



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO ELECTRÓNICO
INTELIGENTE DE SEGURIDAD BIOMÉTRICO CON
TECNOLOGÍA IOT PARA UN CICLOPARQUEADERO

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORES:

JHONNATAN ISRAEL CEDEÑO DUCHI

WILLIAM GEOVANNY ZAVALA RUIZ

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO ELECTRÓNICO
INTELIGENTE DE SEGURIDAD BIOMÉTRICO CON
TECNOLOGÍA IOT PARA UN CICLOPARQUEADERO

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORES: JHONNATAN ISRAEL CEDEÑO DUCHI

WILLIAM GEOVANNY ZAVALA RUIZ

DIRECTOR: ING. PABLO EDUARDO LOZADA YÁNEZ

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, **Jhonnatan Israel Cedeño Duchi & William Geovanny Zavala Ruiz.**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Jhonnatan Israel Cedeño Duchi y William Geovanny Zavala Ruiz, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 20 de marzo de 2023



Jhonnatan Israel Cedeño Duchi.
C.I. 060594783-7



William Geovanny Zavala Ruiz.
C.I. 060418142-0

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular, Tipo: Proyecto Técnico, “IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO ELECTRÓNICO INTELIGENTE DE SEGURIDAD BIOMÉTRICO CON TECNOLOGÍA IOT PARA UN CICLOPARQUEADERO”, realizado por los señores: **JHONNATAN ISRAEL CEDEÑO DUCHI Y WILLIAM GEOVANNY ZAVALA RUIZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Paúl Patricio Romero Riera PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-03-20
Ing. Pablo Eduardo Lozada Yáñez DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-03-20
Ing. Nancy Del Rocío Velasco Erazo ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-03-20

DEDICATORIA

El presente Trabajo de Integración Curricular se lo dedico a Dios por darme la salud, inteligencia y sabiduría necesaria para afrontar el día a día. A mis queridos padres Manuel Cedeño y María Duchi por inculcarme los valores del respeto, la fe, la responsabilidad y enseñarme el verdadero significado del trabajo y la humildad, siendo ellos mi ejemplo de superación diaria y razón de ser. A mi hermana Jhoanna por extenderme su mano en todo momento y por sus palabras de aliento. A mis abuelitos por su cariño y apoyo incondicional. Por último, a mi familia entera y amigos que día a día me motivan e inspiran a salir adelante sin importar las dificultades, siempre por el camino del bien, poniendo a Dios en primer lugar por sobre todas las cosas.

Israel

Este trabajo le dedico a Dios Todopoderoso, por ser mi luz en la oscuridad y mi guía constante en este camino, por bendecirme con la sabiduría y la determinación para lograr mis metas, y por estar siempre a mi lado. Esta tesis es un testimonio de su gracia y amor incondicional en mi vida. A mi hija, por ser mi razón de vivir y mi mayor motivación. Por ser la persona más importante en mi vida. Te dedico esta tesis con todo mi amor y agradecimiento, y espero que un día puedas ver lo importante que es perseguir tus sueños y alcanzar tus metas. A mi novia, por ser mi compañera de vida y mi mayor apoyo en este proceso de investigación. Gracias por motivarme a seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles. Esta tesis es un logro que comparto contigo con orgullo y gratitud. A mis padres, por su amor incondicional y su apoyo constante a lo largo de mi vida. Gracias por creer en mí y por enseñarme el valor del esfuerzo y la dedicación. Esta tesis es un testimonio de su influencia positiva en mi vida. Esta tesis es un logro que comparto con todas las personas que han estado a mi lado en este camino, a mis amigos de ciencia Ximenes, les agradezco de corazón por su apoyo, motivación y amor incondicional. Juntos, logramos esta gran victoria.

Geovanny

AGRADECIMIENTO

Con mucho cariño a mi querida Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por acogerme y brindarme una formación académica de calidad. A los docentes de la carrera por transmitirme sus conocimientos y sabiduría en la parte humana y profesional. De manera especial a mi tutor el Ing. Pablo Lozada por la guía y aporte continuo en el desarrollo del presente; y a la Ing. Nancy Velasco por sus consejos y ayuda incondicional en la elaboración del Trabajo de Integración Curricular. Finalmente, a mis padres, familia y amigos por brindarme el apoyo necesario y acompañarme en cada paso de mi trayectoria personal y profesional.

Israel

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que han hecho posible la realización de esta tesis. En primer lugar, a Dios, por ser mi guía constante y por brindarme la fuerza y sabiduría necesarias para lograr mis metas. También quiero agradecer a mi tutor y asesora de tesis, por su orientación experta y su apoyo incansable en todo momento. Gracias por su paciencia y motivación, y por ayudarme a transformar mis ideas en un trabajo tangible. A mis padres, familiares y amigos, por su confianza y apoyo en este proceso de investigación. Gracias por ser una fuente constante de motivación y por celebrar mis logros conmigo. Por último, pero no menos importante, quiero agradecer a todas aquellas personas que han contribuido de manera indirecta pero significativa a la realización de esta tesis. Gracias por su apoyo y por creer en mi capacidad para lograr este logro académico. Esta tesis es el resultado de mucho trabajo y esfuerzo por parte de muchas personas, y les estoy muy agradecido por su colaboración y apoyo incondicional.

Geovanny

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
RESUMEN	xvii
SUMMARY	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	
1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	3
1.1. Antecedentes.....	3
1.2. Planteamiento del problema	5
1.3. Sistematización del problema	5
1.4. Justificación.....	5
1.4.1. <i>Justificación teórica</i>	5
1.4.2. <i>Justificación aplicativa</i>	6
1.5. Objetivos.....	8
1.5.1. <i>Objetivo general</i>	8
1.5.2. <i>Objetivos específicos</i>	8
CAPÍTULO II	
2. MARCO TEÓRICO	9
2.1. Cicloparqueaderos.....	9
2.1.1. <i>Consideraciones de implementación de cicloparqueaderos.</i>	9
2.1.2. <i>Tipo de Estancias</i>	10
2.1.2.1. <i>Estancias Breves</i>	10
2.1.2.2. <i>Estancias Prolongadas</i>	10
2.1.3. <i>Tipos de Soportes</i>	10
2.1.3.1. <i>Soporte U invertida</i>	11
2.1.3.2. <i>Soporte de rueda</i>	11
2.1.3.3. <i>Soporte de Pared</i>	12
2.1.3.4. <i>Soporte de dos pisos</i>	12
2.1.3.5. <i>Soporte con seguros electrónicos</i>	12
2.1.4. <i>Sistemas de seguridad en los Cicloparqueaderos</i>	13

2.1.4.1.	<i>Sistemas de seguridad Tradicional</i>	13
2.1.4.2.	<i>Sistemas de seguridad Moderno</i>	13
2.1.5.	<i>Uso de bicicletas y cicloparqueaderos en el Ecuador</i>	14
2.1.5.1.	<i>Bici Pública Cuenca</i>	14
2.1.5.2.	<i>Análisis aceptación Bici Publica Cuenca</i>	14
2.1.5.3.	<i>Cicloparqueaderos en la ESPOCH</i>	14
2.2.	Sistemas de Seguridad	15
2.2.1.	<i>Orígenes de los sistemas de seguridad</i>	15
2.2.2.	<i>Clasificación de los sistemas de seguridad</i>	16
2.2.2.1.	<i>Sistema de seguridad contra incendios</i>	16
2.2.2.2.	<i>Sistema de seguridad antirrobo e intrusión</i>	17
2.2.2.3.	<i>Circuito cerrado de televisión CCTV</i>	17
2.2.2.4.	<i>Sistema de control de acceso</i>	17
2.2.2.5.	<i>Sistema biométrico de seguridad</i>	17
2.3.	Componentes de un sistema de seguridad electrónico de seguridad	18
2.3.1.	<i>Central de Alarmas</i>	19
2.3.2.	<i>Tarjeta de desarrollo</i>	19
2.3.2.1.	<i>Arduino</i>	19
2.3.2.2.	<i>Raspberry Pi</i>	20
2.3.2.3.	<i>FPGA</i>	22
2.3.2.4.	<i>ESP</i>	22
2.3.3.	<i>Sensores</i>	23
2.3.3.1.	<i>Sensor digital</i>	24
2.3.3.2.	<i>Sensor analógico</i>	24
2.3.3.3.	<i>Sensor inteligente</i>	24
2.3.3.4.	<i>Sensor Biométrico</i>	24
2.3.4.	<i>Actuadores y dispositivos de alerta</i>	25
2.3.4.1.	<i>Actuadores Hidráulicos</i>	26
2.3.4.2.	<i>Actuadores Neumáticos</i>	26
2.3.4.3.	<i>Actuadores Eléctricos</i>	26
2.3.5.	<i>Backup de energía</i>	27
2.4.	Internet de las cosas IoT	27
2.4.1.	<i>Arquitectura de un sistema IoT</i>	28
2.4.1.1.	<i>Hardware</i>	28
2.4.1.2.	<i>Middleware</i>	28
2.4.1.3.	<i>Presentación de Interfaz</i>	28

2.4.2.	<i>Protocolos importantes para IoT</i>	28
2.4.2.1.	<i>Protocolo HTTP</i>	28
2.4.2.2.	<i>Protocolo HTTPS</i>	29
2.4.2.3.	<i>Protocolo MQTT</i>	29
2.4.2.4.	<i>Protocolo CoAP</i>	29
2.4.3.	<i>Base de datos NoSQL</i>	29
2.5.	<i>Aplicación Móvil</i>	30
2.5.1.	<i>Desarrolladores de aplicaciones móviles</i>	30
2.5.2.	<i>Tipo de aplicaciones móviles</i>	31
2.5.2.1.	<i>Aplicaciones Nativas</i>	32
2.5.2.2.	<i>Aplicaciones Web</i>	32
2.5.2.3.	<i>Aplicaciones Híbridas</i>	32
CAPÍTULO III		
3.	MARCO METODOLÓGICO	33
3.1.	Requerimientos del prototipo electrónico de seguridad biométrico (PESB)	33
3.2.	Concepción general de la arquitectura del prototipo	34
3.2.1.	<i>Módulo de alimentación.</i>	35
3.2.2.	<i>Módulo adquisición de datos.</i>	36
3.2.3.	<i>Módulo de control y procesamiento.</i>	36
3.2.4.	<i>Módulo de administración y visualización de la información App</i>	37
3.3.	Elementos hardware del PESB	38
3.3.1.	<i>Selección de elementos hardware de control.</i>	38
3.3.1.1.	<i>Tarjeta de desarrollo principal</i>	38
3.3.1.2.	<i>Tarjeta de desarrollo auxiliar</i>	39
3.3.1.3.	<i>Sensor biométrico de huellas dactilares</i>	40
3.3.2.	<i>Selección de elementos hardware de seguridad</i>	42
3.3.2.1.	<i>Sensor de vibración RK600S</i>	42
3.3.2.2.	<i>Cámara de monitoreo USB</i>	43
3.3.2.3.	<i>Cerradura electromagnética</i>	44
3.3.2.4.	<i>Módulo Relé 5V 2 canales</i>	45
3.3.2.5.	<i>Módulo Buzzer SFM-27</i>	46
3.3.2.6.	<i>Sensor infrarrojo E18-D50NK</i>	47
3.3.3.	<i>Elementos de regulación de energía y alimentación.</i>	48
3.3.3.1.	<i>Fuente de alimentación 110 – 240 V a DC 12 V 5 A</i>	48
3.3.3.2.	<i>Batería para el PESB</i>	49
3.3.3.3.	<i>Módulo DC-DC regulador de voltaje MP1584</i>	51

3.3.3.4.	<i>Luz piloto verde 22MM.....</i>	52
3.4.	Esquema de conexión de los módulos del PESB	53
3.4.1.	<i>Esquema de conexión del módulo de alimentación.....</i>	53
3.4.2.	<i>Esquema de conexión del módulo de adquisición de datos.....</i>	54
3.4.3.	<i>Esquema de conexión del módulo de control y procesamiento.....</i>	56
3.4.4.	<i>Diagrama general de conexión del PESB.....</i>	59
3.5.	Software de desarrollo para el PESB.....	59
3.5.1.	<i>Herramientas Software de programación.....</i>	59
3.5.1.1.	<i>Phyton PyCharm Community</i>	60
3.5.1.2.	<i>Arduino IDE.....</i>	60
3.5.1.3.	<i>Autodesk EAGLE</i>	61
3.5.1.4.	<i>Android Studio</i>	62
3.5.1.5.	<i>SolidWorks.....</i>	63
3.5.1.6.	<i>Firestore Realtime Database.....</i>	63
3.5.1.7.	<i>Software para la comunicación IoT del PESB</i>	64
3.5.2.	<i>Programación Software del prototipo.</i>	64
3.5.2.1.	<i>Programación del módulo de adquisición de datos</i>	65
3.5.2.2.	<i>Programación del módulo de control y procesamiento.....</i>	69
3.5.2.3.	<i>Desarrollo de la etapa de almacenamiento de información.....</i>	71
3.5.2.4.	<i>Programación interfaz de desarrollo del aplicativo móvil.....</i>	74
3.6.	Diseño de elementos auxiliares.	79
3.6.1.	<i>Diseño de la placa base del prototipo electrónico de seguridad biométrico.</i>	79
3.6.2.	<i>Diseño de la estructura para el módulo de adquisición de datos.</i>	80
3.6.3.	<i>Diseño de la estructura para la estación del cicloparqueadero.....</i>	82
CAPÍTULO IV		
4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	84
4.1.	<i>Caracterización del módulo de adquisición de datos.....</i>	85
4.1.1.	<i>Pruebas de repetibilidad del sensor biométrico Dealpeak R503.</i>	85
4.1.2.	<i>Prueba de validación de sensor infrarrojo E18-d50nk.....</i>	87
4.1.3.	<i>Prueba de registro y validación de información del usuario.....</i>	88
4.2.	<i>Caracterización del módulo de control y procesamiento</i>	90
4.2.1.	<i>Prueba de comunicación y transmisión de datos.....</i>	90
4.2.2.	<i>Prueba de repetibilidad de apertura de la cerradura electromagnética.....</i>	93
4.2.3.	<i>Prueba de activación de seguros y emisión de alertas.....</i>	94
4.2.3.1.	<i>Prueba de repetibilidad para la detección de movimientos forzosos</i>	94
4.2.3.2.	<i>Prueba de repetibilidad para la detección de presencia de bicicletas</i>	95

