación con la aplicación de reservas implementada en Perú por Contreras & Pillaca (2017), el sistema incorpora un nivel de control al integrar un dispositivo de rastreo en tiempo real y un sistema de autenticación de usuarios. Esto no solo mejora la seguridad del sistema, sino que también proporciona un mejor uso con los recursos disponibles de la universidad por parte de los usuarios.

El aspecto destacado del sistema es la integración fluida entre el hardware y software, lo que facilita una experiencia intuitiva y eficiente. Sin embargo, hay aspectos del sistema que deben tenerse en cuenta, como la dificultad que tiene el dispositivo para establecer una línea de vista directa con los satélites GPS. Si el dispositivo se encuentra en un lugar cerrado o subterráneo, no podrá conectarse con los satélites. Igualmente, la cobertura GSM también puede afectar la transmisión de señales en estos entornos, puesto que, si la cobertura GSM es débil, impedirá la transmisión de los datos del GPS. No obstante, una vez que el dispositivo salga de dichos lugares y recupere las señales GPS, continúa funcionando con normalidad.

Para el futuro, se sugiere la integración de tecnologías adicionales, como por ejemplo en las estaciones de carga de las bicicletas implementar sensores de presencia para que mejore la efectividad al momento de utiliza o no la bicicleta. Además, de considerar la expansión del sistema a todas las facultades para que sea un medio de transporte entre facultades y ser una universidad sostenible y con avance tecnológico.

8. Conclusiones

- Se determinó que el desarrollo de una aplicación móvil es esencial para el sistema de gestión de bicicletas. Dado que la mayoría de los usuarios poseen un teléfono móvil para la comunicación diaria. La aplicación proporciona una solución cómoda y accesible para interactuar con el sistema. La funcionalidad de la aplicación permite a los usuarios visualizar la disponibilidad de la bicicleta, así como reservar la bicicleta en horarios específicos.
- El diseño y la configuración de la caja del dispositivo fueron adecuados para el entorno y el espacio previsto en la bicicleta, permitiendo así una implementación eficiente sin complicaciones. Esta integración no solo facilita la gestión y el monitoreo de bicicletas en la UNL, sino que también establece una base sólida para escalar el sistema en el futuro hacia una solución de movilidad más robusta y adaptable a diferentes necesidades.
- Las pruebas de funcionamiento iniciales revelaron que el tiempo de recolección de datos era demasiado amplio, lo que podría resultar en una falta de precisión en el seguimiento de las bicicletas debido a las altas velocidades que estas pueden alcanzar. Al ajustar el tiempo de recolección de datos a intervalos de 1 min, se mejoró la precisión del seguimiento, permitiendo un registro detallado de las rutas.
- La metodología para calcular el nivel aproximado de batería utilizando la Ecuación 4, demostró ser precisa y confiable. Durante las pruebas, los cálculos manuales del nivel de la batería coincidieron estrechamente con los resultados generados automáticamente por la aplicación, lo cual indica que el algoritmo asegura que los usuarios obtengan una representación clara y sencilla del nivel aproximado de batería.
- El prototipo posee una autonomía superior a la calculada en el apartado 6.4.1, ya que se realizaron pruebas de funcionamiento y superaron las 5 horas de uso continuo. Este tiempo de operación garantiza que el sistema pueda mantener su funcionalidad durante la mayor parte de los horarios disponibles para las reservas, proporcionando así la confianza de que no tendrá interrupciones cuando se haga uso de la bicicleta.

9. Recomendaciones

- Para futuras implementaciones del sistema, se recomienda utilizar un servidor con capacidades avanzadas de procesamiento de datos para garantizar un rendimiento óptimo y una mayor eficiencia en la gestión de información. También, es esencial elegir una base de datos que soporte la escalabilidad y expansión del sistema, permitiendo manejar de manera efectiva un mayor volumen de datos y usuarios.
- En el desarrollo de aplicaciones móviles, es crucial evaluar detenidamente las características y funcionalidades de los frameworks disponibles, así como los lenguajes de programación que utilizan. La elección del framework debe basarse en varios factores clave que pueden influir significativamente en el éxito del proyecto.
- Para un uso óptimo de la aplicación móvil, se recomienda a todos los usuarios leer detenidamente el manual de usuario. Este manual proporciona una descripción clara y concisa de las partes y funcionalidades de la aplicación. Esta lectura previa ayuda a los usuarios a comprender sus responsabilidades en el cuidado y manejo de los bienes de la universidad y a familiarizarse con las rutas disponibles.
- Para utilizar el dispositivo de rastreo, se sugiere inicializarlo en áreas amplias y abiertas, evitando condiciones de fuertes lluvias o ambientes cerrados. Para garantizar una conexión rápida y eficiente del dispositivo.
- Previo a iniciar con las reservas de la bicicleta, se recomienda asegurar que tanto la bicicleta como el dispositivo de localización estén completamente cargados. Además, considerar encender el dispositivo de localización antes de iniciar los recorridos, puesto que el dispositivo se demora alrededor de 10 a 15 minutos hasta recibir la señal GPS. Esto con la finalidad de asegurar que el sistema este completamente operativo y garantice un funcionamiento óptimo y una experiencia satisfactoria para los usuarios.
- Una vez el sistema esté en funcionamiento, se recomienda colocar el botón de encendido del prototipo dentro de la caja de protección. Esto es crucial para garantizar que el dispositivo permanezca encendido en todo momento, ya que se requiere un uso constante para el monitoreo. Si el botón de encendido se

encuentra fuera de la caja, cualquier usuario podría apagarlo accidentalmente, lo que interrumpiría el funcionamiento del sistema de rastreo.

10. Referencias bibliográficas

- Agarwal, T. (2 de Diciembre de 2020). *What is a WiFi Technology & How Does It Work?* Obtenido de El Pro Cus: <https://www.scribbr.es/citar/generador/folders/2vybsv200gP9R3H17z7JUw/lists/204J1mHKUPBimuskLm4Cod/>
- Ahir, R. (14 de Mayo de 2023). *Difference Between 1G, 2G, 3G, 4G and 5G Technology*. Obtenido de Medium: <https://medium.com/@ahirlog/difference-between-1g-2g-3g-4g-and-5g-technology-52fa9312d9e9>
- Antoja, M. (7 de Septiembre de 2023). *El transporte sostenible: ¿por qué es tan importante?* Obtenido de Ruta 67: <https://www.ruta67.com/transporte-sostenible/>
- Apeksha Telecom Services Private Limited. (11 de Mayo de 2023). *Advantages and Disadvantages of 1G 2G and 3G*. Obtenido de LinkedIn: <https://www.linkedin.com/pulse/advantages-disadvantages-1g-2g-3g-myapekshatelecom>
- ATISoft. (11 de Marzo de 2020). *Tecnologías de Geolocalización*. Obtenido de ATISoft: <https://atisoft.com.mx/location-of-things/tecnologias-de-geolocalizacion/>
- AV Electronics. (julio de 17 de 2024). *Mini interruptor rocket ON OFF*. Obtenido de AV Electronics: <https://avelectronics.cc/producto/mini-interruptor-rocket-on-off/>
- Balcázar, A., & Martha, S. (2024). Diseño y construcción de un prototipo de geolocalización, rastreo e identificación de personas en tiempo real para la ciudad de Loja utilizando red GSM. (*Trabajo de Integración Curricular, previo a la obtención del Título de Ingeniero en Telecomunicaciones*). Universidad Nacional de Loja, Loja. Obtenido de <https://n9.cl/av968>
- Barbosa, L., Pérez, W., & Prieto, J. (2024). Propuesta de diseño y desarrollo de una aplicación móvil, para incentivar el uso de bicicletas como medio de transporte integral en la Ciudad de Bogotá. (*Trabajo de Grado*). Universidad Piloto de Colombia, Bogotá.
- Becvar, Z., Mach, P., & Pravda, I. (11 de Diciembre de 2013). Redes móviles. *Improvnet*, 93-94.
- Blanton, S. (17 de Febrero de 2023). *¿En qué consiste la Gestión de Usuario?* Obtenido de Jumpcloud: <https://jumpcloud.com/es/blog/what-is-user-management>

- Bonilla, E., & Pullay, E. (2022). Diseño y Prototipo para la movilidad peatonal con tecnología RFID y alarma audible de localización para personas con discapacidades. (*Proyecto Integrador previo a la obtención del título de ingeniero en Telecomunicaciones*). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil.
- Castelo, M. (11 de Junio de 2024). *Firestore o Supabase: ¿cuál es mejor?* Obtenido de No-Code Start-Up: <https://nocodestartup.io/es/firebase-o-supabase/>
- Clark, J. (23 de Mayo de 2022). *Xano vs Firebase*. Obtenido de Back4app Blog: https://blog.back4app.com/xano-vs-firebase/#What_is_Xano
- Contreras, J., & Pillaca, G. (2017). Implementación de un Aplicativo Móvil para el programa de préstamos de bicicletas públicas en el distrito de San Borja. (*Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Computación y Sistemas*). Universidad de San Martín de Porres, Lima.
- Córdova, R., & Cuzco, B. (2013). Análisis comparativo entre Bases de Datos Relacionales con Bases de Datos No Relacionales. (*Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero en Sistemas*). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca.
- Coursera Staff. (29 de Noviembre de 2023). *Figma vs. Sketch vs. Adobe XD: ¿Qué herramienta de diseño es mejor?* Obtenido de Coursera: <https://www.coursera.org/mx/articles/figma-vs-sketch-vs-adobe-xd>
- CRN. (28 de Marzo de 2016). *Componentes de una bicicleta eléctrica*. Obtenido de Bicicletas Eléctricas ¿Cómo Funcionan?: <https://n9.cl/byns6i>
- De Imagina, E. (27 de Junio de 2024). *Flutter, React Native o Xamarin ¿Cuál es el Mejor Framework?* Obtenido de Imagina Formación: <https://n9.cl/420sf>
- Durán, M. (2 de Diciembre de 2023). *Los 11 mejores hosting gratuitos para 2024*. Obtenido de HubSpot: <https://blog.hubspot.es/website/mejores-hosting-gratuitos>
- Electronics, U. (s.f.). *Batería 18650 3.7V 2200mAh ±5%*. Obtenido de UNIT Electronics : <https://uelectronics.com/producto/bateria-18650-3-7v-2200mah/>
- Electronics, U. (s.f.). *DDTCCRUB Cargador De Baterías 18650 2A 2S/3S/4S*. Obtenido de UNIT Electronics : <https://uelectronics.com/producto/ddtccruba-cargador-de-baterias-18650-2a-2s-3s-4s/>