4.2.3.3.	<i>Prueba de repetibilidad para la detección de corte del seguro o cadena</i>	96
4.2.4.	<i>Prueba de monitoreo remoto desde el aplicativo móvil.</i>	98
4.3.	Prueba de consumo energético del PESB.	99
4.3.1.	<i>Consumo energético del PESB en estado activo</i>	99
4.3.2.	<i>Consumo energético del PESB en estado inactivo.</i>	100
4.3.3.	<i>Estimación de descarga de la batería.</i>	100
4.4.	Funcionamiento y eficiencia del prototipo	101
4.5.	Análisis económico del prototipo	104
	CONCLUSIONES	106
	RECOMENDACIONES	108
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Consideraciones de implementación de cicloparqueaderos.....	9
Tabla 1-3:	Comparativa entre tarjetas de desarrollo Raspberry Pi y Odroid.....	39
Tabla 2-3:	Comparativa entre tarjetas de desarrollo Arduino	40
Tabla 3-3:	Comparativa entre los sensores de identificación de huellas dactilares.....	41
Tabla 4-3:	Especificaciones técnicas Sensor de vibración RK600S	42
Tabla 5-3:	Comparativa entre cámaras de monitoreo USB.....	43
Tabla 6-3:	Comparativa entre cerraduras electromagnéticas.....	44
Tabla 7-3:	Características técnicas módulo relé 5V 2 canales.	46
Tabla 8-3:	Especificaciones técnicas módulo buzzer SFM-27.....	46
Tabla 9-3:	Características técnicas sensor infrarrojo E18-D50NK.	47
Tabla 10-3:	Comparativa entre fuentes de alimentación.	48
Tabla 11-3:	Consumo energético del prototipo electrónico de seguridad biométrico.....	49
Tabla 12-3:	Especificaciones técnicas Batería 12V-7Ah FAMMA 1270.	50
Tabla 13-3:	Especificaciones técnicas regulador de voltaje MP1584.	52
Tabla 1-4:	Repetibilidad de registro de usuarios por medio del sensor biométrico.	85
Tabla 2-4:	Validación del sensor infrarrojo de proximidad E18-D50NK.	87
Tabla 3-4:	Prueba de transmisión de datos.....	91
Tabla 4-4:	Respuesta prueba de repetibilidad de apertura de la cerradura	93
Tabla 5-4:	Respuesta prueba de repetibilidad movimientos forzosos.	94
Tabla 6-4:	Respuesta prueba de repetibilidad ante perturbaciones de presencia.....	95
Tabla 7-4:	Respuesta prueba de repetibilidad ante perturbaciones de corte de cadena....	97
Tabla 8-4:	Consumo energético del prototipo en estado activo.	99
Tabla 9-4:	Consumo energético del prototipo en estado inactivo.	100
Tabla 10-4:	Análisis económico para la construcción del prototipo.	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Esquema justificación aplicativa TIC.	7
Figura 1-2:	Soporte U-Invertida, modelo funcional.	11
Figura 2-2:	Soporte de rueda horizontal y vertical.	12
Figura 3-2:	Soporte con seguros electrónicos BiciMad.	13
Figura 4-2:	Prototipo alarma de Pope	15
Figura 5-2:	Componentes de un sistema de seguridad electrónica	19
Figura 6-2:	Modelos de Tarjeta de desarrollo Arduino.	20
Figura 7-2:	Modelos de Placas de desarrollo Raspberry Pi	21
Figura 8-2:	Modelo de placa ESP32-WROOM y ESP32-CAM.	23
Figura 9-2:	Diagrama de bloques sistema de control.	25
Figura 10-2:	Actuador electromagnético.	27
Figura 11-2:	Sistemas operativos para aplicaciones móviles.	31
Figura 1-3:	Arquitectura general del prototipo	35
Figura 2-3:	Diagrama de bloques módulo de alimentación	35
Figura 3-3:	Diagrama de bloques módulo adquisición de datos.	36
Figura 4-3:	Diagrama de bloques módulo control y procesamiento.	37
Figura 5-3:	Diagrama de bloques módulo Administración y Visualización.	38
Figura 6-3:	Raspberry pi 4 Model B.	39
Figura 7-3:	Arduino nano	40
Figura 8-3:	Sensor biométrico de huellas dactilares Dealpeak R503	41
Figura 9-3:	Sensor de vibración RK600S	42
Figura 10-3:	Cámara de vigilancia CCTV USB.	44
Figura 11-3:	Cerradura Electromagnética DC 12V SONEW.	45
Figura 12-3:	Módulo Relé 5V de 2 canales.	45
Figura 13-3:	Buzzer 5-24v SFM-27.	46
Figura 14-3:	Sensor infrarrojo E18-D50NK.	47
Figura 15-3:	Fuente de alimentación Yuhan 12V/5A.	49
Figura 16-3:	Batería recargable FAMMA, 12V a 7Ah.	50
Figura 17-3:	Módulo regulador de voltaje MP1584.	52
Figura 18-3:	Luz piloto verde 22mm.	53
Figura 19-3:	Esquema de conexión del módulo de alimentación.	53
Figura 20-3:	Diagrama de conexión del módulo de adquisición de datos.	55
Figura 21-3:	Diseño PCB y placa física del módulo de adquisición de datos.	56

Figura 22-3:	Conexión módulo de módulo de control para la activación de salidas.	57
Figura 23-3:	Diseño PCB y placa física del módulo de control y procesamiento.	58
Figura 24-3:	Conexión física del módulo de control y procesamiento	58
Figura 25-3:	Diagrama general de conexión PESB.	59
Figura 26-3:	Software Pycharm Community Python.....	60
Figura 27-3:	Software de desarrollo integrado Arduino IDE.	61
Figura 28-3:	Software de desarrollo EAGLE.	62
Figura 29-3:	Interfaz del software de desarrollo Android Studio.	62
Figura 30-3:	Interfaz de desarrollo CAD SolidWorks.	63
Figura 31-3:	Entrono principal de Firebase Realtime Database.	64
Figura 32-3:	Declaración de variables del módulo de adquisición de datos.....	65
Figura 33-3:	Declaración de variables y puerto serial en el Void Setup.....	66
Figura 34-3:	Registro de datos biométricos de nuevo usuario.....	66
Figura 35-3:	Lectura en Python de datos recibidos desde Arduino.	67
Figura 36-3:	Envío de datos desde Python hacia la nube Firebase.....	68
Figura 37-3:	Lazo de control, lectura y activación de relés.	69
Figura 38-3:	Lazo de control, lectura del sensor biométrico.	70
Figura 39-3:	Diagrama de flujo del módulo de adquisición de datos y control.....	71
Figura 40-3:	Creación base de datos en Firebase Realtime Databse.	72
Figura 41-3:	Autenticación de usuarios de prueba registrados en Firebase.....	73
Figura 42-3:	Esquema de nodos JSON de la base de datos en Firebase.	74
Figura 43-3:	Directorio principal de desarrollo de la aplicación.	75
Figura 44-3:	Interfaz gráfica de programación del aplicativo móvil.	76
Figura 45-3:	Interfaces de desarrollo del aplicativo móvil en Android Studio.....	76
Figura 46-3:	Interfaces de bienvenida e inicio de sesión del aplicativo móvil.	77
Figura 47-3:	Interfaz de registro de usuario y autenticación en Firebase.	77
Figura 48-3:	Interfaz de disponibilidad de cerradura en la aplicación móvil.	78
Figura 49-3:	Interfaz de conexión con la cámara USB desde el aplicativo móvil.....	78
Figura 50-3:	Diseño placa PCB del módulo central de control.	79
Figura 51-3:	Placa PCB física del prototipo electrónico de seguridad biométrico.	80
Figura 52-3:	Diseño estructural de la estación central del cicloparqueadero.	81
Figura 53-3:	Estructura física de la estación central del cicloparqueadero.....	81
Figura 54-3:	Diseño estructural de las estaciones laterales del cicloparqueadero.	82
Figura 55-3:	Estructura física estaciones laterales del cicloparqueadero.	83
Figura 1-4:	Registro de usuarios almacenados en la base de datos de Firebase.	86
Figura 2-4:	Interfaz de registro en el aplicativo móvil.	88

Figura 3-4:	Lectura de huella dactilar para registro de usuario.	89
Figura 4-4:	Almacenamiento de información en la Firebase Realtime Database.	89
Figura 5-4:	Graficas de registros continuos en Firebase Realtime Database.	90
Figura 6-4:	Ventana de comandos Raspberry para la transmisión de datos.	92
Figura 7-4:	Graficas de almacenamiento en Firebase Realtime Database.	92
Figura 8-4:	Notificaciones de alerta en el aplicativo móvil.	98
Figura 9-4:	Monitoreo en tiempo real desde el aplicativo móvil.	99
Figura 10-4:	Curva de descarga batería recargable FAMMA 12V a 7Ah.	100
Figura 11-4:	Implementación del PESB dentro de las instalaciones de la ESPOCH.	102
Figura 12-4:	Uso del prototipo electrónico de seguridad biométrico PESB.	104

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

IoT	Internet de las Cosas
VCC	Voltaje en Corriente Continua
VCA	Voltaje en Corriente Alterna
PESB	Prototipo Electrónico de Seguridad Biométrico
V	Voltaje
mA	Miliamperios
W	Wattios
Gnd	Terminal a tierra
Kg	Kilogramos
App	Aplicación Móvil

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** HOJA DE DATOS RASPBERRY PI 4 MODEL B.
- ANEXO B:** HOJA DE DATOS SENSOR BIOMÉTRICO DEALPEAK R503.
- ANEXO C:** HOJA DE DATOS SENSOR DE VIBRACIÓN RK600S.
- ANEXO D:** HOJA DE DATOS CERRADURA ELECTROMAGNÉTICA DC 12V SONEW.
- ANEXO E:** HOJA DE DATOS MÓDULO RELÉ 5V DE 2 CANALES.
- ANEXO F:** HOJA DE DATOS SENSOR INFRARROJO E-18-D50NK.
- ANEXO G:** HOJA DE DATOS MÓDULO REGULADOR DE VOLTAJE MP1584.
- ANEXO H:** PROGRAMACIÓN DE LA TARJETA PRINCIPAL RASPBERRY PI 4.
- ANEXO I:** PROGRAMACIÓN DE LA TARJETA AUXILIAR ARDUINO NANO.
- ANEXO J:** PROGRAMACIÓN PARA EL DESARROLLO DEL APLICATIVO MÓVIL.
- ANEXO I:** CERTIFICADO DE VALIDACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO EMITIDO POR GRUPOS CICLISTICOS.

RESUMEN

El presente Trabajo de Integración Curricular tuvo como objetivo la implementación de un prototipo electrónico inteligente de seguridad biométrico con tecnología IoT para un cicloparqueadero, lo cual implicó la integración de diversos componentes electrónicos y tecnológicos. El prototipo incluye un módulo de adquisición de datos controlado por un Arduino Nano que recibe la información proveniente de los sensores del prototipo y, un módulo de control y procesamiento administrado por una Raspberry Pi 4 y un servidor IoT. Se utilizó una base de datos no SQL creada en Firebase Realtime Database y una cámara USB para monitorear el cicloparqueadero en tiempo real. Además, se incorporó al prototipo un sensor biométrico que valida la huella del usuario registrado para la apertura de la cerradura electromagnética y activación de los mecanismos de seguridad. El prototipo incluye un sistema de registro y reserva por medio de una aplicación móvil desarrollada en Android Studio, lo cual permitió una gestión más eficiente del cicloparqueadero. Se realizaron diversas pruebas de estabilidad y repetibilidad para validar la eficiencia y el rendimiento del prototipo, los resultados obtenidos fueron aceptables en todas las pruebas; dos representantes de equipos ciclistas que confirmaron la funcionalidad, la fiabilidad y la facilidad de uso del prototipo. En base a los resultados, se concluye que el prototipo electrónico de seguridad biométrico con tecnología IoT es una solución innovadora y confiable para la seguridad en el sector ciclista, brindando un alto nivel de fiabilidad, cumpliendo con los objetivos establecidos. Sin embargo, se recomienda realizar un análisis de diseño con un enfoque en la minimización del volumen de la estructura, a fin de ahorrar espacio y material sin comprometer la eficiencia ni la seguridad del prototipo.

Palabras clave: <PROTOTIPO ELECTRÓNICO INTELIGENTE>, <SISTEMA DE SEGURIDAD BIOMÉTRICO>, <CICLOPARQUEADERO>, <APLICACIÓN MÓVIL>, <BASE DE DATOS NOSQL>, <INTERNET DE LAS COSAS (IOT)>, <TARJETA DE DESARROLLO (HARDWARE)>, <CERRADURA ELECTROMAGNÉTICA>.



0386-DBRA-UPT-2023

SUMMARY

The present graduate research project was based on implementing a smart electronic prototype of biometric security with IoT technology for a bicycle parking lot, which implied the integration of various electronic and technological components. The prototype includes a data acquisition module controlled by an Arduino Nano that receives the information from the prototype's sensors and a control and processing module managed by a Raspberry Pi 4 and an IoT server. A NoSQL database created in Firebase Real-time Database and a USB camera were used to monitor the bike parking lot in real-time. In addition, a biometric sensor that validates the fingerprint of the registered user to open the electromagnetic lock and activate the security mechanisms was incorporated into the prototype. The prototype includes a registration and reservation system through a mobile application developed in Android Studio, allowing more efficient bicycle parking lot management. Various stability and repeatability tests were carried out to validate the efficiency and performance of the prototype; the results obtained were acceptable in all the tests; two members of the cycling teams confirmed the functionality, reliability, and facility of using the prototype. Based on the results, it is concluded that the electronic biometric security prototype with IoT technology is an innovative and reliable solution for security in the cycling sector, providing a high level of reliability and meeting the established objectives. However, it is recommended to carry out a design analysis focusing on minimizing the structure's volume to save space and material without compromising the efficiency and safety of the prototype.