- Electronics, U. (s.f.). *Mini 360 MP2307 Convertidor DC Step Down 3A*. Obtenido de UNIT Electronics: <https://n9.cl/u8k4g>
- Espinoza, Y. (29 de Noviembre de 2023). *Qué es Movilidad Sostenible y cómo participar en su impulso*. Obtenido de Blink Charging Mexico: <https://blinkcharging.mx/que-es-movilidad-sostenible-y-beneficios/>
- Flutter. (s.f.). *Docs Flutter*. Obtenido de Flutter architectural overview: <https://docs.flutter.dev/resources/architectural-overview>
- Giraldo, V. (16 de Abril de 2019). *¿Ya conoces Firebase? La herramienta de desarrollo y análisis de aplicaciones mobile*. Obtenido de Rockcontent: <https://n9.cl/5b81b>
- Gittlen, S., & Rosencrance, L. (10 de Agosto de 2021). *What is identity and access management? Guide to IAM*. Obtenido de Tech Target: <https://www.techtarget.com/searchsecurity/definition/identity-access-management-IAM-system>
- Gonzalez, C., Jaime, D., & Romero, J. (2017). Mecanismo de monitoreo para bicicletas en movimiento, usando enfoque de IoT. (*Trabajo para optar al título de: Ingeniero en telecomunicaciones*). Universitaria Agustiniiana Uniagustiniana, Bogotá.
- Gunjal, B. (2003). Database System: Concepts and Design. *ResearchGate*, 2-4. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/257298522>
- Huizhou Desto Technology Co. (s.f.). *Deep Cycle Lipo Battery 7.4V 3.7V 1800Mah For Heated Gloves*. Obtenido de Tradewheel: <https://www.tradewheel.com/p/deep-cycle-lipo-battery-74v-37v-1241299/>
- Iglesias, B. (30 de Julio de 2023). *XANO: la base de datos perfecta para tu negocio*. Obtenido de Imagina Tu App: <https://n9.cl/xn0r5>
- Jatana, N., Puri, S., Ahuja, M., Kathuria, I., & Gosain, D. (Agosto de 2012). A Survey and Comparison of Relational and Non-Relational Database. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 1(6), 1-5. Obtenido de <https://n9.cl/2zv0e>
- Kaur, H., Kaur, J., & Kaur, K. (Febrero de 2013). A Review Of Non Relational Databases, Their Types, Advantages And Disadvantages. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 2(2), 1-6. Obtenido de <https://n9.cl/oih72>

- Kiguolis, L. (13 de Marzo de 2024). *Xano Review: Development, Features, Drawbacks, Pricing and Examples*. Obtenido de Code or No Code: <https://codeornocode.com/reviews/xano-review/>
- Kosisochukwu, M. (6 de Julio de 2024). *Supabase Review and Features*. Obtenido de Bejamas: <https://bejamas.io/hub/serverless-database/supabase>
- López, J., Maldonado, K., & Macías, T. (2022). El avance tecnológico en la telefonía móvil. *UNESUM - Ciencias*, VI(3), 49-57.
- López, S. (17 de Mayo de 2020). *Firestore: qué es, para qué sirve, funcionalidades y ventajas*. Obtenido de Digital55: <https://digital55.com/blog/que-es-firebase-funcionalidades-ventajas-conclusiones/>
- Martin, S. (28 de Marzo de 2024). *Flutter Vs React Native Vs Xamarin – Top Cross Platform Mobile App Development Frameworks*. Obtenido de ValueCoders: <https://n9.cl/vg22d5>
- Martínez, G., Camacho, G., & Biancha, D. (Abril de 2010). Diseño de framework web para el desarrollo dinámico de aplicaciones. *Scientia et Technica*(44), 178-183. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/849/84917316032.pdf>
- Ministerio de Energía y Minas. (2022). *Factor de emisión de CO2 del Sistema Nacional Interconectado de Ecuador Informe 2022*. Obtenido de Recursos y Energía: <https://www.rekursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2023/08/wp-1692720103183.pdf>
- Moore, K. (11 de Agosto de 2023). *A Timeline from 1G to 5G: The Evolution of Mobile Communication*. Obtenido de MPIRICAL: <https://www.mpirical.com/blog/the-evolution-of-mobile-communication>
- Navalón, I. (2018). DISEÑO Y PROGRAMACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL BASADO EN MICROCONTROLADOR PARA EL MOTOR DE UNA BICICLETA ELÉCTRICA. [*Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática*]. Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño, Valencia.
- O'Grady, B. (4 de Abril de 2024). *What is a Framework? Why We Use Software Frameworks*. Obtenido de codeInstitute: <https://codeinstitute.net/global/blog/what-is-a-framework/>
- Pazmiño, D. (2022). Sistema Inteligente de Seguridad y Alertas para bicicletas en el Ecuador basado en IoT. (*Proyecto de Investigación, presentado previo a la obtención del título*)

- de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones*). Universidad Técnica de Ambato, Ambato.
- Peak, E. (16 de Marzo de 2022). *Arduino Pro Mini - 5V (Clone)*. Obtenido de Electro Peak: <https://electropeak.com/arduino-pro-mini>
- Pellicer de Juan, E. (2021). Desarrollo de una aplicación móvil con Flutter.Orientat. *[Trabajo final de máster]*. Universitat Oberta de Catalunya, Barcelona.
- Pinos, K. (2017). Diseño de un Videojuego para el rescate cultural identitario en adolescentes ecuatorianos. *(Proyecto de graduación previo a la obtención del Título Diseñador Gráfico)*. Universidad de Azuay, Cuenca.
- Plaza, D. (20 de Abril de 2023). *Anatomía de una bici eléctrica: esto es todo lo que tienes que saber sobre ellas*. Obtenido de motor.es: <https://www.motor.es/movilidad/bici-electrica-necesitas-saber-202394405.html>
- Raventós, J. (2013). Sistema de base de datos. *[Trabajo de titulación]*. Universitat Oberta de Catalunya, Barcelona.
- Róg, I., & Naborshchikov, S. (26 de Mayo de 2023). *React Native vs. Flutter vs. Xamarin*. Obtenido de Mobile Realty: <https://themobilereality.com/blog/xamarin-vs-flutter-vs-react-native>
- Romero, N. (11 de Noviembre de 2022). *Los 5 medios de transporte más sostenibles*. Obtenido de Sport : <https://www.sport.es/bicio/los-5-medios-de-transporte-mas-sostenibles/>
- Rouse, M. (7 de Agosto de 2020). *Mobile Application*. Obtenido de Techopedia: <https://www.techopedia.com/definition/2953/mobile-application-mobile-app>
- Sadalage, P. (2 de Octubre de 2014). *NoSQL Databases: An Overview*. Obtenido de Thoughtworks: <https://www.thoughtworks.com/insights/blog/nosql-databases-overview>
- Salazar, J. (2016). Redes Inalámbricas. *(Trabajo investigativo)*. Universidad Técnica Checa de Praga Facultad de Ingeniería Eléctrica, Praga.
- Santander. (24 de Junio de 2022). *Transportes sostenibles: el presente y futuro de la movilidad urbana*. Obtenido de Santander Open Academy: <https://www.santanderopenacademy.com/es/blog/transportes-sostenibles.html>

- Soto, D. (2017). Intervención en la movilidad de bicicletas a través de aplicaciones móviles: Desarrollo de aplicación en iOS, contribución al modelo y motor de analítica. (*Proyecto de Grado*). Universidad de lo Andes, Bogotá.
- Sumador. (s.f.). *Módulo GPS UBLOX NEO-6M con antena*. Obtenido de Sumador: <https://sumador.com/collections/otros-modulos/products/modulo-gps-neo-6m>
- Ultra-lab. (Marzo de 8 de 2024). *Ultra-lab*. Obtenido de SIM800L V2.0 – Módulo GPRS GSM 850/900/1800/1900 MHz: <https://ultra-lab.net/producto/sim800l-v2-0-modulo-gprs-gsm/>
- Valencia, C. (2019). Evaluación de Tecnologías inalámbricas en redes de área doméstica para obtener la curva característica de carga en edificios inteligentes. (*Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Eléctrico*). Universidad Politécnica Salesiana, Quito.
- Villegas, F. (3 de Marzo de 2020). Relatividad y el Sistema de Posicionamiento Global (GPS). *Revista de Investigación de Física*, 44-47.
- World Meteorological Organization. (26 de Octubre de 2022). *More bad news for the planet: greenhouse gas levels hit new highs*. Obtenido de WMO: <https://n9.cl/pez2w>

11. Anexos

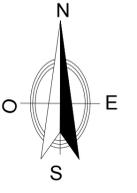
Anexo 1. Referencia del campus universitario.