Keywords: <SMART ELECTRONIC PROTOTYPE>, <BIOMETRIC SECURITY SYSTEM>, <CYCLE PARKING LOT>, <MOBILE APP>, <NOSQL DATABASE>, <INTERNET OF THINGS (IOT)>, <DEVELOPMENT BOARD (HARDWARE)>, <ELECTROMAGNETIC LOCK>.



Lenin Ivan Lara Olivo
0602546103

INTRODUCCIÓN

El uso de la bicicleta como medio alternativo de movilidad está tomando un rol fundamental debido a la eficiencia y accesibilidad para el transporte de una persona, además de ser sostenible con el medio ambiente, a nivel local e institucional se está impulsando el uso de este medio alternativo con la creación de ciclo-rutas y ciclovías.

Dado que el uso de una bicicleta conlleva cierto grado de cuidado especialmente al momento de utilizar un estacionamiento, es de vital importancia contar con parqueaderos que incorporen sistemas novedosos, donde se utilice tecnología de vanguardia para optimizar los niveles de seguridad dentro de los estacionamientos para este valioso medio de transporte.

Con la finalidad de mejorar los niveles de seguridad en un parqueadero de bicicletas, se propone la implementación de un prototipo electrónico inteligente de seguridad biométrico con tecnología IoT para un cicloparqueadero, cuya propuesta involucra el diseño e instalación de dos módulos de estacionamiento y una estación central; la misma que consta de una tarjeta de desarrollo principal Raspberry Pi 4 para el control IoT y procesamiento de datos y una tarjeta auxiliar Arduino Nano para el control de sensores y actuadores.

El prototipo incluye un aplicativo móvil desarrollado en Android Studio para el registro, reserva de estacionamiento y monitoreo de las bicicletas ancladas en el cicloparqueadero, en función a la estructura metodológica, el presente Trabajo de Integración Curricular TIC cuenta con cuatro capítulos donde se detalla el desarrollo y alcances de la propuesta.

En el capítulo I se presenta los antecedentes, el planteamiento y sistematización del problema, la justificación tanto teórica como práctica y los objetivos que se desea alcanzar con el desarrollo del presente Trabajo de Integración Curricular.

En el capítulo II se realiza un análisis bibliográfico referente a características de los cicloparqueaderos, sistemas de seguridad electrónico, tarjetas de desarrollo, sensores, actuadores y dispositivos de alerta. El análisis referencial conlleva a que el lector identifique temáticas específicas referentes al desarrollo del proyecto.

En el capítulo III se presenta el desarrollo del caso de estudio, específicamente los requerimientos del prototipo, concepción general de la arquitectura del prototipo, caracterización de elementos hardware y software, esquemas de conexión de los módulos del prototipo electrónico de seguridad biométrico con tecnología IoT, desde ahora llamado PESB y diseños de elementos auxiliares como placa base y estructura del cicloparqueadero.

Finalmente, en el capítulo IV se realiza el análisis e interpretación de resultados producto de la implementación del prototipo electrónico de seguridad biométrico con tecnología IoT dentro de las instalaciones de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en tal sentido se presentan las pruebas de caracterización del módulo de adquisición de datos y del módulo de control y procesamiento, pruebas de consumo energético, pruebas de validación y funcionamiento del prototipo, posterior se contempla un análisis económico para la implementación del prototipo desarrollado.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

En los últimos años se ha priorizado el uso de medios alternativos de movilidad eficientes, asequibles y que sean sostenibles con el medio ambiente. En ese sentido, el uso de bicicletas para la movilidad resulta un medio accesible para el transporte. Según datos estadísticos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC, en Ecuador el 22.54% de los hogares cuentan con al menos una bicicleta para la movilización y recreación de sus miembros. Ante la llegada de la pandemia, el uso de la bicicleta como medio de transporte creció exponencialmente, en Ecuador, en el año 2020, su uso aumentó en un 83% en relación al 2019 (El Telégrafo, 2021). Gracias al triunfo del ecuatoriano Richard Carapaz, en la competencia internacional del Giro de Italia en 2019, la comercialización y uso de las bicicletas aumentó rotundamente en el país, lo que provocó que las autoridades aplicaran una reducción arancelaria a 667 productos a partir del primero de agosto del 2021, donde el 16.5% de bienes corresponde a usos directos del consumidor como las bicicletas y otros productos (El Comercio, 2021).

El aumento de usuarios que utilizan las bicicletas para movilizarse a diario conllevó a que los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales GADM del país, implementen espacios para los ciclistas como ciclovías y espacios para el parqueadero de las bicicletas, en los distintos lugares de afluencia masiva como centros educativos, centros comerciales, parques, plazas, mercados y lugares turísticos. Dentro de la tercera fase del plan de movilidad para el cantón Riobamba, se propuso el desarrollo de infraestructura para bicicletas (ciclovías, ciclo estacionamientos, polígonos bici logísticos), justamente tener un circuito de 10 Km de ciclovía recreativa y un sistema de 30 estacionamientos en lugares estratégicos para 2025 (GAD Riobamba, 2020).

El uso de cicloparqueaderos conlleva hasta cierto punto un riesgo de inseguridad para las bicicletas puesto que los delincuentes ven en estos espacios una forma de lucrar, dañando o sustrayendo las bicicletas y perjudicando a los usuarios que usan estos espacios. Según investigaciones en el Ecuador, el índice de delincuencia enfocado a robos de medios de transporte como las bicicletas ha aumentado. Sin embargo, los usuarios utilizan elementos alternativos tradicionales para la seguridad en los cicloparqueaderos como cadenas, candados o cerraduras incorporadas en las bicicletas, aunque son susceptibles de cualquier tipo de manipulación que conlleve un posible robo de las bicicletas. En ese sentido, es propicio crear sistemas innovadores que permitan al usuario tener seguridad y tranquilidad al momento de dejar su bicicleta estacionada. A nivel regional, en Colombia, se ha implementado un sistema automático para el control y seguridad de las bicicletas en cicloparqueadero, monitoreo por

medio del uso de sensores, actuadores y medios de comunicación adecuados para la alerta ante un posible robo (Salinas, 2014).

Por otra parte, en Madrid-España, se ha implementado un sistema denominado BiciMad, que es un servicio de alquiler de bicicletas 100% eléctricas, práctico, sencillo y ecológico. Es un sistema de parqueadero inteligente, donde el usuario puede anclar y desanclar una bicicleta de forma segura en los parqueaderos que se encuentran distribuidos de forma lineal. Además, posee un sistema de seguridad en tiempo real, donde el usuario puede consultar la disponibilidad de anclajes disponibles, una tarjeta de acceso, con abono recargable que dota el accionamiento correspondiente del sistema. Cada base del parqueadero contiene luces led indicadoras de disponibilidad, la luz verde indica que la bicicleta se encuentra bien asegurada y puede ser usada, la luz roja indica que el parqueadero está disponible para anclar la bicicleta o a su vez que dicha bicicleta no está disponible para ser usada, finalmente el indicador azul indica que la base del parqueadero ha sido reservada por un usuario (BiciMAD, 2022). Este tipo de sistemas implementados en países desarrollados sirven de guía para el análisis, mejora de vulnerabilidades y posibles aplicaciones en sectores estratégicos de países en vías de desarrollo, que permitirán contar con sistemas eficientes y seguros para el parqueadero de bicicletas. En la actualidad, el uso de las bicicletas es para fines de movilidad y recreación donde jóvenes estudiantes la utilizan para dirigirse hacia sus centros de estudio, lo que crea la necesidad de generar espacios seguros para el parqueadero de sus medios de transporte.

A nivel nacional, en Ecuador, en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ESPOCH (Pilco, 2021) se realizó la implementación de un prototipo de seguridad enfocado únicamente a las bicicletas, donde se adecuó un dispositivo de cerradura electrónica para monitorear por medio de un aplicativo móvil, localización por GPS y garantizar la seguridad de la bicicleta. Respecto a los parqueaderos que se encuentran disponibles en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), el método más común utilizado por la mayoría de los usuarios de bicicletas, son candados y cadenas tradicionales que representan cierto grado de inseguridad, considerando los costos de su adquisición y la incomodidad al momento de transportar dichos medios tradicionales de seguridad.

Al tomar como referencia las propuestas de desarrollo de proyectos técnicos enfocados en la seguridad de las bicicletas dentro de los parqueaderos (Salinas, 2014), se prevé analizar sus vulnerabilidades y ofrecer una solución al problema de inseguridad en los cicloparqueaderos. Se plantea la implementación de un prototipo de un sistema electrónico de seguridad, mediante la incorporación de tecnología IoT y sensor biométrico para un cicloparqueadero inteligente, a fin de reducir los niveles de inseguridad, monitorear en tiempo real las bicicletas en un parqueadero situado dentro de las instalaciones de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ESPOCH, aprovechando el acceso a internet que se encuentra disponible en gran parte del campus central de la institución educativa en mención.

1.2. Planteamiento del problema

¿Es posible implementar un prototipo electrónico inteligente de seguridad biométrico con tecnología Internet of Things IoT que reemplace los seguros tradicionales y que garantice la seguridad de las bicicletas en un cicloparqueadero dentro de la ESPOCH?

1.3. Sistematización del problema

¿La bibliografía relacionada a sistemas electrónicos desarrollados para la seguridad de bicicletas en los ciclos parqueaderos permite tener una idea clara de cómo abordar esta temática?

¿Es posible diseñar un prototipo electrónico inteligente de seguridad biométrico con tecnología IoT para un cicloparqueadero?

¿Cómo se puede incorporar una herramienta informática para registrar, almacenar y enviar datos?

¿En base a qué parámetros se puede identificar la tecnología de hardware y software necesaria para una adecuada implementación del prototipo electrónico inteligente de seguridad biométrico con tecnología IoT para un cicloparqueadero?

¿De qué forma es posible validar la fiabilidad de seguridad del sistema electrónico implementado en el cicloparqueadero?

1.4. Justificación

En la actualidad, el uso de la bicicleta se ha tornado como un medio de transporte de gran demanda, dependiendo del uso que se le dé, ya sea por recreación, ejercicio o movilidad, en todos los casos es indispensable considerar el aspecto de seguridad de estos medios de transporte, a continuación, se presenta la justificación del Trabajo de Integración Curricular propuesto.

1.4.1. Justificación teórica

La bicicleta resulta un medio de transporte accesible y oportuno para el usuario. El tema de seguridad de dicho medio de transporte resulta un tema de análisis muy amplio. Según el análisis referencial, en Ecuador, los índices de delincuencia y robo aumentaron un 24.4% en el año 2021 (EL Telégrafo, 2021), evidenciando claramente que la inseguridad en los espacios de públicos ha aumentado considerablemente.

Los dispositivos de seguridad permiten que la bicicleta estacionada en un parqueadero permanezca segura y pueden ser colocados en las llantas o en la estructura de la bicicleta. Dentro del mercado, existen varios dispositivos para la seguridad de las bicicletas, desde los más tradicionales hasta sistemas que poseen altos niveles de seguridad tecnológica, pero costosos. Debido a ello, los usuarios optan por adquirir seguros de menor costo lo que genera cierto grado de inseguridad dentro de los cicloparqueaderos. Es importante instaurar sistemas de seguridad que corrijan las vulnerabilidades de los sistemas tradicionales; por tal motivo, se determinó la factibilidad de desarrollar e implementar un prototipo de un sistema electrónico de seguridad para un cicloparqueadero y tener un monitoreo de dos bicicletas que se encuentran ancladas en el parqueadero. El prototipo de seguridad propuesto contará con un sistema de registro cuyos datos de usuario se enlazarán directamente a un almacenamiento en la nube. Mediante la tecnología Internet of Things IoT se establecerá una comunicación para acceder a la llave maestra. La identificación que permitirá al usuario de la bicicleta activar o desactivar el seguro dentro del cicloparqueadero se realizará por medio de un sensor biométrico.

Dentro del análisis de la justificación teórica, el presente proyecto técnico consistirá en implementar un prototipo de un sistema electrónico de seguridad para un cicloparqueadero inteligente empleando la tecnología Internet of Things IoT y un sensor biométrico incrementando la seguridad de las bicicletas dentro de una estación de parqueadero. Además, se pretende promover el uso de las bicicletas y que puedan acceder a un sistema eficiente de seguridad antirrobo, considerando que el uso de la bicicleta como medio de transporte, es propicio en la movilidad sostenible y amigable para el medio ambiente.

1.4.2. Justificación aplicativa

En el presente trabajo de aplicación técnica se plantea desarrollar un prototipo electrónico inteligente de seguridad biométrico y tecnología IoT. Está pensado principalmente bajo el objetivo de contar con un mecanismo cómodo, que no implique ningún tipo de seguro externo (cadenas, candados, etc.) evitando inconvenientes tales como dificultad en su transporte, pérdida de las llaves, olvido del seguro o inseguridad en el cicloparqueadero. Se busca innovar el método de parqueo de bicicletas, incorporando un mecanismo que garantice en todo momento la seguridad de la bicicleta en el parqueadero.

El sistema electrónico de seguridad para un cicloparqueadero contará con un módulo de registro fácil, rápido y seguro. El usuario ingresará sus credenciales, número telefónico y huella dactilar que constituirá la parte clave para la apertura y cierre del prototipo de seguridad. Se utilizará el internet como medio de comunicación, este permitirá que los datos y las acciones como golpes, manipulación o el intento de vulnerar el seguro sean detectados por el sistema y se envíen hacia los módulos conectados a la red. La tecnología IoT constituye la parte nuclear ya que desde ahí se centralizará las

acciones de todo el prototipo, tal como se muestra en la figura 1-1. Todos los datos obtenidos por el módulo de registro pasarán por la red IoT hacia el módulo de almacenamiento, la información almacenada será accesible a través de la comunicación IoT. El usuario, con la incorporación de la tecnología IoT, podrá monitorear y estar informado en tiempo real de lo que sucede en el cicloparqueadero por medio de su dispositivo. El sensor biométrico, por su parte representa el núcleo de seguridad pues es la parte física para el bloqueo y desbloqueo del sistema de seguridad. Los módulos de registro y almacenamiento serán dependientes de los datos almacenados y por supuesto necesitarán la conexión IoT para su funcionamiento.