UNL

Universidad Nacional de Loja

ESCALA 1: 2000



A1) AULA DE PERMACULTURA.	A41) ADMINISTRACIÓN CENTRAL BLOQUE 2	A61) AULAS DE VETERINARIA
A2) LABORATORIOS DE F.E.R.N.N.R.	A42) CARRERA QUÍMICO BIOLÓGICA, PSICOLOGÍA INFANTIL Y PSICORREHABILITACIÓN	A62) CAFETERÍA F.A.R.N.R.
A3) BLOQUE DE AULAS	A43) BATERIAS SANITARIAS F.E.A.C.	A63) ADMINISTRACIÓN Y POST GRADO F.A.R.N.R.
A4) BIBLIOTECA F.E.R.N.N.R.	A44) CAFETERÍA F.E.A.C.	A64) CARRERA INGENIERÍA FORESTAL
A5) BATERIAS SANITARIAS F.E.R.N.N.R.	A45) LABORATORIOS F.E.A.C.	A65) CARRERA DE AGRICOLA.
A6) CUARTO DE MÁQUINAS.	A46) CENTRO DE DESARROLLO INFANTIL Y CARRERA DE IDIOMAS INGLÉS.	A66) CARRERA DE MEDIO AMBIENTE.
A7) BLOQUE DE AULAS	A47) BLOQUE EN REMODELACIÓN.	A67) ADMINISTRACIÓN F.J.S.A.
A8) BLOQUE DE AULAS	A48) CENTRO DE DESARROLLO INFANTIL	A68) CARRERA DE TRABAJO SOCIAL.
A9) CAFETERÍA F.E.R.N.N.R.	A49) CENTRO DE DESARROLLO INFANTIL.	A69) CARRERA DE DERECHO.
A10) CARRERA DE GEOLOGÍA, ELECTRÓNICA.	A50) BATERIAS SANITARIAS F.E.A.C.	A70) INNOVATION COOWORKING
A11) BODEGA.	A51) LABORATORIO FÍSICA-MECÁNICA DE MADERA	A71) BLOQUE DE AULAS CARRERA DE DERECHO.
A12) CASA AUTOSUSTENTABLE.	A52) INFORMÁTICA EDUCATIVA Y LENGUA Y LITERATURA.	A72) AULA MAGNA Y CARRERA DE DERECHO
A13) ADMINISTRACIÓN F.E.R.N.N.R.	A53) CARRERA DE FÍSICO-MATEMÁTICO	A73) BATERIAS SANITARIAS F.J.S.A.
A14) BODEGA.	A54) CARRERA DE EDUCACIÓN BÁSICA.	A74) BIBLIOTECA F.J.S.A.
A15) LABORATORIO DE MICROPROPAGACIÓN VEGETAL F.A.R.N.R.	A55) PSICOPEDAGOGÍA	A75) CARRERA DE ADMINISTRACIÓN PÚBLICA
A16) MODALIDAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA (MED).	A56) BATERIAS SANITARIAS F.E.A.C.	A76) SECCIÓN ADMINISTRATIVA Y ACADÉMICA DE DERECHO.
A17) DEPARTAMENTO DE BIENESTAR UNIVERSITARIO.	A57) ADMINISTRACIÓN F.E.A.C.	A77) BATERIAS SANITARIAS F.J.S.A.
A18) BODEGA	A58) NIVEL DE POST GRADO F.E.A.C.	A78) CARRERA DE BANCA Y FINANZAS
A19) AULAS DE ARTES PLÁSTICAS.	A59) CAFETERÍA F.E.A.C.	A79) CARRERA DE COMUNICACIÓN SOCIAL
A20) CARRERA DE MÚSICA Y ARTES PLÁSTICAS.	A60) LABORATORIOS DE SUELOS	A80) CARRERA DE ECONOMÍA
A21) S/N.	A61) NIVEL DE POST GRADO F.A.R.N.R.	A81) CAFETERÍA F.J.S.A.
A22) ADMINISTRACIÓN QUINTA LA ARGELIA F.A.R.N.R.	A62) INVERNADERO F.A.R.N.R.	A82) BATERIAS SANITARIAS F.J.S.A.
A23) INVERNADERO F.A.R.N.R.	A63) LABORATORIO DE FISIOLÓGIA VEGETAL.	A83) CARRERA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS.
A24) TALLER DE ELECTROMECÁNICA.	A64) HERBARIO "REINALDO ESPINOSA"	A84) OBELISCO- PLAZA DE CULTURA.
A25) TALLER MECÁNICA AUTOMOTRIZ.	A65) LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA, QUÍMICA Y DASMETRÍA.	A85) CARRERA DE CONTABILIDAD Y AUDITORÍA.
A26) AULAS DE ARTES PLÁSTICAS.	A66) CARRERA DE AGRONOMÍA.	A86) BODEGA
A27) BODEGA F.A.R.N.R.	A67) ÁREA ADMINISTRATIVA F.A.R.N.R.	A87) BODEGA
A28) BODEGA F.A.R.N.R.	A68) AULA MAGNA F.A.R.N.R.	A88) EX CATER
A29) BANCO DE GERMOPLASMA.	A69) SALA DE DOCENTES	A89) DIRECCIÓN DE CENTRO DE INVESTIGACIÓN.
A30) MAQUINARIA AGRÍCOLA Y ASERRIO.	A70) BIBLIOTECA F.A.R.N.R.	A90) BODEGA.
A31) S/N	A71) EX CERACYT	A91) CENTRO DE BIOTECNOLOGÍA
A32) P.U.E.A.R.	A72) CAFETERÍA F.A.R.N.R.	A92) CARRERA DE ADMINISTRACIÓN TURÍSTICA.
A33) S/N	A73) CARRERA DE VETERINARIA	A93) NIVEL DE POST GRADO F.J.S.A.
A34) MANTENIMIENTO DE EQUIPOS	A74) LABORATORIO-DIAGNOSTICO VETERINARIO.	A94) LABORATORIO ANÁLISIS QUÍMICO 2
A35) SERVICIOS GENERALES.	A75) ANFITEATRO DE VETERINARIA	A95) LABORATORIO ANÁLISIS QUÍMICO 1
A36) GIMNASIO.	A76) LABORATORIO DE APICULTURA	A96) RADIO UNIVERSITARIA Y CUBÍCULOS DE DOCENTES
A37) GIMNASIA.	A77) GUARDA ALMACEN.	A97) AULAS CARRERA DE FORESTAL
A38) COLISEO.	A78) LABORATORIO AMBIENTAL.	A98) AULAS CARRERA DE FORESTAL
A39) ESTADIO.	A79) LABORATORIO DE PATOLOGÍA VETERINARIA.	A99) MANTENIMIENTO VEHICULAR
A40) ADMINISTRACIÓN CENTRAL BLOQUE 1	A80) HOSPITAL VETERINARIO	

CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

Ciudad Universitaria "Guillermo Falconí Espinosa"



SIMBOLOGÍA: *Clasificación de los bloques actualizados por facultades mediante colores

	Administración Central		Facultad Jurídica, Social y Administrativa		Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables
	Unidad de Bienestar Universitario		Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables		Facultad de la Salud Humana
	Unidad de Educación a Distancia		Facultad de la Educación el Arte y la Comunicación		

Anexo 2. Función para calcular la distancia en el mapa.

```
<?php
//Funcion para calcular y mostrar la ruta en el mapa
function calculateAndDisplayRoute(directionsService, directionsRenderer) {
    //Número maximo de waypoints permitidos en una sola solicitud
    var maxWaypoints = 23;
    //Calucla el numero de segmentos necesarios dividiendo las coordenadas en
    grupos
    var segments = Math.ceil((pathCoordinates.length - 2) / maxWaypoints);

    var totalDistance = 0; //variables para almacenar la distancia total
    recorrida
    var segmentStart = 0; //indice de inicio del segmento actual
    var polylinePath = []; //lista para almacenar las coordenadas de la ruta

    //Funcion interna para procesar cada segmento de la ruta
    function processSegment(segmentIndex){
        var waypoints = []; //lista para almacenar los waypoints del segmento
        actual
        segmentStart = segmentIndex * maxWaypoints; //calculo del indice de
        inicio del segmento
        var segmentEnd = Math.min(segmentStart + maxWaypoints + 1,
        pathCoordinates.length - 1); // calculo del indice de fin del segmento

        //Se añaden los waypoints del segmento actual de la lista
        for (var i = segmentStart + 1; i < segmentEnd; i++) {
            waypoints.push({
                location: pathCoordinates[i],
                stopover: true //indica que se debe de hacer una parada en cd
                waypoint
            });
        }
        //Solicita la ruta al servicio de direcciones de Google Maps
        directionsService.route({
            origin: pathCoordinates[segmentStart], // Punto de partida del
            segmento
            destination: pathCoordinates[segmentEnd], //Punto de destino del
            segmento
            waypoints: waypoints, //Waypoint a incluir en la ruta
            optimizeWaypoints: true, //optimiza el orden de los waypoints
            travelMode: 'DRIVING' //modo transporte

        }, function(response, status) {
            if (status === 'OK') {
                var route = response.routes[0]; //obtiene la primera ruta en
                la respuesta
                polylinePath = polylinePath.concat(route.overview_path);
                // anade la ruta a la lista de polilinea
            }
        });
    }
}
```

```

drawPolyline(polylinePath); //dibuja la polilinea en el mapa

//Calcula la distancia total del segmento
for (var i = 0; i < route.legs.length; i++) {
    totalDistance += route.legs[i].distance.value;
}
// Si hay mas segmentos procesa el siguiente
if (segmentIndex + 1 < segments){
    processSegment(segmentIndex + 1);
}else{
    //Convierte la distancia a Km
    totalDistance = totalDistance / 1000;
    distanceInfo.innerHTML = "Total Distance: " +
totalDistance.toFixed(2) + " km";
    updateDistanceInDatabase(totalDistance); //Llamar a la
función para guardar en la bd
    }
    } else {
    window.alert('Directions request failed due to ' + status);
    }
});
}
// Inicia el procesamiento si hay más de un punto en la ruta
if (pathCoordinates.length > 1){
    processSegment(0);
}
}
?>

```

Anexo 3. Manual de usuario.

Introducción

Este manual de usuario está diseñado para guiar a los usuarios en el uso de la aplicación del sistema de gestión de bicicletas E-BKES UNL, desarrollada como parte del proyecto de integración curricular. A lo largo de este documento, se detallan los iconos informativos que ayudara a los usuarios a identificar rápidamente la relevancia de la información presentada, también funciones principales de la aplicación, incluyendo como iniciar sesión, realizar reservas de bicicletas, y gestionar observaciones relacionadas con el estado de las bicicletas.

Iconos informativos



Aviso: Información de atención primordial.



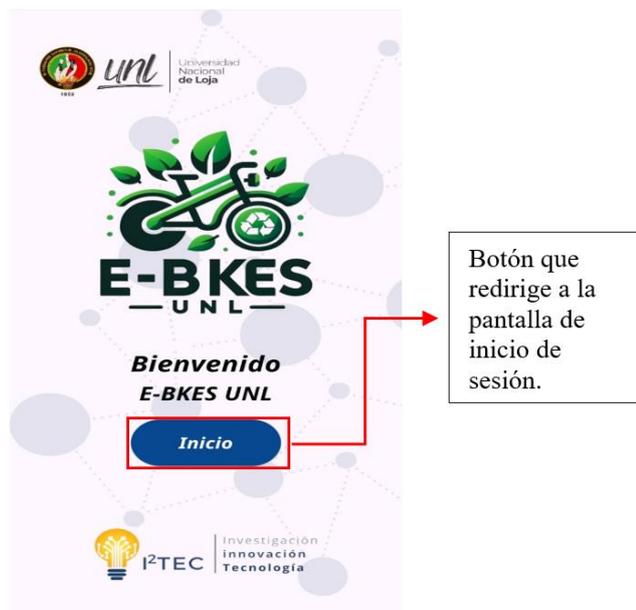
Observación: Información a tener en consideración.



Notas: Notas de información.

SplashScreen

Al iniciar en la aplicación se abrirá una pantalla llamada SplashScreen la cual mostrará el logo de la Universidad Nacional de Loja, logotipo representativo de la aplicación, un botón de inicio, el cual dirige hacia la pantalla de iniciar sesión.



Inicio de Sesión

Esta pantalla corresponde al inicio de sesión de los usuarios, los cuales si no poseen una cuenta deben de dirigirse al apartado de “Registro”. Si son usuarios ya registrados deben de ubicar sus credenciales en los respectivos campos, o sino iniciar sesión con el botón de Google.



Si el usuario olvido la contraseña dirigirse a este apartado, para recuperarla.



Los nuevos usuarios deben de registrarse.

Registro de usuarios



Se recomienda usar su nombre



Los usuarios podrán registrarse de dos maneras:

Únicamente correo institucional



8 caracteres, 1 número y 1 carácter especial



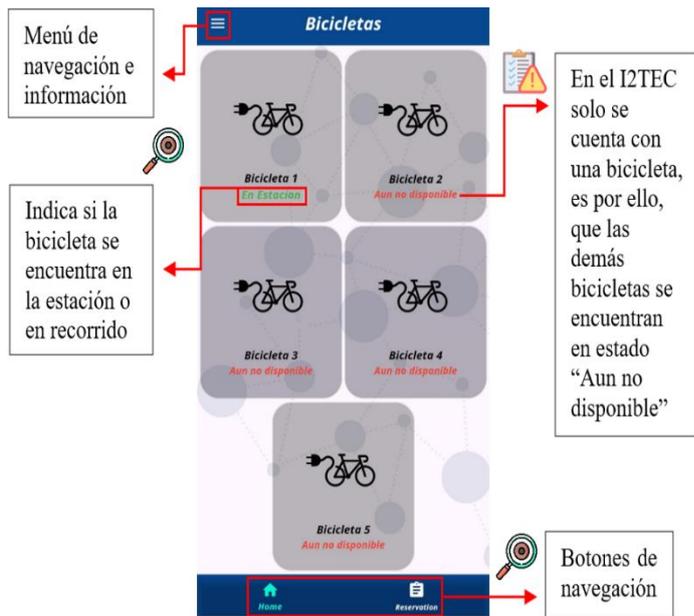
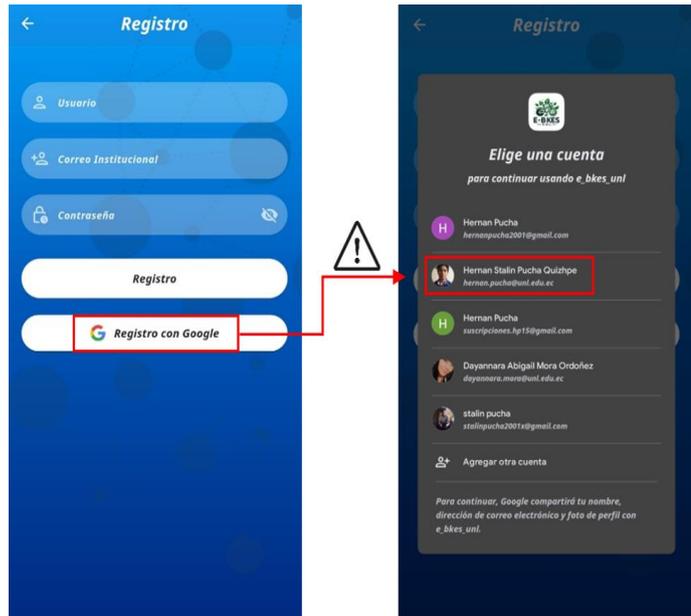
a) Para realizar el registro por medio del correo electrónico institucional y una contraseña, el campo de contraseña debe de contener mínimo 8 caracteres, al menos número y un carácter especial cualquier de los siguiente:

“[!@#%^&*(),,?:{}|<>_-]”.

Luego de realizar el registro se

deberá de validar su cuenta, esto se lo realiza por medio de un correo electrónico, el cual se llegará al instante en el que se registre.

b) La segunda forma de registrarse es más accesible y rápida, es por medio del botón de Google, si es que en su teléfono celular tiene abierto su correo electrónico institucional, entonces puede iniciar directamente con él, y aquí ya no se pedirá ningún nombre de usuario ni la contraseña.



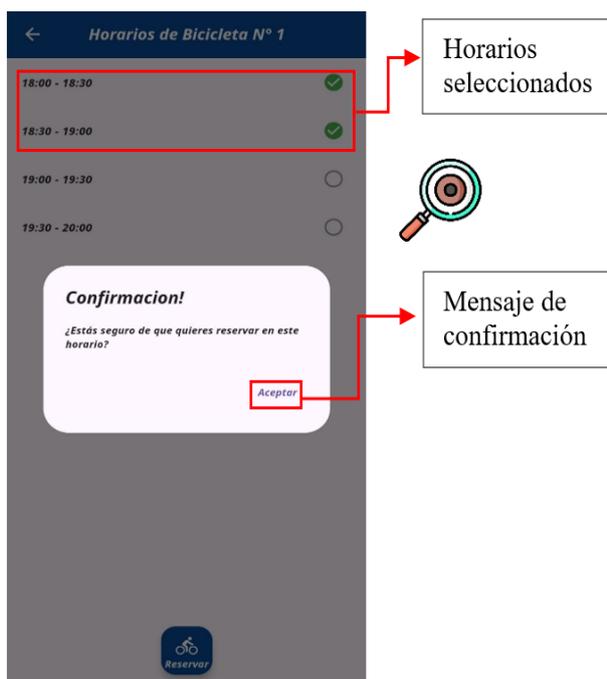
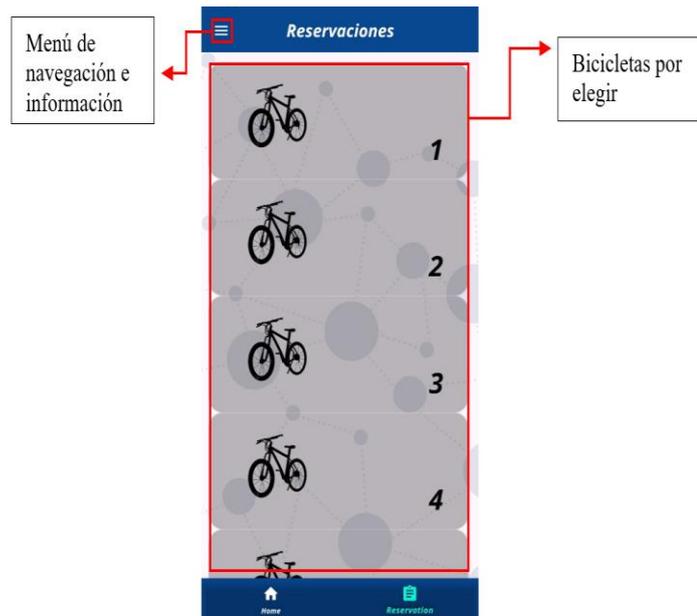
Pantalla de inicio principal

Una vez el usuario haya iniciado sesión se le presentará la siguiente pantalla de inicio, la cual consta de botones inferiores para navegar a las reservaciones, un botón superior el cual es de navegación para dirigirse a otras opciones de visualización de la información, este menú se lo detalla más adelante. La pantalla de inicio solo se presenta información de si la

bicicleta se encuentra o no en la estación.

Pantalla de reservación

Esta pantalla permite a los usuarios seleccionar la bicicleta que desean utilizar. Aunque en el futuro se dispondrán de 5 bicicletas, actualmente solo hay una disponible, por lo que se debe de seleccionar la bicicleta N°1.



Pantalla de horarios de bicicleta

En esta pantalla se mostrarán todos los horarios disponibles para reservar la bicicleta, desde la 13:00 hasta las 20:00, con intervalos de 30 minutos. Los horarios que no se reserven desaparecerán a medida que transcurra el tiempo y se alcance la hora actual.

Cada usuario puede seleccionar un máximo de dos horarios consecutivos, es decir, una hora. Si desea utilizar la bicicleta nuevamente, podrá hacer otra

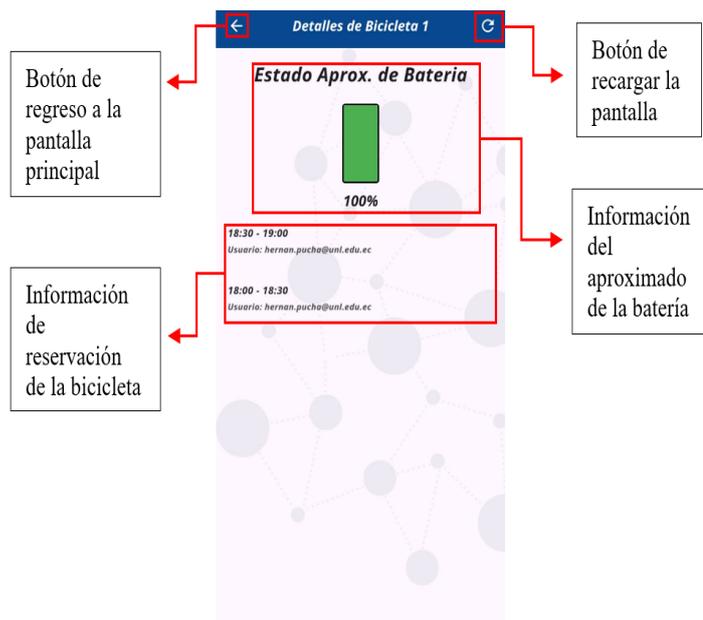
reservación una vez que haya finalizado su reserva.

Después de seleccionar los horarios deseados, se debe de hacer clic en el botón central “Reservar” lo que abrirá un mensaje de confirmación.

Detalles de bicicleta

En esta pantalla se presenta el estado aproximado de la batería de la bicicleta, en el cual, si un usuario va a empezar a utilizarla, la bicicleta empezará con el 100% de la batería. En la parte inferior se encuentra información de aquellos usuarios harán uso de esta.

La información proporcionada es para validar si la reservación ha sido exitosa.