Por su parte el módulo de control y procesamiento constituye la parte electrónica del prototipo, para ejecutar la apertura y cierre del sistema de seguridad, será dependiente del sensor biométrico y del módulo IoT para el acceso a los datos. Es la parte central de la activación de todos los módulos controlando y enviando las acciones que realizará todo el prototipo. El módulo de monitoreo será una cámara conectada a la red y podrá ser gestionada a través de un dispositivo inteligente de propiedad del usuario, su función será visualizar en tiempo real lo que sucede en el cicloparqueadero y almacenará grabaciones en la nube con un periodo establecido. Además, el prototipo contará con un espacio físico para dos bicicletas ubicado estratégicamente tal como se muestra en el diagrama de la propuesta presentada de la figura 1-1, que posiblemente estará sujeta a cambios.

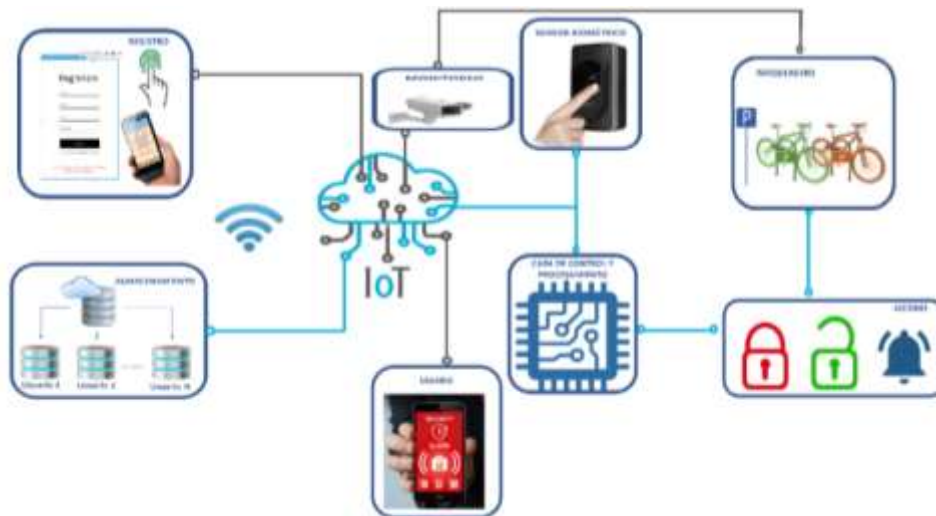


Figura 1-1: Esquema justificación aplicativa TIC.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

Una vez implementado todo el sistema se procederá a la comprobación de vulnerabilidades, apoyándose en varias pruebas de funcionamiento para llevar a cabo el proceso de validación. Se tendrán generados varios usuarios registrados probando el sistema de seguridad, el nivel de fiabilidad se determinará en base al número de pruebas y errores que presente. Finalmente se establece un plan que consiste en la revisión del funcionamiento en base a las pruebas y de ser necesario corrección de fallos graves que atenten prioritariamente el funcionamiento de la seguridad del prototipo, es decir,

que el prototipo no presente un nivel de fiabilidad aceptable y por ende la seguridad de las bicicletas, que hagan uso del cicloparqueadero, estén comprometidas.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Implementar un prototipo electrónico inteligente de seguridad biométrico con tecnología IoT para un cicloparqueadero.

1.5.2. Objetivos específicos

- Desarrollar una revisión bibliográfica sobre el estado del arte del funcionamiento de los dispositivos electrónicos desarrollados para la seguridad de bicicletas en los cicloparqueaderos.
- Diseñar un prototipo electrónico inteligente de seguridad biométrico con tecnología IoT para un cicloparqueadero.
- Incorporar una herramienta informática para el registro, almacenamiento y envío de datos.
- Identificar la tecnología de hardware y software necesaria para una adecuada implementación del prototipo.
- Validar la fiabilidad del prototipo electrónico inteligente de seguridad a implementar en el cicloparqueadero.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Cicloparqueaderos

Un cicloparqueadero o parqueadero de bicis, es un lugar donde se puede colocar bicicletas cuando las mismas no son utilizadas, este espacio físico debe tener una infraestructura y un conjunto de elementos de señalización, protección y apoyo que permitan estacionarse de manera segura y conveniente (IDAE, 2009, p. 13). Para la utilización de un cicloparqueadero es indispensable el uso de soportes para bicicletas que es el elemento que se junta o cierra de manera segura por medio de mecanismos antirrobo tradicionales (candados, cadenas, etc.) o modernos (cerraduras electrónicas, hidráulicas o neumáticas).

2.1.1. *Consideraciones de implementación de cicloparqueaderos.*

Para que un cicloparqueadero desempeñe satisfactoriamente con su función, es necesario que cumpla con ciertos parámetros recomendados por los expertos, para ello a continuación en la tabla 1-2 se resume los aspectos y condiciones óptimas que debe cumplir un cicloparqueadero seguro. (IDAE, 2009, p. 14).

Tabla 1-2: Consideraciones de implementación de cicloparqueaderos

Consideración	Descripción
Ubicación	Debe ser totalmente visible para ciclistas y transeúntes.
Comodidad y ergonomía	Deber ser un ambiente cómodo para los ciclistas, contando además con espacio suficiente para realizar maniobras en bicicleta sin riesgo de dañar otras y evitando realizar esfuerzo físico.
Polivalencia	Se Puede estacionar cualquier tipo y tamaño de bicicleta y permitir que se bloqueen con los mecanismos antirrobo tradicionales o modernos.
Seguridad y estética	Los materiales de construcción deben ser capaces de garantizar la seguridad ante robos o vandalismo, además, su diseño debe

	integrarse al entorno arquitectónico del lugar transmitiendo confianza para estacionar.
Costo	El costo de construcción y mantenimiento debe ser económico sin la necesidad de sacrificar calidad.

Fuente: (Manual España)

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

Existen muchos modelos de cicloparqueaderos de bicicletas en el mercado, pero no todos los modelos son aptos para todos los usos. Por ello realizaremos una clasificación en función de dos criterios el primero por el tipo de estancias y el segundo por el tipo de soporte.

2.1.2. Tipo de Estancias

Los tipos de estancias se caracterizan por generalmente por el tiempo de uso de cada cicloparqueadero, predominando las estancias de tipo breve y las estancias de tipo prolongadas.

2.1.2.1. Estancias Breves

Se trata de cicloparqueaderos que se utilizan por periodos cortos de horas. Para compras, trámites o participación en actividades de ocio, cursos o congresos. Es muy común que para estos estacionamientos se utilice el soporte en U invertida o variaciones de este que satisfagan la funcionalidad básica de la mayoría de las aplicaciones a corto plazo (Celis, 2008, p. 44).

2.1.2.2. Estancias Prolongadas

Son cicloparqueaderos que se utilizan en periodos en los cuales se deja la bicicleta durante todo el día y/o noche o más. Se necesitan en zonas residenciales, lugares de trabajo y estudio, así también en estaciones intermedias como estaciones de transporte público (Celis, 2008, p. 44). En su mayoría son estructuras cerradas que protegen las bicicletas de robos, vandalismo y mal tiempo. Pueden además almacenar no solo bicicletas, sino también otros bultos y accesorios (mochilas, cascos, ropa, etc.). En Ecuador son prácticamente desconocidos, por lo que tenemos que mirar a los países europeos para encontrar algunos ejemplos.

2.1.3. Tipos de Soportes

Los soportes permiten tener una mayor estabilidad de anclaje de una bicicleta dentro de un parqueadero, su clasificación depende de la orientación y del tipo de estructura que presenta el

soporte para la instancia de una bicicleta parqueada. A continuación, se detallan los tipos de soportes para las bicicletas.

2.1.3.1. Soporte U invertida

El soporte tipo U-Invertida también conocido como Universal, está formado por una pieza de metal en ángulo que permite montar dos bicicletas, una a cada lado, tal como se muestra en la figura 1-2. De esta manera, la estabilidad de la bicicleta depende completamente del soporte del cicloparqueadero pues se apoya totalmente en él. Una de sus principales ventajas es que permite colocar dos mecanismos antirrobo (Pardo et al., 2013, p. 11).



Figura 1-2: Soporte U-Invertida, modelo funcional.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

2.1.3.2. Soporte de rueda

Los soportes de rueda o de horquilla (butterfly racks), son aquellos que constan de un elemento, el cual se adapta a cualquier rueda de la bicicleta. En el mercado estos son los modelos más simples además de que su precio es muy económico. Pueden tener dos tipos de configuración, el soporte de rueda vertical y el soporte de rueda horizontal, como se muestra en la figura 2-2. Sin embargo, el soporte vertical es el recomendado por los manuales puesto que en este tipo el centro del soporte y de la rueda están a la misma altura esto no sucede con el tipo horizontal donde generalmente la bicicleta acaba apoyándose en su propio peso, provocando una fuerza de torsión alta que puede dañar la rueda. No se recomienda el uso de este tipo de estructuras en la vía pública debido a la baja seguridad contra robos. Por otro lado, puede ser adecuado para su uso en recintos cerrados o que cuenten con seguridad como apoyo a estacionamientos permanentes o en áreas comerciales por periodos muy cortos de tiempo (IDAE, 2009, p. 18).



Figura 2-2: Soporte de rueda horizontal y vertical.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

2.1.3.3. Soporte de Pared

Los soportes de pared permiten asegurar la bicicleta a la pared, se puede poner la bicicleta en posición vertical, horizontal o inclinada. Tiene la ventaja de optimizar el espacio disponible, pero limita la accesibilidad lo que se traduce en mayor esfuerzo físico por parte del usuario al momento de hacer uso de este tipo de soporte (Pardo et al., 2013, p. 12).

2.1.3.4. Soporte de dos pisos

Este tipo de soportes son muy comunes en las estaciones de bicicletas de algunas ciudades europeas. Son una forma útil de optimizar el espacio. Existen varios modelos, pero en su mayoría tienen mecanismos extraíbles en el nivel superior para facilitar el estacionamiento de la bicicleta (Pardo et al., 2013, p. 13).

2.1.3.5. Soporte con seguros electrónicos

Uno de los últimos tipos de soportes incorporados en la nueva generación son los electrónicos, este tipo de soportes cuentan con una estructura propia ayudada de uno o varios elementos de apoyo que permiten la fijación de la bicicleta. En algunos casos, los soportes están diseñados de tal manera que solo pueden cerrarse con candados especiales adaptados al sistema. En otros casos, para acceder al sistema es necesario cancelar valores monetarios puesto que el soporte se encuentra equipado con un dispositivo que proporciona una llave para cerrar el sistema después de ingresar la cantidad requerida. Las cerraduras electrónicas se han incorporado a los sistemas tradicionales y constituyen hoy en día una forma segura y confiable de bloquear y desbloquear las cerraduras, tal es el caso que existen muchos seguros que son bloqueados por tarjetas electrónicas e integrados en el sistema, como se muestra en la figura 3-2 se muestra un tipo de soporte electrónico con un módulo de control y validación de información implementado en España llamado BiciMad (BiciMAD, 2022). El sistema

solo se puede abrir con una tarjeta que pueda cerrar y abrir la cerradura. Esta tarjeta inclusive si el sistema se instala en un espacio cerrado permite el acceso a su interior.



Figura 3-2: Soporte con seguros electrónicos BiciMad.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

2.1.4. Sistemas de seguridad en los Cicloparqueaderos

A lo largo de la historia las técnicas y dispositivos para la seguridad de las bicicletas han ido evolucionando, se trata de dispositivos que se colocan en la bicicleta con la finalidad de asegurarlas y evitar un posible robo, aunque existen un sinnúmero de seguros se diferencian por el nivel de seguridad que ofrecen y el valor económico. Dentro de la clasificación de los sistemas de seguridad se encuentran los sistemas de seguridad tradicionales y los sistemas de seguridad modernos.

2.1.4.1. Sistemas de seguridad Tradicional

Estos seguros se caracterizan por su bajo valor económico y su gran demanda de uso, aunque estos seguros presentan un nivel de seguridad medio, resultan de gran utilidad para tener un nivel de seguridad considerable de las bicicletas. Entre los principales seguros tradicionales se encuentran los de tipo cable o espiral, cadenas metálicas, candado en forma de U, candados articulados y cables de acero (García, 2022).

2.1.4.2. Sistemas de seguridad Moderno

Si hablamos en temas de seguridad el avance tecnológico ha evolucionado de manera imprescindible, es así como en la actualidad se cuenta con sistemas electrónicos de seguridad para tener mayor control y seguridad de los objetos personales. Para el caso de las bicicletas la idea es tener un seguro robusto y lo más resistente posible. Dentro los principales seguros modernos se tiene candados electrónicos con dispositivos GPS, seguros con acero trenzado, candados inteligentes con control de bloqueo desde aplicaciones móviles, entre otros dispositivos que ofrecen altos niveles de seguridad y sus precios son relativamente altos debido a sus características de diseño y fiabilidad (Lai, 2022).

2.1.5. Uso de bicicletas y cicloparqueaderos en el Ecuador

El Ecuador actualmente cuenta con normativas y decretos ejecutivos que regulan la utilización de la bicicleta como medio de transporte, dada esta situación con el paso de los años según estudios realizados la utilización de la bicicleta ha ido en aumento lo que por consecuencia genera la necesidad de espacios propicios para poder estacionar las bicicletas en lugares seguros y cercanos para los usuarios. De esta manera en Ecuador en el plan nacional del Buen Vivir contempla la construcción de cicloparqueaderos tradicionales, estos son los que en la gran mayoría de establecimientos públicos y privados son utilizados actualmente (Secretaría de gestión inmobiliaria del sector público, 2015).