Menú de navegación e información



El correspondiente apartado corresponde al menú lateral que se despliega cada vez que se da clic en las 3 rayas. En este menú se presenta el logo del sistema, el correo del usuario y tres secciones: Consideraciones del Usuario, Observaciones de Bicicleta y un Cierre de sesión.

a) *Consideraciones del Usuario*

En esta sección se listan algunas

reglas que los usuarios deben de tomar en cuenta para realizar un uso correcto tanto de la aplicación como del medio de transporte.

b) Observaciones de Bicicletas

En esta sección es netamente para notificar si es que las bicicletas han sufrido algún daño y se pueda notificar, con la finalidad de garantizar una mejor experiencia hacia los usuarios. Asimismo, el aplicar medidas correspondientes de sanción a las personas culpables de causar daños a los bienes de la institución.

La pantalla de Observaciones de Bicicletas consta de 3 partes: cuadro de contenido, ubicación de la imagen y botones correspondientes.



c) Cierre de Sesión

Esta sección está destinada a finalizar la sesión en el sistema. Al hacer clic aquí, el usuario será redirigido a la pantalla de inicio de sesión, cerrando su sesión actual en la aplicación.

Anexo 4. Código de validación de módulos GPS y GSM.

```
#include <TinyGPS++.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <AltSoftSerial.h>

#define rxPin 3
#define txPin 2

TinyGPSPPlus gps;
AltSoftSerial neogps;
SoftwareSerial sim800(rxPin, txPin);

const String PHONE = "+593939602481";

void setup(){

  neogps.begin(9600);
  sim800.begin(9600);

  delay(5000);

  sendSms("Sistema encendido. Buscando datos de GPS...");
}

void loop(){

  while (neogps.available() > 0){

    if (gps.encode(neogps.read())){

      if (gps.location.isValid()){

        String latitude = String(gps.location.lat(), 6);
        String logitude = String(gps.location.lng(), 6);
        String message = "Latitud: " + latitude + ", Longitud: " + logitude;

        sendSms(message);

        delay(60000);

      }else{

        sendSms("Esperando datos de GPS validos...");
        delay(60000);
      }
    }
  }
}
```

```
void sendSms(String text){  
    sim800.println("AT+CMGF=1");  
    delay(1000);  
    sim800.print("AT+CMGS=\"");  
    sim800.print(PHONE);  
    sim800.print("\");  
    delay(1000);  
    sim800.println(text);  
    delay(1000);  
    sim800.write(0x1A);  
    delay(1000);  
}
```

Anexo 5. Código fuente del prototipo

```
//-----Inclusión de librerías-----
#include <TinyGPS++.h> //Extrae cadenas NMEA del GPS
#include <SoftwareSerial.h> // Definir puerto serial
#include <AltSoftSerial.h> //Emula un puerto serial adicional

bool messageSent = false; // Variable para controlar si el mensaje de texto
ya ha sido enviado

//-----Declaración de Modulos GSM y GPS-----
#define rxPin 3 //GSM Module RX pin to Arduino 3
#define txPin 2 //GSM Module TX pin to Arduino 2
SoftwareSerial sim800(rxPin, txPin);

//GPS Module RX pin to Arduino 9
//GPS Module TX pin to Arduino 8
AltSoftSerial neogps;
TinyGPSPPlus gps;

//-----Declaración de variables para envio al servidor-----
-----
const String EMERGENCY_PHONE = "+593939602481"; //Numero del destinatario
String latitude, longitude;

long interval2 = 60000; //tiempo de envio al servidor

String url = "http://ebkesunl.000webhostapp.com//gpsdata.php"; //URL of
Server

//-----Declaración de variables para la funcion millis -----
-----
//FUNCIONNALIDAD: Lleva la cuenta del tiempo, después de cuanto tiempo se
envían los mensajes
// Rastrea el tiempo desde el último evento disparado
unsigned long previousMillis = 0;
unsigned long int previoussecs = 0;
unsigned long int previoussecs2 = 0;
unsigned long int currentsecs = 0;
unsigned long currentMillis = 0;
unsigned long time1;
int interval = 1; // actualizado cada 1 segundo

//-----Función setup-----
-----
void setup() {

    delay(15000); // Promedio de encendido del gsm
```

```

//Iniciando las comunicaciones seriales
Serial.begin(9600); // Para el arduino
sim800.begin(9600); // Para el modulo GSM

//Enviar mensaje de texto al número de emergencia
sim800.println("AT+CMGF=1"); // Configurar el módulo en modo texto SMS
delay(1000);
sim800.print("AT+CMGS=\"");
sim800.print(EMERGENCY_PHONE); // Número de teléfono de emergencia
sim800.println("\");
delay(1000);
sim800.println("Sistema Encendido.\r\nEspera mientras se terminan las
conexiones.."); // Mensaje de texto a enviar
delay(1000);
sim800.write(0x1A); // Envía el carácter CTRL+Z para finalizar el mensaje
delay(1000);
neogps.begin(9600); // Para el modulo GPS
gpr_connect();
}

//-----Función gpr_connect-----
-----
//FUNCIONALIDAD: Se configura el Modulo GSM (Comandos AT) para que sea capaz
de enviar mensajes
// y subir datos a al servidor.

void gpr_connect() {

    sim800.listen(); // SIM800L escuchando

    sim800.println("AT"); //Comprobar módulo GSM
    updateSerial();

    sim800.println("ATE1"); //Habilitar Echo+ updateSerial();

    sim800.println("AT+CGREG=?"); //Estado de registro de red
    updateSerial();

    sim800.println("AT+CFUN=1"); //Establecer funcionalidad del teléfono
    updateSerial();

    sim800.println("AT+CGATT=1"); //Adjuntar el servicio GPRS
    updateSerial();

    sim800.println("AT+CPIN?"); //Comprobar que la SIM está lista
    updateSerial();

    sim800.println("AT+CMGF=1"); //Configuración de modulo en modo texto SMS
    updateSerial();
}

```

```

    sim800.println("AT+CNMI=1,1,0,0,0"); // Configuración del modulo para
lectura de SMS recibidos
    updateSerial();

    sim800.println("AT+CMGDA=\"DEL ALL\"\r"); // Eliminar todos los mensajes
leídos
    updateSerial();

    time1 = micros();
}

//-----Función Loop-----
void loop() {
    while (sim800.available()) { // Mientras tengamos datos disponibles en
la SIM800L
        parseData(sim800.readString()); // Escribimos en la funcion de envio de
msj lo que lee la SIM800L
    }
    while (Serial.available()) { // Mientras tengamos datos
disponibles en el monitor serial
        sim800.println(Serial.readString()); // escribimos en la SIM800L lo que
lee el monitor serial
    }

    send_to_server(); // Ejecutamos en todo momento el envio de datos al
servidor
}

//-----Función send_to_server-----
//FUNCIONALIDAD: Se realiza el envio de datos de ubicacion(latitud y longitud)
//al servidor(000webhost) cada 2 minutos sin importar si se ejecuntan las
demas funciones

void send_to_server() {

    unsigned long currentMillis = millis();
    if (currentMillis - previousMillis > interval2) {
        previousMillis = currentMillis;
        getGps();
        latitude = String(gps.location.lat(), 6); // Latitude in degrees
(double)
        longitude = String(gps.location.lng(), 6); // Longitude in degrees
(double)

        if (gps.location.isValid()) {
            // Los datos GPS son válidos

```

```

if (!messageSent) { // El mensaje de texto no ha sido enviado
// Enviar mensaje de texto al número de emergencia
sim800.println("AT+CMGF=1"); // Configurar el módulo en modo texto
SMS
    delay(1000);
    sim800.print("AT+CMGS=\"");
    sim800.print(EMERGENCY_PHONE); // Número de teléfono de emergencia
    sim800.println("\");
    delay(1000);
    sim800.println("Conexion exitosa.\r\nSistema Listo."); // Mensaje de
texto a enviar
    delay(1000);
    sim800.write(0x1A); // Envía el carácter CTRL+Z para finalizar el
mensaje
    delay(1000);

    messageSent = true; // Establecer la variable messageSent en true
después de enviar el mensaje
}
// Configurar y enviar los comandos para establecer la conexión GPRS y
realizar la solicitud HTTP
sim800.println("AT+SAPBR=3,1,\"Contype\",\"GPRS\"); //Establecer
parámetro de portador
updateSerial();

sim800.println("AT+SAPBR=3,1,\"APN\",\"internet.claro.com.ec\"); //Est
ablecer contexto de portador
updateSerial();

sim800.println("AT+SAPBR=1,1"); //Contexto de portador activo
updateSerial();

sim800.println("AT+SAPBR=2,1"); //Leer parámetro de portador
updateSerial();

sim800.println("AT+HTTPINIT"); //Se inicia el servicio HTTP
updateSerial();

sim800.println("AT+HTTTPARA=\"CID\",1"); //(Parámetro obligatorio)
Identificador de perfil de portador para llamar HTTP
updateSerial();

sim800.println("AT+HTTTPARA=\"URL\", " + url + "?lat=" + latitude +
"&lng=" + longitude);
updateSerial();

sim800.println("AT+HTTPACTION=0"); //Realiza acciones HTTP (GET)
updateSerial();

```

```

sim800.println("AT+HTTPTERM"); //Finalizar sesión HTTP
updateSerial();

}
}
}

//-----Función parseData-----
//-----
//FUNCIONALIDAD: Cuando la SIM800L lea un dato, se ejecuta esta función.
// 1. Se lee que el dato sea distinto a "OK",
// 2. Con "CMTI" se verifica que se haya recibido un mensaje SMS
// 3. con "CMGR" se lee el SMS almacenado.
// 4. Si el mensaje contiene la palabra "get gps" se envia un mensaje de
ubicacion al celular

void parseData(String buff) {

    unsigned long currentMillis = millis();
    currentsecs = currentMillis / 1000;
    if ((unsigned long)(currentsecs - previoussecs2) >= interval) {

        Serial.println(buff);
        unsigned int len, index;
        String cmd;

        //-----
        //Elimine el "Comando AT" enviado de la cadena de respuesta.

        index = buff.indexOf("\r");
        buff.remove(0, index + 2);
        buff.trim();
        //-----

        if (buff != "OK") { //Si buff es distinto de "OK"
            index = buff.indexOf(":");
            String cmd = buff.substring(0, index);
            cmd.trim(); //elimina los espacios en blanco en ambos
extremos del string
            buff.remove(0, index + 2); //elimina un elemento en el índice
especificado
            //-----
            if (cmd == "+CMTI") { //Al recibir un SMS, el módulo lo informa
mediante un mensaje:+CMTI
                index = buff.indexOf(",");
                String temp = buff.substring(index + 1, buff.length()); //obtenga la
ubicación de memoria y se guarda en temp

```

```

        temp = "AT+CMGR=" + temp + "\r"; //Lee un
mensaje SMS almacenado
        sim800.println(temp);
    }
    //-----
-----
        else if (cmd == "+CMGR") { // Lee el mensaje SMS
almacenado
            if (buff.indexOf(EMERGENCY_PHONE) > 1) { // si el numero del
destinatario es > a 1
                buff.toLowerCase(); // convierte la cadena de
texto en una nueva que consta // solo de letras minúsculas

                if (buff.indexOf("donde esta") > 1) { // Si la variable buff
contiene la palabra "get gps" y es > a 1
                    getGps(); // llamamos a la funcion
getGPS

                    String sms_data;
                    sms_data = "Ubi: http://maps.google.com/maps?q=loc:" + latitude +
", " + longitude;

                    sendSms(sms_data); // Envio del resultado a la funcion sendSMS
para el envio del msj.
                }
            }
        }
    } else {
        //El resultado del Comando AT es "OK"
    }
}

//-----Función getGps-----
-----
//FUNCIONALIDAD: Extrae datos de latitud y longitud en cada momento
// Para luego enviar a las funciones que lo requieran.

void getGps() {
    // Puede tomar hasta 60 segundos

    boolean newData = false;
    //Por un segundo, analizamos los datos del GPS e informamos algunos valores
clave
    for (unsigned long start = millis(); millis() - start < 5000;) {
        while (neogps.available()) { // Mientras tengamos datos disponibles
se ejecuta la función
            if (gps.encode(neogps.read())) { //¿Entró una nueva oración válida?
                newData = true; // Si es valido se coloca true
                break;
            }
        }
    }
}

```

```

    }
  }
}

if (newData) //Si newData es verdadero
{
  latitude = String(gps.location.lat(), 6); //Extrae datos de latitud
  longitude = String(gps.location.lng(), 6); // //Extrae datos de latitud
  newData = false;
} else {
  Serial.println("No hay datos de GPS disponibles");
  latitude = ""; // vaciamos la variable
  longitude = ""; // vaciamos la variable
}
}

//-----Función sendSms-----
//-----
//FUNCIONALIDAD: Se encarga del envio del mensaje al numero de celular
ingresado
// El mensaje puede ser de Alerta o de Ubicación.

void sendSms(String text) {

  sim800.print("AT+CMGF=1\r"); // configuracion del modulo en modo txt
  delay(1000);
  /*sim800.print("AT+CMGS="+593992241437"\r"); //Definimos el numero del
destinatario
  delay(1000);*/
  sim800.print("AT+CMGS=");
  delay(1000);
  sim800.print(EMERGENCY_PHONE); // Número de teléfono de emergencia
  sim800.println("");
  sim800.print(text); // Imprime el texto que a enviar
  delay(1000);
  sim800.write(0x1A); //Enviamos el Código ASCII de CTRL+Z
  delay(1000);
}

//----- Formula para el envio de comandos AT al modulo GSM -----
//-----

boolean SendAT(String at_command, String expected_answer, unsigned int
timeout) {

  uint8_t x = 0;
  boolean answer = 0;
  String response;
  unsigned long previous;

```

```

//Limpiar el búfer de entrada
while (sim800.available() > 0) sim800.read(); // Mientras tengamos datos
disponibles
sim800.println(at_command);
x = 0;
previous = millis();

//El siguiente bucle espera la respuesta con el tiempo de espera
do { //si hay datos en el búfer de entrada de UART, los lee y comprueba la
respuesta
  if (sim800.available() != 0) {
    response += sim800.read();
    x++;

    // verifica si la respuesta deseada (OK) está en la respuesta del módulo
    if (response.indexOf(expected_answer) > 0) {
      answer = 1;
      break;
    }
  }
} while ((answer == 0) && ((millis() - previous) < timeout));
Serial.println(response);
return answer;
}

//-----Función SendAT-----
-----
//FUNCIONALIDAD: Establece un tiempo adecuado para la correcta respuesta de
los comandos AT

void updateSerial() {
  delay(3000);
  while (Serial.available()) { //Mientras existan datos disponibles en el
puerto serie
    sim800.write(Serial.read()); //Reenviar lo recibido en serie al puerto
serie del software
  }
  while (sim800.available()) { // Mientras existan datos disponibles en el
modulo GSM
    Serial.write(sim800.read()); // Reenviar el software recibido en serie al
puerto serie
  }
}
}

```

Anexo 6. Manual de usuario del administrador

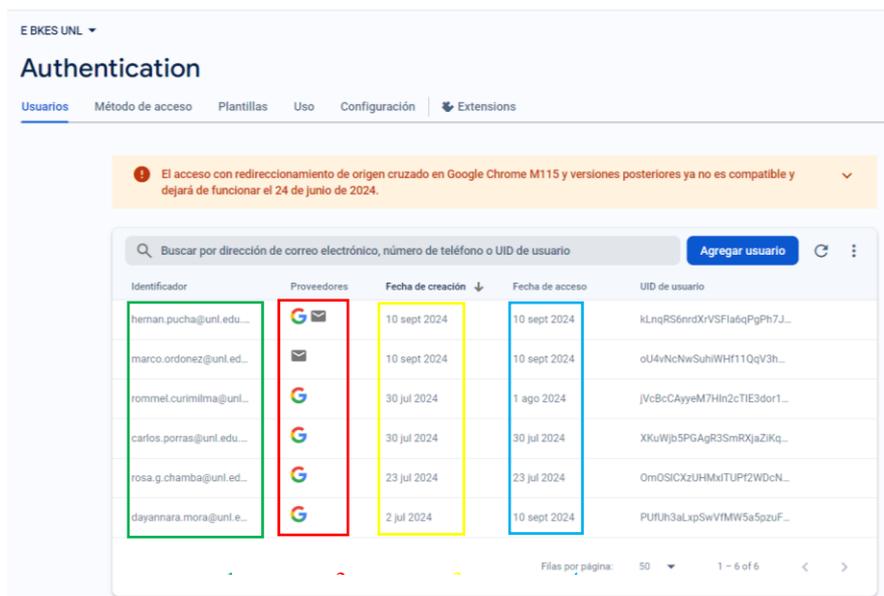
El presente manual está dirigido al administrador del sistema de monitoreo y de gestión de bicicletas E-BKES UNL, desarrollado como parte del proyecto de integración curricular. A lo largo del documento se detallan las características y funciones de los distintos servicios de la base de datos y del hosting.

Base de datos

En esta sección se describe los recursos utilizados para el monitoreo y gestión de la bicicleta del I2TEC. Aquí se explica cómo se organizan los datos y los procedimientos necesarios para gestionar la información de manera eficiente.

Authentication

El servicio de Authentication de Firebase se utiliza para almacenar y gestionar los usuarios registrados en la aplicación. El administrador podrá observar las siguientes características:



Identificador	Proveedores	Fecha de creación ↓	Fecha de acceso	UID de usuario
herman.pucha@unl.edu...	Google, Email	10 sept 2024	10 sept 2024	kLnqRS6nrdXrV5Fla6qPgPh7J...
marco.ordonez@unl.edu...	Email	10 sept 2024	10 sept 2024	oU4vNcNwSuhlWHf11QqV3h...
rommel.curimilma@unl.edu...	Google	30 jul 2024	1 ago 2024	jVcBcCAYyeM7Hn2cTIE3dor1...
carlos.porras@unl.edu...	Google	30 jul 2024	30 jul 2024	XXKuWj5SPGAgR3SmRXjaZIKq...
rosa.g.chamba@unl.edu...	Google	23 jul 2024	23 jul 2024	OmOSICXzUHMxITUP2WDCn...
dayannara.mora@unl.edu...	Google	2 jul 2024	10 sept 2024	PuUrh3alxpSwVIMW5a5pzuF...

1. Correos institucionales

2. Método de registro

3. Fecha de registro

4. Última fecha de ingreso en la app

Adicional, el administrador puede agregar una cuenta de usuario manualmente, por medio del botón “Agregar usuario”.

Firestore Database

El servicio de Firestore de Firebase se encarga de almacenar dos tipos de datos principalmente:

1. **Reservaciones de bicicletas:** Aquí se registran todas las reservas realizadas por los usuarios para utilizar la bicicleta.

Se identifica la fecha de las reservaciones como el número de la bicicleta.

Son documentos que contiene la información de cada reservación.

Los campos de cada documento son: bicicleta, horario y usuario.

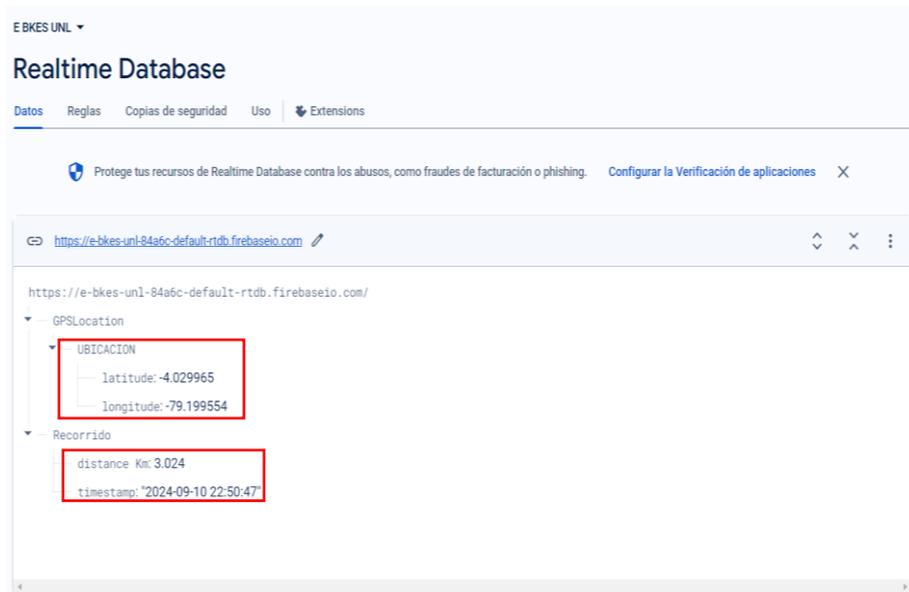
2. **Notificaciones de bicicletas:** En esta sección se almacena la información proporcionada por los usuarios acerca de cualquier daño o problema detectado en una bicicleta antes de su uso. Este contenido es vital para mantener un registro de incidentes y asegurar el correcto mantenimiento de las bicicletas.