2.1.5.1. Bici Pública Cuenca

Ecuador cuenta con un solo sistema moderno de movilidad, “Bici Pública” un programa implementado por el municipio de Cuenca desde el 1 de abril de 2019 (El Telégrafo, 2019), en su página web se puede leer que el sistema “Bici Pública Cuenca” está compuesta de varias estaciones inteligentes, distribuidas por algunos puntos de la ciudad. Detalla que el usuario puede retirar la bicicleta en la estación a través de la aplicación descargada en su teléfono inteligente, devolviéndola en cualquier estación posteriormente al uso. Su finalidad es ofertar en la ciudad de Cuenca una opción de transporte saludable, no contaminante y sostenible. El proyecto se encuentra operado por la empresa BiciCuenca. Las Estaciones están alimentadas por energía solar y conectadas a una central inalámbricamente, admite realizar monitoreo en tiempo real de las bicicletas y estaciones. Permitiendo al usuario seguir este estado y saber exactamente dónde tiene estaciones/bicicletas desocupadas disponibles, a través del sitio web o la aplicación móvil (Bici Pública Cuenca, 2022).

2.1.5.2. Análisis aceptación Bici Publica Cuenca

En los estudios realizados por (Sinche y Zhinin, 2020: p.90) y en base a la información obtenida en este trabajo de titulación citado, se puede percibir que a pesar de que la bicicleta pública cuenta con un seguro para evitar robos o cualquier inconveniente, los usuarios no se sienten totalmente tranquilos con estos sistemas puesto que carecen de garantías. Adicionalmente, se ratifica que la bicicleta eléctrica ayuda a mitigar el esfuerzo físico y por ende el cansancio, no en su totalidad, pero gracias a esto se puede establecer las bases para impulsar estos sistemas alternativos de movilización y el crecimiento que estos tienen.

2.1.5.3. Cicloparqueaderos en la ESPOCH

A nivel interno en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se cuenta con un sistema tradicional de sistemas de parqueaderos para bicicletas. Cada facultad cuenta con espacios para el

estacionamiento de bicicletas, además en los últimos años se han incorporado ciclovías a lo largo y ancho de toda la institución, además existe un club de ciclismo de la ESPOCH, lo que evidencia que el crecimiento del uso de la bicicleta ha ido en aumento por lo tanto, es necesario contar con métodos de parqueo eficientes.

2.2. Sistemas de Seguridad

El uso de sistemas de seguridad nace con la idea de dar protección y salvaguarda la integridad de los artículos personales, en general se suele utilizar candados o cerraduras mecánicas para asegurar algún objeto de forma tradicional, pero en la actualidad con el avance tecnológico dichos sistemas han evolucionado haciéndolos más sofisticados y con mayor seguridad, dando una mayor confiabilidad de su uso a los usuarios.

Un sistema de seguridad es un conjunto de equipos e instrumentación necesaria para garantizar la protección a las personas, objetos materiales o espacios físicos determinados, estos sistemas al activarse emiten una alerta en respuesta a algún tipo de intrusión o intento de hurto por parte de una tercera persona (Sánchez, 2019, p. 20).

2.2.1. Orígenes de los sistemas de seguridad

Al largo de la historia se han desarrollado herramientas y sistemas provistos de alertas o alarmas a fin de brindar seguridad, antiguamente se utilizaban es así que en junio de 1853 Augustus Russell Pope fabricó el primer dispositivo de alerta que consistía en un circuito electromagnético donde las puertas y ventanas se conectaban a un circuito eléctrico en paralelo, de modo que al abrir una puerta o ventana se cortaba el flujo de corriente eléctrica y se generaba oscilaciones o vibraciones en los imanes lo que producía que un martillo golpee la campanilla como se observa en la figura 4-2. Con la alerta sonora que emitía la campana se logró contar con una forma de indicación ante algún tipo de intrusión o robo.



Figura 4-2: Prototipo alarma de Pope

Fuente:(BREMICKER, 2020).

Con el desarrollo del prototipo de alarma Pope Edwin Holmes considerado el padre de las instalaciones de alarma adquirió los derechos del prototipo de Pope en el año de 1858 y puso en

marcha una empresa para la producción e instalación a gran escala de alarmas eléctricas, convirtiéndolos en pioneros en el área de seguridad, años más tarde utilizarían las conexiones de la red telefónica de Boston para los sistemas de alarmas que se distribuían a lo largo de la ciudad. Para el año 1867 Edward Calahan inventó un sistema de alarma que consistía en cajas con alarmas de campana que se conectaban a través de las casas de los distritos de Nueva York y en caso de una emergencia se disparaba la alarma y una central de llamadas de emergencia lista para actuar y advertir a la población en caso de ayuda, su impacto fue tan contundente que para el año de 1970 las alarmas de Calahan se convirtieron en sistemas complementarios y de apoyo para las unidades de policía, cuerpos de bomberos y servicios de mensajería. En el siglo veinte con el avance tecnológico se propusieron sistemas de seguridad que integraban detectores de movimiento, en la actualidad los sistemas de seguridad integran tecnología que permite tener un monitoreo continuo y eficiente con el uso de sensores inteligentes, actuadores modernos, vigilancia en tiempo real que incluye el uso de tecnología inalámbrica, perfeccionando los niveles de seguridad dentro de un entorno (Bremicker, 2020).

2.2.2. Clasificación de los sistemas de seguridad

Los sistemas de seguridad varían en función de las necesidades de los usuarios considerando aspectos de montaje e instalación para que el sistema cumpla con los requerimientos de protección y seguridad, en la actualidad los principales sistemas de seguridad electrónico que se utilizan se enfocan en la seguridad de instalaciones, seguridad contra incendios, sistemas antirrobo e intrusión y circuito cerrado de televisión o CCTV.

2.2.2.1. Sistema de seguridad contra incendios

Son sistemas diseñados para actuar ante un incendio, se caracterizan por pronta y oportuna respuesta ante dicha emergencia, evitando que el incendio se propague y salvaguardando la integridad de las personas. Los sistemas de detección anti incendios constan de sensores detectores de humo y actuadores que al detectar la presencia de humo producto del fuego, activan inmediatamente alarmas sonoras y luminosas para una posible evacuación, por otra parte los sistemas de extinción de fuego actúan inmediatamente en respuesta a la emergencia y dependiendo del tipo de instalación este sistema puede activar rociadores de protección contra incendio, cortar el suministro de electricidad o enviar la alerta a los organismos de socorro como bomberos o policía (Fernández, 2018).

2.2.2.2. Sistema de seguridad antirrobo e intrusión

Estos sistemas se caracterizan por contar con equipos y tecnología de respuesta inmediata a fin de proteger y salvaguardar un área ante una posible intrusión o robo, entre los principales dispositivos que se utilizan para estos sistemas de seguridad se encuentran:

- **Dispositivos de intrusión**

Los dispositivos de intrusión alertan ante cualquier intento de intromisión o acceso forzado en una determinada área o espacio privado, entre los más comunes se encuentran alarmas, cámaras de videovigilancia y sensores de movimiento (Fernández, 2018).

- **Dispositivos de Robo o atraco**

Estos dispositivos previenen y alertan atracos en contra de personas, objetos o espacios privados, cuentan con dispositivos de alertas sonoras, cámaras de vigilancia y en ciertos casos cuentan con notificaciones en tiempo real hacia organismos de socorro.

- **Control de presencia**

Los dispositivos de control cuentan con tecnología que permite detectar el movimiento o presencia de personas no autorizadas en determinadas áreas, se caracterizan porque cuentan con sensores de movimiento, cámaras de videovigilancia, central de alarmas y dispositivos receptores con notificaciones en tiempo real.

2.2.2.3. Circuito cerrado de televisión CCTV

Sistemas diseñados con el objetivo de tener un monitoreo visual e incluso grabar imágenes por medio de cámaras que son colocadas para cubrir una determinada zona. La instalación de un circuito cerrado de televisión ofrece un control y monitoreo continuo, estos sistemas incluyen dispositivos de audio y video, grabadoras, servidores, sensores de control (Recfaces, 2021).

2.2.2.4. Sistema de control de acceso

Están destinados para controlar el acceso de usuarios hacia determinadas áreas o zonas, con el control de acceso se puede identificar los datos del usuario, en determinadas instalaciones estos sistemas cuentan con dispositivos como detectores de metal, cámaras de reconocimiento facial y dispositivos de alerta que refuerzan la seguridad de un espacio (Fernández, 2018).

2.2.2.5. Sistema biométrico de seguridad

Es un método de seguridad que se basa en la identificación y verificación de características físicas propias de un individuo para conceder o no el acceso a la información o zona determinada, dentro de

las principales características físicas utilizados en la seguridad biométrica se encuentran la detección facial o del rostro, huellas dactilares, la voz, forma de escritura, entre otros, en la practica el método más común y utilizado es el detector de huellas dactilares para verificar y conceder el control de acceso al usuario (Sanchis, 2021).

Este método de seguridad se caracteriza por su alta fiabilidad en el cotejo de los datos, así como su buen desempeño y su alta aceptabilidad en la actualidad, debido a que los sistemas biométricos cada vez son más comunes para el control de seguridad y acceso a determinados lugares, un sistema biométrico consta de dos módulos fundamentales.

- La parte física o módulo de adquisición de datos es el responsable de leer la información proveniente de los indicadores biométricos y almacenarlos en una base de datos central, por ejemplo, la huella dactilar de un usuario obtenida por medio de un escáner o lector biométrico. Esta unidad también se encarga de extraer las características representativas del indicador para su posterior cotejo (Sanchis, 2021).
- El módulo de inscripción es la encargada de realizar el reconocimiento del usuario. El proceso parte cuando el lector biométrico recibe la información del individuo a ser verificado, dicha información es procesada en formato digital y se compara con los datos previamente registrados, a fin de reconocer y validar la identidad del individuo (Cortés y Medina, 2010, p. 101).

2.3. Componentes de un sistema de seguridad electrónico de seguridad

Los componentes que forman parte de un sistema de seguridad dependen de factores asociados directamente al tipo de instalación, cobertura del sistema y tiempos de respuesta y tipos de componentes a utilizar dentro del sistema. En la figura 5-2 se muestra en términos generales los componentes de un sistema de seguridad electrónica que se resumen en tres etapas fundamentales de detección, procesamiento y transmisión de alerta.



Figura 5-2: Componentes de un sistema de seguridad electrónica

Fuente: (Fernández, 2018).

2.3.1. Central de Alarmas

Es considerada la unidad central de control puesto que se encarga de recibir todos los datos provenientes de sensores y cámaras de vigilancia para procesarlos y en función de la codificación envía una señal hacia los actuadores para que estos se activen en forma de alerta. Al ser una unidad de suma importancia las centrales de alarma cuentan con protecciones metálicas y son ubicadas en sitios estratégicos, dentro de sus principales componentes se tiene (Fernández, 2018):

- Placa base.
- Microprocesador.
- Fuente de alimentación.
- Memorias.
- Teclado o panel de control.
- Batería de respaldo.
- Dispositivos de alerta o actuadores.

2.3.2. Tarjeta de desarrollo

Dentro de la adquisición y procesamiento de datos es muy importante contar con un dispositivo o tarjeta de desarrollo hardware que permita el procesamiento de dicha información.

Las tarjetas de desarrollo son circuitos electrónicos que cuentan con un microcontrolador, puertos de entrada y salida, conectores, reguladores de voltaje y accesorios que permiten a los usuarios diseñar e implementar aplicaciones o sistemas basados en código fuente (Palma y Rodríguez, 2011).

El factor determinante al momento de seleccionar una placa de desarrollo depende directamente de las características de velocidad y rendimiento del microcontrolador que esta posea. Las principales placas de desarrollo que cuentan con mayor aceptación en el mercado dadas sus optimas características técnicas son las tarjetas de Arduino, Raspberry, FPGA y ESP. A continuación, se muestran las principales características de cada una.

2.3.2.1. Arduino

Es una plataforma de desarrollo hardware, se caracteriza por utilizar un entorno de código abierto donde los usuarios tienen la facilidad de crear dispositivos con diseños propios y autónomos tanto en software como en hardware. La tarjeta electrónica de Arduino consta de un microcontrolador y puertos para la conexión de periféricos de entrada y salida, para la programación de la tarjeta de

desarrollo se cuenta con un entorno de código abierto que se adapta a las necesidades según sea la aplicación, facilitando el procesamiento y desarrollo de información (Aldea, 2016).

La plataforma de Arduino cuenta con diferentes tarjetas de desarrollo como se observa en la figura 6-2, donde se diferencian por el tipo de microcontrolador, el número de puertos de entrada/salida, costos entre otras características.



Figura 6-2: Modelos de Tarjeta de desarrollo Arduino.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

Entre las principales características de las tarjetas de Arduino:

- Es una plataforma de bajo costo en comparación a otras plataformas de desarrollo,
- Multiplataforma, debido a que es compatible con sistema operativos como Windows, Linux y para dispositivos móviles.
- Plataforma de software de código abierto y extensible.
- Plataforma de hardware de código abierto y extensible.
- Cuentan con pines analógicos y digitales.
- Utiliza microcontroladores ATMEGA de Atmel.
- Según el modelo cuenta con puertos para módulos de comunicación.
- Permiten la conexión de dispositivos periféricos externos (Gómez Fernández, 2011).

2.3.2.2. *Raspberry Pi*

Es una plataforma de desarrollo hardware, entre su clasificación cuenta con por varios tipos de ordenadores de características reducidas, también conocidas como minicomputadoras son capaces de realizar las mismas funciones de un computador normal, estas tarjetas de desarrollo cuentan con procesador que generalmente viene con el sistema operativo Raspbian de fábrica, pero también es

capaz de aceptar el sistema operativo de Linux o Windows, al ser un hardware de código libre es ideal para aplicaciones a bajo costo y alto rendimiento (López et al., 2019, p. 2).

Entre las principales características de las tarjetas de Raspberry se encuentran:

- Placa de tamaño reducido o placa simple (SBC).
- Hardware de uso libre y software de código abierto.
- Memoria RAM de 1GB, 2GB, 4GB u 8GB.
- La velocidad de su procesador según el modelo varía entre 700 MHz y 1,5 GHz.
- Cuenta con puertos de conexión USB, HDMI, video o sonido,
- Todos los modelos cuentan con un número de pines GPIO (Puertos Entrada/Salida de Propósito General).
- Según el modelo posee un puerto Ethernet para la conexión a internet.
- Utiliza microcontroladores ATMEGA de Atmel.
- Puertos para módulos de comunicación
- Puertos para dispositivos periféricos externos
- Admite lenguajes de programación como Python, Java, etc.

La plataforma de Raspberry cuenta con diferentes modelos que han evolucionado a lo largo de los años, desde su modelo más básico la Raspberry Pi 1 Model B cuenta con una velocidad del procesador de 700 MHz y memoria de 256 MB lanzado en abril del 2012, hasta su modelo más reciente la Raspberry Pi 4 con una velocidad de procesador de 1.5 GHz, memoria RAM de 4GB, puertos de conexión USB, HDMI, video o sonido y mejoras en el rendimiento de la tarjeta de desarrollo, en la figura 7-2 se muestran los principales modelos de placas de Raspberry Pi (Raspberry, 2022).



Figura 7-2: Modelos de Placas de desarrollo Raspberry Pi

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, William Zavala, 2023.

Dadas las eficientes características de operación, Raspberry permite un sinnúmero de aplicaciones no solo en el ámbito educativo, sino que también en la actualidad es muy demandado en áreas de domótica, automatización, robótica estaciones meteorológicas, tareas informáticas entre otras aplicaciones.

2.3.2.3. *FPGA*

Una FPGA Fiel Programmable Gate Array por sus siglas es un conjunto de circuitos integrados reprogramable compuesto por bloques configurables, puertos de entrada y salida, memoria interna y componentes embebidos que son programados mediante Lenguajes de Descripción de Hardware (HDL), su principal ventaja es que puede reprogramarse en función de los requerimientos de usuario (Castillo et al., 2008: pp. 130-136).

En términos generales es un conjunto de múltiples circuitos lógicos y combinacionales dispuestos matricialmente que ofrece mayor capacidad de integración de procesos, así como gran capacidad de implementación, para su configuración se requiere de un computador personal para programar su hardware y cargar automáticamente en el dispositivo FPGA el proceso a ejecutar.

A diferencia de los microcontroladores habituales que poseen un solo hardware físico y se programan con un software, en las FPGA se programa directamente su hardware, la misma que contiene una gran cantidad de Bloques Lógicos Configurables (CLB) que se interconectan entre sí para la transmisión y procesamiento de señales. Entre los principales bloques integrados en un circuito FPGA se tiene:

- Bloques de memoria según el modelo (RAM, Dual-Port RAM, FIFO, etc.)
- Bloques sumadores-multiplicadores (and-or).
- Bloque de sincronización de reloj (PLL)
- Bloques de entrada/salida que inspecciona la comunicación entre la FPGA y los dispositivos externos.
- Procesadores embebidos (ARM, POWER PC) (Cayssials, 2014, pp. 17-20).

En la actualidad los dispositivos FPGA permiten la integración de sistemas completos dentro de un circuito integrado, por tal motivo tienen gran demanda en aplicaciones aeroespaciales, sistemas de comunicación, radiotransmisores, equipos biomédicos sistemas de control y de manera muy recurrente en el desarrollo de sistemas integrados debido a su eficiente capacidad de respuesta para la integración de software con hardware.

2.3.2.4. *ESP*

Es una placa de desarrollo para control industrial, incorpora tecnología dual que integra Wi-Fi y Bluetooth de manera simultánea, cuenta con un procesador integrado y módulos que permiten

concertase con varios dispositivos periféricos, dadas sus características y facilidades de integración en placas de circuitos PCB es ideal para aplicaciones Iot industriales, entre sus principales características constan:

- Dispositivo de bajo consumo energético.
- Procesador Xtensa LX6 de 2 núcleos.
- Cuenta con modo de bajo consumo deep sleep.
- Cuenta con tecnología Wi-Fi, Bluetooth, protocolo Ethernet IP.
- Según su aplicación integra protocolos Ethernet industriales como Modbus o TCP.
- Según el modelo la mayoría cuenta con pines GPIO (Puertos Entrada/Salida de Propósito General).
- Cuenta con puertos analógicos de entrada múltiple.
- Utiliza comunicación I2C, UART y Bus CAN (Ikiss, 2020, p. 13-20).

Todas las placas cuentan con la misma arquitectura que consta de un microprocesador, pines de entrada analógica y digital, puertos de comunicación e indicadores led, existen varios modelos de placas ESP32, las placas de mayor uso son la ESP32-WROVER, ESP32-CAM y ESP32-WROOM, esta última se muestra en la figura 8-2. La diferencia entre un modelo y otro son los periféricos que admiten y la cantidad de puertos que posee según su especificación. Respecto a su desarrollo software las placas ESP32 se pueden programar en lenguaje de Python y Arduino IDE (Benigno, 2020).
Imágenes con etiqueta prediseñada.

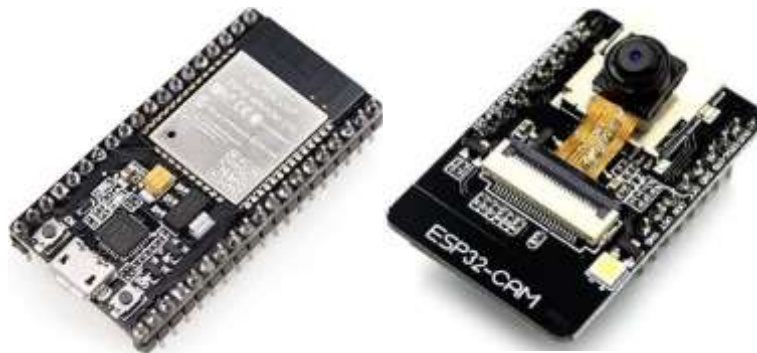


Figura 8-2: Modelo de placa ESP32-WROOM y ESP32-CAM

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

2.3.3. *Sensores*

Estos son detectores automáticos colocados en un área específica que, de acuerdo con sus características técnicas, identifican cualquier posible situación de peligro, intrusión o robo y envían una señal eléctrica a las centrales de alarma para su procesamiento y respuesta posterior. Son dispositivos de tamaño reducido que generalmente funcionan con bajas tensiones de 9, 12, 24 Vcc). También se puede describir como un aparato que puede detectar y medir una magnitud física, y su

salida es una señal eléctrica. A través del uso de un sensor, se logra ampliar los sentidos para adquirir información sobre magnitudes físicas que, debido a su naturaleza o tamaño, no pueden ser percibidas directamente por los sentidos humanos (Sachan, 2020).

2.3.3.1. Sensor digital

Este tipo de sensores generan una señal digital como un conjunto de bits de estado en paralelo o pulsos en su salida. Este tipo de transductores tienen la ventaja de ser más compatibles al conectarse a computadoras digitales (Serna et al., 2010, p.4).

2.3.3.2. Sensor analógico

Un sensor que es capaz de brindar una señal continua en forma de voltaje o corriente eléctrica, que emite señales dependiendo de la magnitud o elemento que se está midiendo. Funciona detectando elementos o variables físicas, acondicionando la señal recibida y produciendo la respuesta correspondiente a la medición (Serna et al., 2010, p.4).

2.3.3.3. Sensor inteligente

El término "sensor inteligente" fue introducido por primera vez en la década de 1980. Según la IEEE, se define como un sensor que proporciona funciones adicionales a las necesarias para producir una representación precisa de una cantidad medida o controlada. Estas funciones suelen hacer más sencilla la integración del transductor en aplicaciones de red. Un sensor inteligente generalmente incluye parte del sistema de control necesario para una aplicación específica, protocolos de comunicación especiales, memoria, convertidores AD/DA, entre otros. No todos los sensores inteligentes tienen un dispositivo programable como un microcontrolador, procesador DSP o FPGA. En algunos casos, estos dispositivos se integran en el mismo chip o en una tarjeta de circuito incorporada para aumentar la inteligencia del sensor (Arrieta A. et al., 2014).

2.3.3.4. Sensor Biométrico

Este tipo de transductor o sensor es aquel que convierte una característica física y concreta de un ser humano en una señal eléctrica. Generalmente, el sensor interpreta o mide cosas como la luz, la temperatura, la velocidad (como en el caso de la voz) y otros tipos de estímulos energéticos. Esto se logra a través de combinaciones sofisticadas de redes de sensores, cámaras digitales o micrófonos que proporcionan imágenes o sonidos de alta precisión (Nayyef Asaad, 2020).

Las técnicas biométricas incluyen detección de huellas dactilares, rostro, iris, patrones de retina y voz. La huella dactilar es la forma más común y precisa de identificar a una persona, ya que cada persona tiene características únicas. Los sensores biométricos de huella digital recopilan datos de la imagen dactilar, como líneas, intersecciones, curvaturas y la temperatura de la huella.

- *Módulo inscripción de la huella digital*

Este módulo es el encargado de recopilar y guardar la información en una base de datos para tener un registro completo de cada persona para futuros ingresos (Cortés et al., 2020).

- *Módulo de identificación del individuo*

Este módulo es el encargado del proceso donde el sensor biométrico captura las características únicas de la persona que se está identificando, y luego compara esta información con los registros existentes en la base de datos para obtener un resultado a través de una representación digital (Cortés et al., 2020).

2.3.4. Actuadores y dispositivos de alerta

Los actuadores también llamados accionadores son elementos que realizan una acción o tarea específica, estos generan una fuerza para mover un objeto o dispositivo y dicha fuerza proviene de tres posibles formas: eléctrico, neumático o hidráulico (Peñas, 2019, p. 14).

De manera más explícita los sensores reciben información de lo que está ocurriendo o de una variable física mientras que los actuadores realizan acciones específicas para el correcto funcionamiento de un proceso.

En un sistema de control retroalimentado la información adquirida por el sensor es comparada con una señal de referencia y la señal consiguiente es enviada al actuador para que este ejecute una acción de control sobre la planta, cumpliendo así con el ciclo de control del proceso hasta minimizar el error y tener la señal de salida estable o deseada como se observa en la figura 9-2 (Brunete et al., 2020).

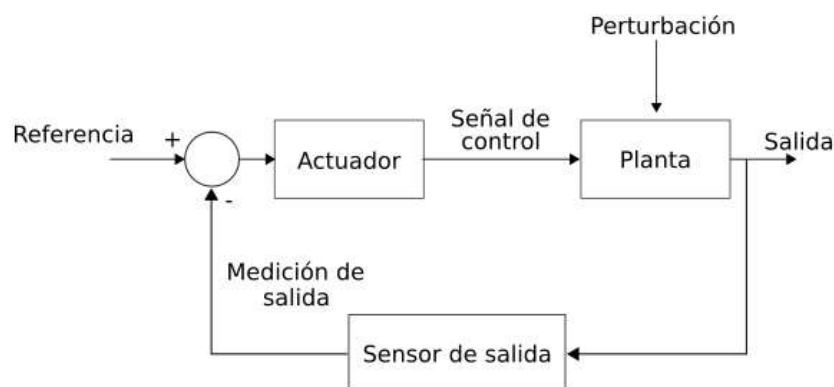


Figura 9-2: Diagrama de bloques sistema de control.

Fuente: (Brunete et al., 2020).

Dentro de un sistema de seguridad una vez procesada la señal de alerta proveniente de los detectores de seguridad, la unidad central de alarmas emite una señal eléctrica hacia los actuadores, de modo

que estos se activen en función a su objetivo. Los actuadores sirven para alertar y precautelar la seguridad de los usuarios, objetos o zonas determinadas, entre los principales dispositivos se tiene alarmas sonoras, indicadores señaléticos, alumbrados de emergencia, sistema de cerraduras electrónicas, sistemas de extinción contra incendios, entre otros (Gómez, 2011).

Dentro de los principales tipos de actuadores se tienen actuadores eléctricos, neumáticos e hidráulicos.

2.3.4.1. Actuadores Hidráulicos

Su principio de funcionamiento se basa en la comprensión de un fluido o líquido a través de un conducto, son empleados para trabajos que requieren potencia elevada y control preciso; entre los principales actuadores hidráulicos se encuentran motores hidráulicos y cilindros cuyas aplicaciones se derivan en sistemas de grúas, elevadores, montacargas, excavadoras entre otras aplicaciones (Brunete et al., 2020).

2.3.4.2. Actuadores Neumáticos

Son dispositivos que basan su funcionamiento en la compresión del aire o gas, donde convierten la energía del aire comprimido en energía mecánica. Los actuadores neumáticos presentan estructura en forma de cámaras donde se aloja el aire que posteriormente será comprimido para generar trabajo mecánico (Peñas, 2019, p. 16).

Estos actuadores se caracterizan por generar, transportar y almacenar potencia mecánica con elementos limpios y no contaminantes, entre sus principales aplicaciones se tiene control de válvulas de distribución y seguridad, sistemas de producción de aire comprimido, control de motores y sistemas neumáticos.

2.3.4.3. Actuadores Eléctricos

Son dispositivos controlados por un circuito eléctrico, en su mayoría conformados por un motor eléctrico y un reductor que permite generar un movimiento o acción. Debido a su versatilidad son muy utilizados en aplicaciones de robótica y en líneas de producción automatizada puesto que los brazos robóticos ejecutan ordenes con gran precisión y velocidad.

La clasificación de los actuadores eléctricos depende de la aplicación de destino, entre los más solicitados se encuentran actuadores electromagnéticos de tipo relé, contactores, motores eléctricos de corriente continua, motores paso a paso, motor de corriente alterna asíncrono, servomotores entre otros (Rubio, 2019).

A nivel de seguridad los actuadores electromagnéticos resultan dispositivos ideales debido a sus eficientes características de operación. Los actuadores electromagnéticos son dispositivos que

generan un tipo de movimiento lineal, en su principal aplicación la cerradura electromagnética está compuestas por una placa inducida, un electroimán que genera un campo magnético y al ser energizado se contrae provocando el desplazamiento de un émbolo y cuando se corta el suministro de corriente este vuelve a su posición original con ayuda de un muelle como se muestra en la figura 10-2.