Son documentos que se crean por cada notificación que hagan los usuarios.

Los campos de cada documento son: fecha, hora e información relevante.

Realtime Database

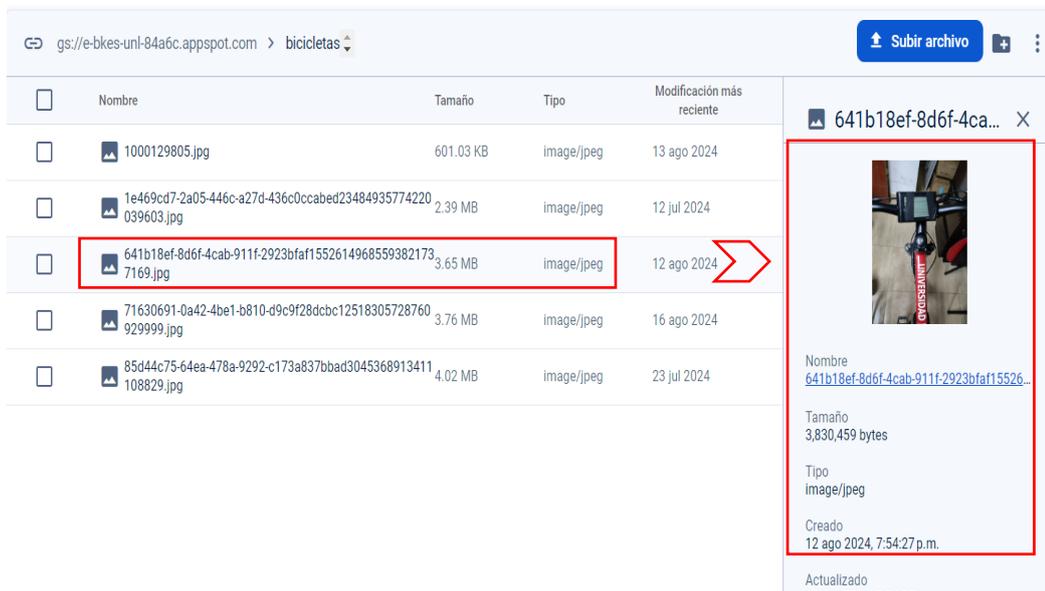
El servicio de Realtime de Firebase se utiliza para conectar el hosting con la base de datos en tiempo real. En esta base de datos se almacena los datos de latitud y longitud enviados por el dispositivo de rastreo instalado en las bicicletas, así como la distancia recorrida. Estos valores se actualizan automáticamente cada minuto, permitiendo un monitoreo constante y preciso de la ubicación y el recorrido de cada bicicleta.



Storage

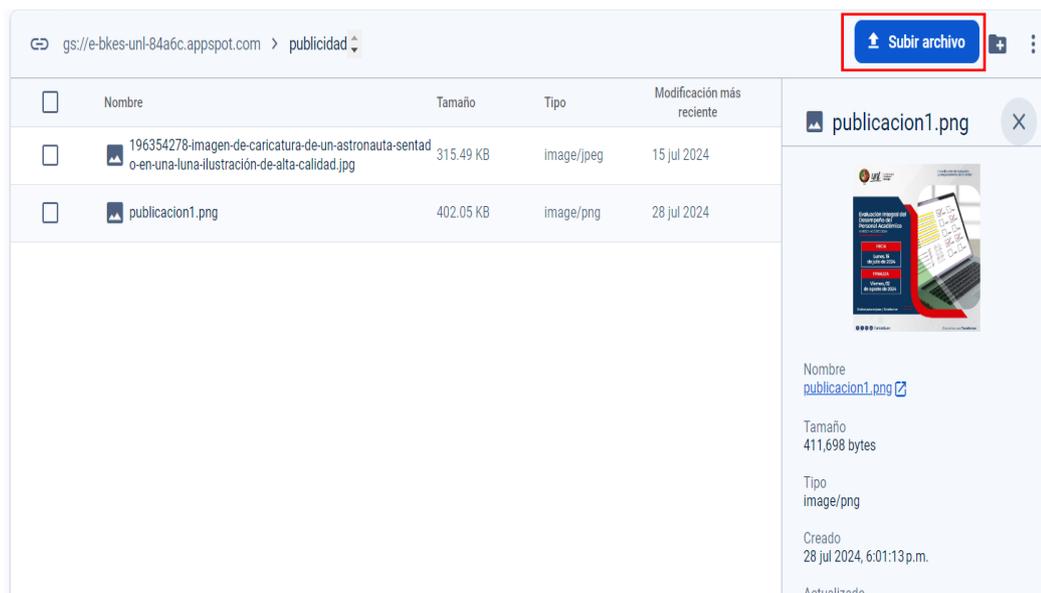
El servicio de Storage de Firebase se utiliza para dos funciones principales, organizadas en carpetas específicas según su propósito:

1. **Carpeta "bicicletas/":** Aquí se almacenan las fotografías que los usuarios suben cuando detectan que una bicicleta está en mal estado antes de utilizarla.



Si se da clic en la imagen, a lado derecho se puede observar la fotografía, con algunas características como son, su formato de imagen, cuando fue subida la foto como la hora específica.

2. **Carpeta "publicidad/":** En esta sección se guarda contenido informativo, como anuncios de la universidad o material publicitario de cualquier índole.

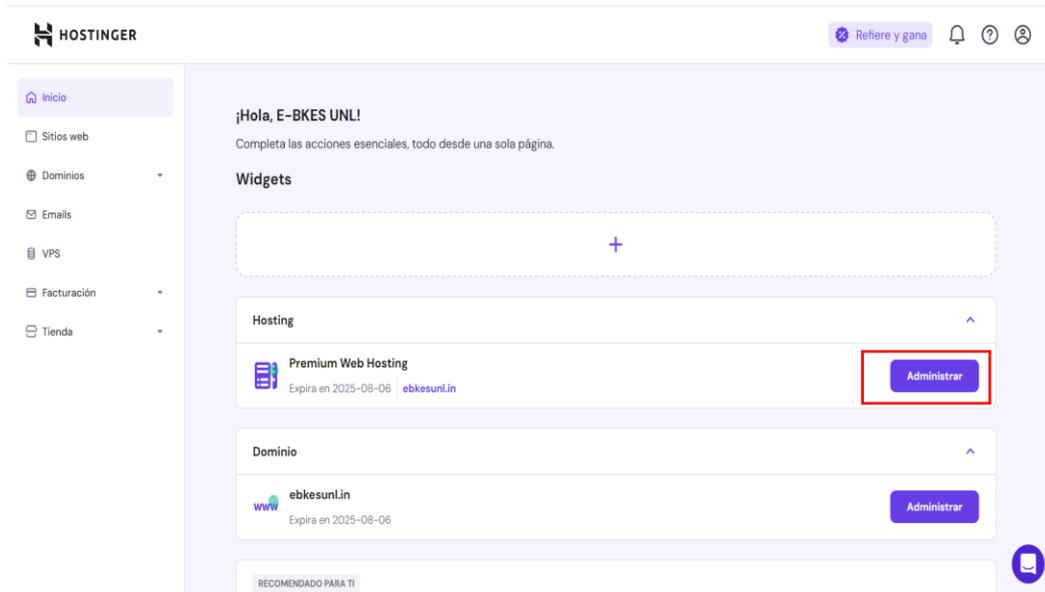


- En esta carpeta, el administrador puede subir imágenes en formatos como PNG, JPEG, GIF, entre otros. Para subir una imagen, el administrador debe de hacer clic en el botón “Subir archivo” y seleccionar la imagen deseada.
- La imagen más reciente que se haya subido a la carpeta será la que se muestre en la aplicación, mostrándose cada hora. Si la imagen más reciente es eliminada, se mostrará la siguiente imagen más reciente en orden cronológico.

Hosting

El alojamiento web o hosting está enfocado en brindar un servicio estable y eficiente, asegurando que la página web desarrollada para el monitoreo se mantenga bajo control y funcione de manera óptima. Este servicio garantiza que los datos de monitoreo de las bicicletas estén disponibles en tiempo real, permitiendo al administrador supervisar las operaciones sin interrupciones.

Una vez iniciada sesión, nos dirigimos al apartado de hosting y damos clic en “Administrar”, la cual nos dirigirá al panel principal.



En el panel principal, se puede observar todas las funciones y servicios que se brindan para la gestión del sitio de ebkesunl.in.

1. El estado del dominio se muestra como activo, lo que indica que está operativo.

2. El hosting activo garantiza que los archivos y datos del sitio web están disponibles para los

3. Email gratuito es una opción para configurar correos electrónicos asociados al

4. Las copias de seguridad semanales, es crucial para mantener a salvo los datos del sitio en caso de algún

5. Información de PageSpeed, es un apartado de la calificación del rendimiento del sitio web en dispositivos de escritorio.

6. Administración de archivos, es una herramienta que permite acceder directamente a los archivos del sitio web.

7. Bases de datos, se puede gestionar la base de datos del sitio, lo cual es fundamental para el almacenamiento de información.

8. Autoinstalador, es una herramienta que facilita la instalación de sistemas de gestión de contenido y otros programas

Nos dirigimos al apartado 7, el cual es Bases de datos, en el mismo se observa que existen dos secciones principales:

1. **Creación de nuevas bases de datos:** En esta sección, se puede crear nuevas bases de datos MySQL al ingresar los datos requeridos como: el nombre de la base de datos, el nombre de usuario y su contraseña.
2. **Lista de bases de datos actuales:** Aquí se encuentran las bases de datos creadas y operativas de la página web.