Figura 10-2: Actuador electromagnético.

Fuente: (Llamas, 2016).

La ventaja de los actuadores electromagnéticos es su capacidad de respuesta y bajo consumo energético, generalmente estos dispositivos electrónicos trabajan con tensiones de 5V, 12V y 24V y un consumo aproximado de entre 100mA hasta 2A en modelos más robustos (Llamas, 2016).

Una desventaja de los actuadores electromagnéticos es que no cuenta con ningún tipo de control en cuanto a la posición y desplazamiento del émbolo puesto que se dispone de dos etapas una de empuje y una de tracción de la carga.

2.3.5. Backup de energía

El respaldo de energía es un conjunto de componentes y dispositivos electrónicos que se utilizan para garantizar un suministro ininterrumpido de energía eléctrica a una casa, oficina, sistema o dispositivo. Por lo general estos entran en funcionamiento cuando el suministro de energía principal sufre algún daño o falla. El respaldo de energía es un sistema o dispositivo que proporciona energía eléctrica temporal en caso de fallas en la alimentación principal. Es una medida de seguridad para mantener el funcionamiento de los equipos eléctricos y electrónicos durante cortes de energía (Guide, 2010).

2.4. Internet de las cosas IoT

El Internet de las Cosas es una red de dispositivos que están conectados entre sí o a su vez a internet, es decir se refiere a la conexión de objetos cotidianos, técnicos o electrónicos a Internet. El término proviene del avance de la tecnología y la necesidad de compartir, verificar y controlar las cosas que nos rodean, el IOT posibilita el desarrollo de nuevas aplicaciones y servicios, especialmente para el

monitoreo en tiempo real lo que permite obtener información valiosa sobre el rendimiento o datos de objetos y sistemas (Barrientos et al., 2021).

2.4.1. *Arquitectura de un sistema IoT*

La arquitectura de un sistema IoT constituye los elementos que se deben considerar para una implementación adecuada, los más importantes de detallan a continuación.

2.4.1.1. *Hardware*

El hardware en un sistema IoT constituye todos sus componentes físicos tales como sensores, actuadores, controladores y los elementos físicos de comunicación (Serpanos & Wolf, 2018).

2.4.1.2. *Middleware*

El middleware en un sistema IoT constituye la para parte software e incluye protocolos de comunicación, almacenamiento y herramientas informáticas para el análisis de datos (Serpanos & Wolf, 2018).

2.4.1.3. *Presentación de Interfaz*

La presentación de interfaz en un sistema IoT constituye la herramienta de visualización e interpretación que pueden ser utilizadas para diferentes aplicaciones, sirve de interacción entre el servidor y cliente (Serpanos & Wolf, 2018).

2.4.2. *Protocolos importantes para IoT*

2.4.2.1. *Protocolo HTTP*

El HTTP (Hypertext Transfer Protocol) es el protocolo básico de la World Wide Web (WWW) y puede utilizarse en cualquier aplicación cliente/servidor que implique hipertexto. Se desarrolló para su uso en Internet, aunque su diseño definitivo permite su uso en otras formas de aplicación. Por esta razón, se puede realizar operaciones que llaman a un método distinto de la simple solicitud de una página web, las solicitudes se realizan a través de Líneas de texto ASCII (American Standard Code for Information Interchange) donde, la primera palabra de la primera línea es el nombre del método (De Souza & Silva, 2009).

2.4.2.2. Protocolo HTTPS

El HTTPS El HTTP (Hypertext Transfer Protocol Secure) es un protocolo que pretende garantizar la seguridad en transmisión de datos en aplicaciones con datos sensibles, como comercio electrónico, transacciones bancarias, contraseñas, información privada y muchas otras.

En el navegador el protocolo HTTPS es considerado único, en algunos casos en la web se necesita la unión de dos protocolos HTTP y HTTPS, por lo que es necesario utilizar https:// siempre que llame a una página con seguridad, y http:// para las páginas sin seguridad (De Souza & Silva, 2009).

2.4.2.3. Protocolo MQTT

El MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) es un protocolo de internet ubicado en la capa de aplicación destinado para comunicaciones M2M (máquina a máquina) en IoT. Es un protocolo que se ejecuta sobre TCP/IP y permite el cifrado de mensajes confidenciales mediante conexión con TLS (Transport Layer Security, seguridad de la capa de transporte). Está diseñado para minimizar el ancho de banda y el uso de recursos debido a la utilización de mensajería muy ligera. Uno de los requerimientos más importantes es el de un nodo central que hará las labores de servidor para gestionar el intercambio de mensajes desde el emisor hasta el receptor, para ellos se requiere un “broker”, que es el servidor que recibe mensajes publicados por clientes y los envía entre los clientes suscritos (Mahedero, 2020).

2.4.2.4. Protocolo CoAP

El CoAP (Constrained Application Protocol) es un protocolo de internet diseñado principalmente para la comunicación M2M (máquina a máquina). Los dispositivos a los que está destinado este protocolo pertenecen principalmente a todos aquellos destinados al IoT y se caracterizan por un bajo consumo de recursos y una implementación sencilla, focalizado sobre todo en los elementos de automatización y en los sectores de la energía inteligente (Carbonel et al., 2020).

2.4.3. Base de datos NoSQL

Las bases de datos NoSQL son sistemas de almacenamiento de datos que no se ajustan a un esquema entidad-relacional. Las bases de datos relacionales tradicionales basan sus operaciones en tablas, uniones y transacciones. Las bases de datos NoSQL no requieren una estructura de datos en forma de tablas y relaciones entre ellas, sino que ofrecen un esquema mucho más flexible (Martín et al., 2013, p. 2).

Las bases de datos NoSQL son cada vez más populares debido a su capacidad para proporcionar soluciones rápidas, escalables y rentables para el almacenamiento y la recuperación de datos. Se

utilizan en muchas aplicaciones diferentes, desde aplicaciones web hasta aplicaciones móviles. La ventaja de las bases de datos NoSQL es que pueden almacenar grandes cantidades de datos de manera eficiente y se pueden usar tanto para datos estructurados como no estructurados. También ofrecen flexibilidad en el diseño esquemático, lo que los hace ideales para usar en casos que requieren cambios o actualizaciones frecuentes. Las bases de datos NoSQL ofrecen escalabilidad, alta disponibilidad y rendimiento que las bases de datos relacionales tradicionales no pueden igualar (Gracia et al., 2012, p. 2-7).

2.5. Aplicación Móvil

En la actualidad el uso continuo de dispositivos móviles inteligentes ha ido incrementando debido a las tareas que realizan en beneficio de los usuarios. Según datos estadísticos en la última década el uso de dispositivos móviles y la navegación por internet en el Ecuador ha tenido un auge, el avance tecnológico, la necesidad de comunicación y la disminución en las tarifas de conexión han sido factores predominantes para que en el país de un total de 18 millones de habitantes el 88.4% de la población cuente con al menos un dispositivo móvil y el 75.6% cuente con acceso a internet, lo que representa un evidente crecimiento digital en comparación a la década anterior (Medina, 2022).

Una aplicación móvil o app es un software informático diseñado para cumplir un objetivo específico que se ejecuta en un dispositivo móvil, estas aplicaciones utilizan funciones básicas de los smartphones como cámara, bluetooth, altavoz, GPS, Wi-Fi y sensores para desarrollar sus procesos y atender la demanda del usuario. El desarrollo de nuevas herramientas móviles aumenta los procesos de digitalización y permite al ser humano interactuar con su entorno y transmitir información con mayor inmediatez.

2.5.1. Desarrolladores de aplicaciones móviles

Dentro del desarrollo de una aplicación móvil es indispensable considerar el tipo de aplicación, la plataforma de desarrollo de la aplicación y sobre todo el enfoque hacia el que va dirigido a fin de cumplir el objetivo para el que fue diseñada considerando que, a mayor nivel de complejidad de la aplicación, mayor trabajo significará transferirlo al dispositivo móvil (Filippi et al., 2016: pp. 336-344).

En la actualidad existen un sinnúmero de plataformas para el desarrollo de aplicaciones móviles, por mencionar algunas tenemos AppMaster, Jamf, Appery.io, Swing2App, ZohoCreator, AppyPieque entre otras. Dependiendo del sistema operativo del dispositivo móvil se selecciona la plataforma de desarrollo, como se observa en la figura 11-2 los tres mayores sistemas operativos que gobiernan los dispositivos móviles Android, iOS y Windows.



Figura 11-2: Sistemas operativos para aplicaciones móviles.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

- **Android:** desarrollado por Google, sus aplicaciones pueden ejecutarse en smartphones, dispositivos inteligentes, tablets, televisores entre otros dispositivos, se caracteriza por su facilidad de uso ya que cuenta con una interfaz amigable, además que la licencia para su desarrollo y uso es completamente libre.
- **iOS:** desarrollado por Apple, las aplicaciones creadas para iOS se caracterizan porque solo se pueden ejecutar en dispositivos de la familia Apple como iPhone, iPads y ordenadores. Se caracteriza por su eficiencia en el procesamiento de datos, considerando que es de licencia de desarrollo es tarifada.
- **Windows 10 Mobile:** desarrollado por Microsoft, se creó como sistema operativo para ordenadores, pero en la actualidad abarca a smartphones, servidores entre otros dispositivos inteligentes (KEEPCODING, 2022).

2.5.2. *Tipo de aplicaciones móviles*

La proliferación de aplicaciones móviles en todo el mundo ha tenido un crecimiento evidente permitiendo al usuario estar cada vez más cerca de servicios como entretenimiento, salud, redes sociales, deportes, cultura, ámbitos laborales, seguridad y muchos entornos más, las aplicaciones móviles pueden ir desde una interacción como mensaje de texto o video llamada hasta una alerta inmediata sobre la vulneración de seguridad de algún espacio (Ospino et al., 2012, p. 2).

En el caso de Android las aplicaciones se desarrollan con lenguaje Java, para las aplicaciones iOS se utiliza Objective-C y en el caso de Windows las aplicaciones se desarrollan en .Net. Al momento de desarrollar una aplicación móvil se debe considerar el tipo de aplicación en función de su enfoque, existen tres tipos de aplicaciones: nativas, web e híbridas, a continuación, se detallan las principales características de cada una.

2.5.2.1. Aplicaciones Nativas

La plataforma de desarrollo nativa es diseñada de forma específica para cada sistema operativo móvil, es decir que se desarrollan de forma particular y su distribución es según las tiendas de aplicaciones de cada plataforma sea este Android, iOS o Windows Mobile. En ese sentido sus parámetros y características se adaptan al lenguaje de desarrollo propio de cada sistema operativo.

Entre sus ventajas vale notar su óptimo rendimiento, así como los mínimos tiempos de respuesta y no requiere de una conexión a internet para funcionar lo que permite aprovechar al máximo las capacidades funcionales del dispositivo. Como desventaja se tiene que su desarrollo y mantenimiento requiere de una alta inversión y son utilizadas únicamente por un dispositivo compatible con el sistema que fue desarrollada (Angulo, 2013, p. 80).

2.5.2.2. Aplicaciones Web

Son aquellas que se desarrollan en lenguaje de programación HTML, JavaScript o CSS y se caracterizan por su compatibilidad con todos los sistemas operativos; por lo general HTML permite a los desarrolladores crear aplicaciones que se basan en la web para posterior ser ejecutadas en los navegadores de cualquier dispositivo móvil.

Las aplicaciones web se pueden instalar desde los navegadores adaptándose a cualquier sistema operativo, a diferencia de las aplicaciones nativas donde se debe crear una aplicación para cada sistema operativo y se instalan únicamente desde la tienda de aplicaciones. La ventaja de este tipo de aplicación es su sencillo y bajo costo de desarrollo y no necesita alguna aprobación externa para su publicación, mientras que su desventaja es la limitada integración de hardware, para su uso requiere una conexión a internet y el rendimiento de la aplicación depende del navegador a utilizar (Pérez, 2017).

2.5.2.3. Aplicaciones Híbridas

Combinan características de las aplicaciones nativas y aplicaciones web según su funcionalidad, se desarrollan en lenguaje HTML, JavaScript o CSS al igual que la app web y se adaptan con facilidad a cualquier sistema operativo mejorando el rendimiento y funcionalidad al igual que la aplicación nativa. Su distribución se lo realiza a través de las tiendas de aplicación según la plataforma.

La ventaja de las aplicaciones híbridas es el bajo coste de desarrollo, la buena integración de hardware y utiliza el mismo código para múltiples plataformas, considerando que la experiencia del usuario es más de una aplicación web que de una aplicación nativa (Angulo, 2013, p. 81).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se detallará el tipo de metodología, planteamiento de requerimientos, concepción de la arquitectura con diagramas de diseño y la selección de los elementos hardware y software necesarios para el diseño e implementación del Prototipo Electrónico de Seguridad Biométrico con Tecnología IoT (desde ahora PESB) para un cicloparqueadero.

Para el desarrollo del Trabajo de Integración Curricular se debe considerar un tipo de metodología analítica y experimental a fin identificar los objetivos de estudio e integrar los conocimientos teórico-prácticos adquiridos a lo largo de la formación profesional. Con la revisión bibliográfica referente al tema y el desarrollo experimental se valida los resultados y evalúa la eficiencia del prototipo para emitir las respectivas conclusiones.

3.1. Requerimientos del prototipo electrónico de seguridad biométrico (PESB)

Una vez revisado el diagnóstico del problema y en función al estudio bibliográfico presentado en los capítulos anteriores a continuación, se plantean los requerimientos que el prototipo electrónico de seguridad biométrico debe cumplir a fin de consumir los objetivos trazados.

- El prototipo contará con un sensor biométrico para el registro de usuarios, apertura de la cerradura electromagnética y activación de los seguros.
- El prototipo tendrá un control centralizado IoT con una conexión estable a internet.
- El módulo de control deberá contar con una tarjeta de desarrollo principal y una auxiliar.
- El módulo de adquisición de datos será controlado por la tarjeta de desarrollo auxiliar, la cual estará conectada directamente a los sensores del prototipo. La tarjeta auxiliar enviará los datos a la tarjeta principal, que a su vez compartirá e intercambiará información en la red a través del servidor IoT.
- El prototipo contará con una base de datos NoSQL creada en Firebase Database Realtime, la misma que almacenará los datos enviados del sensor biométrico en el momento del registro y proporcionará la información al prototipo para activar o desactivar los seguros.
- El prototipo contará con un asistente de voz interactivo el mismo que guiará al usuario durante todo el proceso, tanto en el registro como el respectivo uso para la inserción o retiro de las bicicletas dentro del cicloparqueadero.