+ Crear nueva base de datos MySQL y usuario de base de datos

Nombre de la base de datos MySQL Nombre de la base de datos

Nombre de usuario MySQL Nombre de usuario

Contraseña

⚙ Lista de bases de datos y usuarios actuales de MySQL

Base de Datos MySQL ↕	MySQL User ↕	Creado en ↕	Sitio Web	
u867035052_ebkes 1 MB	u867035052_ebkesunl	2024-08-08	ebkesunlin	<input type="button" value="Enter phpMyAdmin"/> ⋮
u867035052_fnkOO 1 MB	u867035052_ky5va	2024-08-06	ebkesunlin	<input type="button" value="Enter phpMyAdmin"/> ⋮

Ahora bien, enfocándonos en las bases de datos creadas, se puede identificar que existe dos bases de datos.

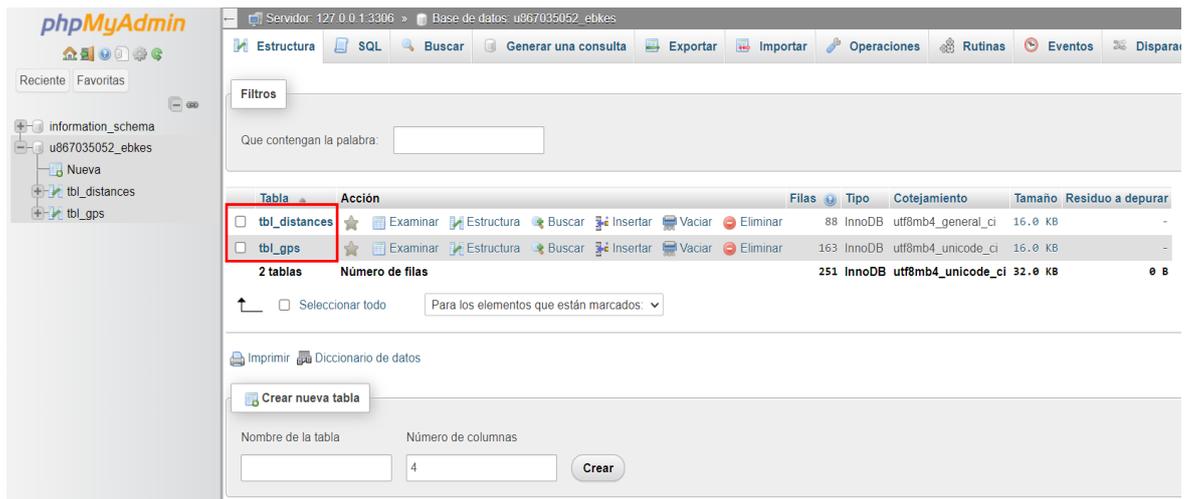
1. **Base de datos “ebkes”:** Esta base de datos asociada específicamente con el subdominio “devices.ebkes.unl.in”.
2. **Base de datos “fNkOO”:** Esta base de datos está vinculada al dominio principal “ebkesunl.in”, el cual opera bajo el protocolo seguro HTTPS.

⚙ Lista de bases de datos y usuarios actuales de MySQL

Base de Datos MySQL ↕	MySQL User ↕	Creado en ↕	Sitio Web	
u867035052_ebkes 1 MB	u867035052_ebkesunl	2024-08-08	ebkesunlin	<input type="button" value="Enter phpMyAdmin"/> ⋮
u867035052_fnkOO 1 MB	u867035052_ky5va	2024-08-06	ebkesunlin	<input type="button" value="Enter phpMyAdmin"/> ⋮

Para administrar cualquier de las bases de datos se debe de dar clic en “Enter phpMyAdmin”.

Al hacer clic en la base de datos “ebkes”, se nos mostrará la siguiente interfaz phpMyAdmin.



En la figura se puede observar que existen dos tablas principales:

1. **tbl_gps**: Esta tabla almacena la información proveniente del dispositivo de rastreo instalado en las bicicletas, como las coordenadas de latitud y longitud que son enviadas al servidor.
2. **tbl_distances**: En esta tabla se almacena la información relacionada con las distancias recorridas por las bicicletas. Se calcula las distancias entre dos puntos (coordenadas) y se guardan en esta tabla, lo que permite llevar un registro del trayecto y monitoreo de la bicicleta.

Es importante que el administrador entienda el propósito de cada tabla, ya que manipular directamente los datos en esta interfaz puede afectar al correcto funcionamiento de todo el sistema.

Al hacer clic en la tabla “tbl_gps”, se despliega una interfaz como la que se muestra en la imagen. En la parte superior, se destaca un mensaje en amarillo que indica que existe un total de 163 filas de datos registrada en la tabla. Y se puede actualizar la tabla por medio del botón “Actualizar”.

Mostrando filas 0 - 24 (total de 163, La consulta tardó 0.0002 segundos.)

SELECT * FROM `tb1_gps`

Perfilando [Editar en línea] [Editar] [Explicar SQL] [Crear código PHP] [Actualizar]

1 > >> Mostrar todo | Número de filas: 25 | Filtrar filas: Buscar en esta tabla | Ordenar según la clave: Ninguna

Opciones extra

	id	lat	lng	created_date
<input type="checkbox"/>	2	-4.030046	-79.19947	2024-08-10 03:32:08
<input type="checkbox"/>	3	-4.030050	-79.19950	2024-08-09 22:34:45
<input type="checkbox"/>	4	-4.030180	-79.199448	2024-08-09 22:35:43
<input type="checkbox"/>	5	-4.031107	-79.199806	2024-08-09 22:36:52
<input type="checkbox"/>	6	-4.029991	-79.199532	2024-08-12 19:30:08
<input type="checkbox"/>	7	-4.029984	-79.199631	2024-08-12 19:32:24
<input type="checkbox"/>	8	-4.029955	-79.199432	2024-08-12 19:34:28
<input type="checkbox"/>	9	-4.030209	-79.199463	2024-08-12 19:35:36
<input type="checkbox"/>	10	-4.030556	-79.199585	2024-08-12 19:36:33
<input type="checkbox"/>	11	-4.032666	-79.200180	2024-08-12 19:38:07
<input type="checkbox"/>	12	-4.030002	-79.199547	2024-08-13 00:39:09
<input type="checkbox"/>	13	-4.032110	-79.200081	2024-08-15 10:09:09
<input type="checkbox"/>	14	-4.030193	-79.199455	2024-08-15 10:13:10
<input type="checkbox"/>	15	-4.032110	-79.200081	2024-08-15 10:26:38
<input type="checkbox"/>	16	-4.032756	-79.201012	2024-08-15 10:27:10

La interfaz ofrece varias opciones para interactuar con la tabla:

1. **Mostrar todas las filas:** Si se desea visualizar todas las filas disponibles, es posible seleccionar la opción “Mostrar todo”. Al hacerlo, aparecerá un mensaje de confirmación, y tras hacer clic en “OK”, se cargarán todas las filas en pantalla.
2. **Número de filas:** También se puede ajustar el número de filas visibles mediante la opción “Numero de filas”. Se puede elegir entre 25, 50, 100, 250 o 500 filas, dependiente de cuantas se quieran mostrar a la vez.
3. **Filtrar filas:** Si se desea buscar filas específicas, se puede usar la opción “Filtrar filas”, donde al escribir un valor o criterio el sistema mostrará solo las filas que coincidan con esa búsqueda.
4. **Ordenar filas:** Además, las filas se pueden ordenar según la clave principal de la tabla (el id) de manera ascendente o descendente, facilitando así la visualización de los datos en el orden deseado.

Respecto a los datos de la tabla, se observa las siguientes columnas por cada fila:

- **id:** Identificación única de cada fila, que representa un registro individual.
- **lat (latitud):** Coordenada de latitud enviada por el dispositivo de rastreo.
- **lng(longitud):** Coordenada de longitud enviada por el dispositivo de rastreo.
- **created_date:** Fecha y hora exacta en la que el registro fue insertado en la base de datos.

Por cada fila, el administrador tiene la opción de:

- **Editar:** Modificar los valores de la fila.
- **Copiar:** Duplicar el contenido de la fila en un nuevo registro.
- **Borrar:** Eliminar permanentemente la fila de la base de datos.

La misma interfaz se puede visualizar al hacer clic en la tabla de “tbl_distances”, esta tabla solo consta de las siguientes columnas:

Mostrando filas 0 - 24 (total de 88, La consulta tardó 0.0002 segundos.)

```
SELECT * FROM `tbl_distances`
```

Perfilando [[Editar en línea](#)] [[Editar](#)] [[Explicar SQL](#)] [[Crear código PHP](#)] [[Actualizar](#)]

1 > >> | Mostrar todo | Número de filas: 25 | Filtrar filas: | Ordenar según la clave: Ninguna

Opciones extra

			id	distance	created_at	
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	1	0.129424	2024-08-13 00:19:36
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	2	0.041	2024-08-13 00:36:38
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	3	0.041	2024-08-13 00:36:38
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	4	0.285	2024-08-13 00:38:22
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	5	0.603569	2024-08-13 00:39:16
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	6	0.285	2024-08-13 00:39:48
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	7	0.285	2024-08-13 00:39:48
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	8	0.603569	2024-08-13 00:48:12
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	9	0.285	2024-08-13 00:48:34
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	10	0.835	2024-08-13 01:00:33
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	11	0.835	2024-08-13 01:00:43
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	12	0.835	2024-08-13 01:04:38
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	13	0.835	2024-08-13 01:05:15
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	14	0.835	2024-08-13 01:07:46
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	15	0.285	2024-08-13 01:07:59

Consola

- **id:** Identificación única de cada fila.
- **distance:** Es el valor de la distancia calculado entre cada punto (coordenada).
- **created_at:** Fecha y hora exacta en la que se registró el valor de la distancia en la base de datos.

Anexo 7. Certificado de traducción del resumen

CERTIFICADO DE TRADUCCIÓN

Loja.19 de noviembre del 2024.

Yo, Diana del Carmen Simancas Medina, con cedula de identidad 1104090137, en mi calidad de Licenciada en Ciencias de la Educación en la especialidad de Idioma Inglés, con capacidades que pueden ser aprobadas a través de la certificación de conocimiento del inglés,

CERTIFICO:

Que tengo el conocimiento y dominio de los idiomas español e inglés y que la traducción del trabajo de titulación: "**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN Y MONITOREO DE BICICLETAS EN LA UNL**" de autoría del estudiante **HERNÁN STALIN PUCHA QUIZHPE** con cedula de identidad **1150216545**, es verdadero y correcto a mi mejor saber y entender.

Atentamente,



Diana Simancas M.

**Licenciada Ciencias de la Educación,
en la especialidad Idioma Inglés.**

Nro registro Senecyt 1008-07-776648