- Dentro del estacionamiento se debe garantizar la seguridad de las bicicletas, para ello el sistema contará en cada estación de parqueadero con un sensor de presencia, vibración y corte que enviarán las alertas respectivas en el momento necesario.
- Una vez registrado el uso de una estación de parqueadero el usuario propietario de la bicicleta será el único que pueda desactivar los mecanismos de seguridad y desocupar el espacio asignado.
- El prototipo deberá contar con un sistema de respaldo de energía en caso de que la red principal de energía eléctrica falle, a fin de garantizar un funcionamiento continuo y estable.
- Deberá contar el prototipo con un medio de monitoreo constante y en tiempo real.
- El registro de usuario y activación del prototipo se manejará íntegramente por medio de la aplicación móvil, en este sentido deberá garantizarse una conectividad entre la aplicación y el prototipo.
- La aplicación móvil deberá ser de libre acceso, contar con un sistema de registro sencillo y eficiente, además de contar con un monitoreo remoto del cicloparqueadero y capacidad de recibir notificaciones en tiempo real.
- El uso del cicloparqueadero constará tres etapas: la primera correspondiente a la selección de estacionamiento donde el usuario desde la aplicación móvil elige un estacionamiento disponible e ingresa su huella dactilar para habilitar la cerradura.
- La segunda etapa donde el usuario ancla la bicicleta en el estacionamiento asegura la cerradura y coloca su huella dactilar para activar los mecanismos de seguridad.
- En la tercera etapa el usuario debe ingresar exclusivamente su huella dactilar para retirar su bicicleta y dar por terminado el proceso.
- Los mecanismos de seguridad se activarán únicamente cuando se detecte la presencia de la bicicleta en el estacionamiento.
- Una vez completada la primera etapa el usuario contará con un tiempo prudente de 120 segundos para completar la segunda etapa, caso contrario el proceso se dará por finalizado y se liberará el estacionamiento.

3.2. Concepción general de la arquitectura del prototipo

En la figura 1-3 se muestra la propuesta para la arquitectura del prototipo electrónico de seguridad biométrico, se indica los cuatro elementos fundamentales: Estación de parqueo (accionamiento y monitoreo); Estación central (control y procesamiento); Servidor IoT (control y almacenamiento); Aplicación móvil (registro y visualización).

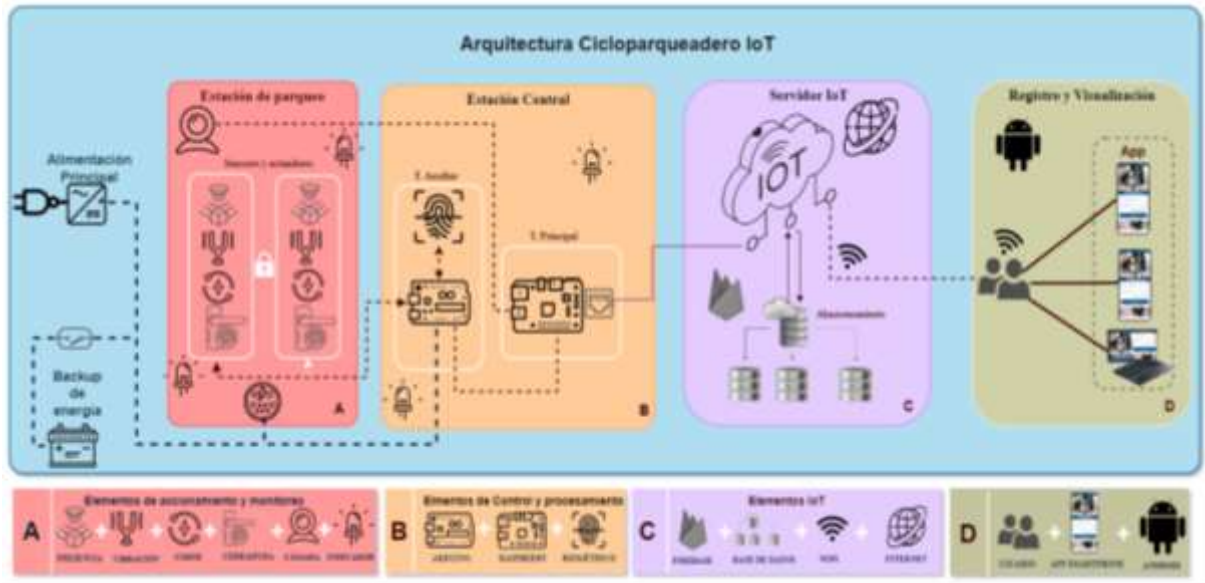


Figura 1-3: Arquitectura general del prototipo

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

3.2.1. Módulo de alimentación.

El módulo de alimentación tiene como principal objetivo proporcionar un valor de tensión adecuado para el funcionamiento de todos los componentes del prototipo. Tendrá entre sus componentes una fuente de alimentación que se encarga de convertir la entrada de tensión alterna de la red en una tensión continua y constituye de varias etapas entre las que tenemos: Transformación, rectificación, filtrado y regulación. En el caso del prototipo su alimentación principal será suministrada por la red, es decir se tendrá una entrada de tensión de 110 V, que será regulada para su utilización. Adicional el sistema posee de un módulo de Backup de energía que actuará cuando la red principal presente algún tipo de falla, en figura 2-3 se indica el diagrama de bloques de funcionamiento de este módulo.

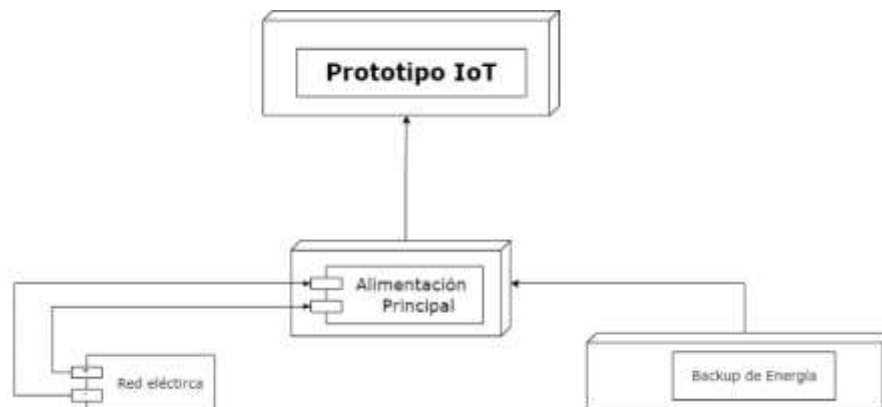


Figura 2-3: Diagrama de bloques módulo de alimentación

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

3.2.2. Módulo adquisición de datos.

El módulo de adquisición de datos permite obtener las lecturas de todos los sensores ubicados en el prototipo, estos dispositivos están ubicados en las estaciones de parqueo y control, el primero, el sensor biométrico, ubicado en la estación de control. Permite leer las huellas dactilares de los usuarios registrados enviando esa información hacia el módulo de control para la realización de acciones. El sensor de proximidad, ubicado en las dos estaciones de parqueo está encargado de detectar la presencia de bicicletas cuando el usuario hace uso del prototipo. El sensor de corte posicionado en el seguro de las estaciones de parqueo, este elemento se encarga de detectar la presencia de energía en el prototipo. Finalmente se tiene un sensor de vibración ubicado de igual manera en las estaciones de parqueo, permitirá enviar los datos hacia el módulo de control en caso de detectar forcejeos en las estaciones. Los elementos de adquisición de datos están ligados a la tarjeta de desarrollo principal y auxiliar Raspberry y Arduino Nano respectivamente que se encargan de procesar la información, es decir, reciben las señales provenientes de los sensores, las procesan y las transmiten vía internet a la base de datos creada en Firebase para su almacenamiento. En la figura 3-3 se indica el diagrama de bloques de funcionamiento de este módulo.

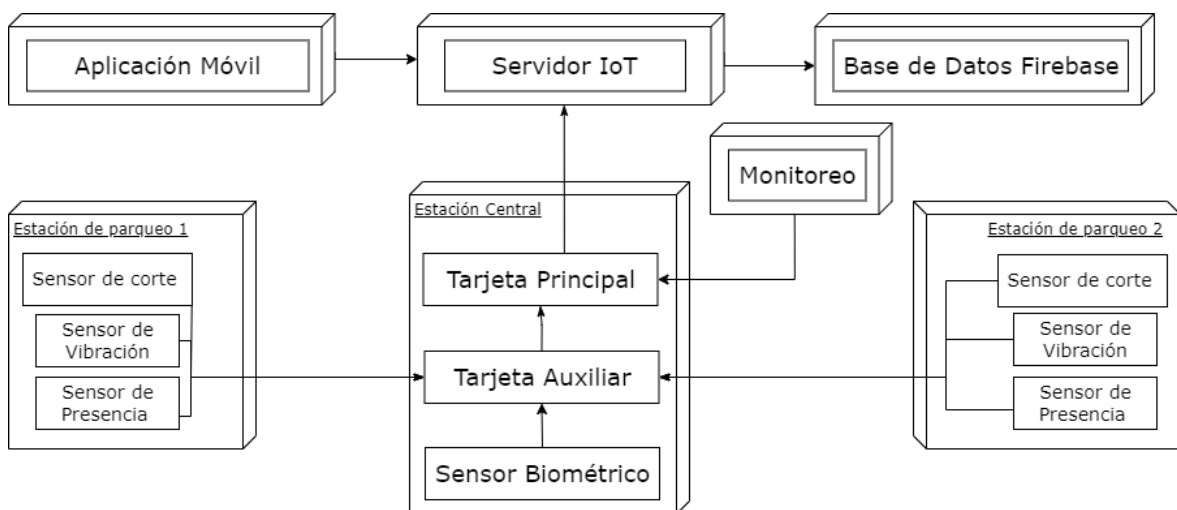


Figura 3-3: Diagrama de bloques módulo adquisición de datos

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

3.2.3. Módulo de control y procesamiento.

El módulo de control es el encargado de detectar cambios de los estados de las señales, así como de emitir permiso de acceso para los usuarios registrados en la base de datos por el módulo de adquisición de datos y en función a ello emitir diferentes órdenes a los elementos de actuación, en este sentido permitirá la apertura y cierre de la cerradura eléctrica, se comunicará con el módulo IoT permitiendo activar las notificaciones. Por lo que este módulo determina el comportamiento del

sistema, además, como el sistema cuenta con un respaldo de energía será de igual manera el encargado de emitir la señal de activación y desactivación, en la figura 4-3 se indica el diagrama de bloques de funcionamiento de este módulo.

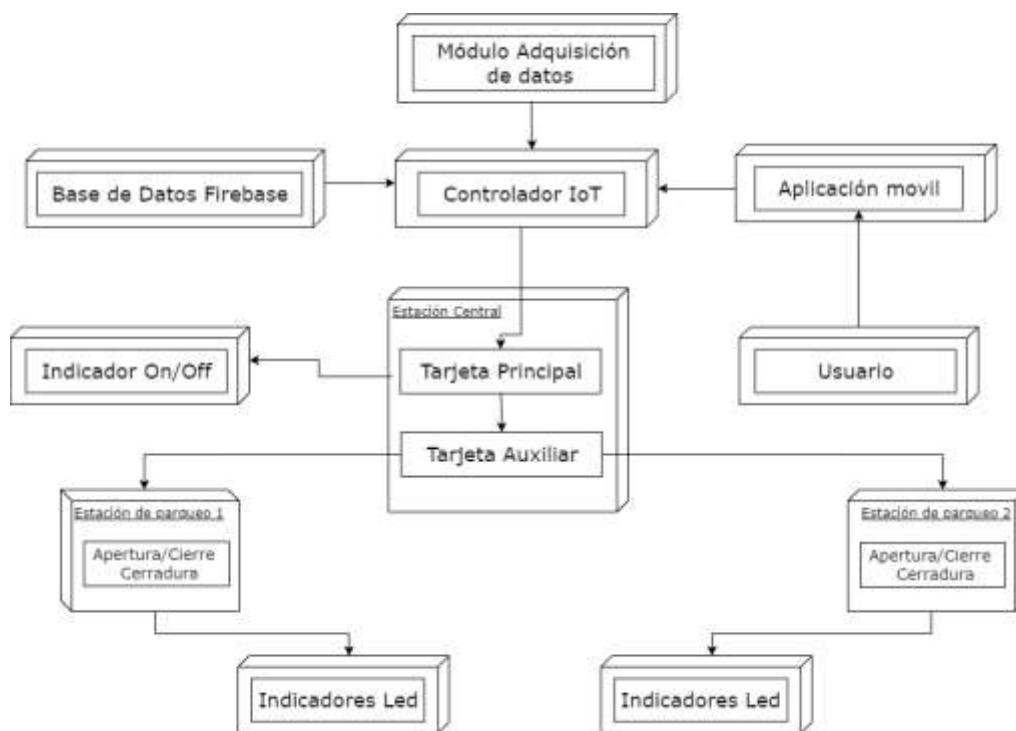


Figura 4-3: Diagrama de bloques módulo control y procesamiento

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

3.2.4. Módulo de administración y visualización de la información App.

Entre los objetivos del presente Trabajo de Integración Curricular se encuentra la incorporación de una herramienta informática para el registro, almacenamiento y envío de datos, en ese sentido para entender el trabajo que realiza la aplicación se parte de la definición del módulo de administración y visualización de la información, el mismo que será gestionado desde cualquier smartphone compatible para el sistema operativo Android. Desde la aplicación se podrá registrar, visualizar y administrar la información en el modo usuario, la aplicación tendrá dos interfaces gráficas: la primera corresponde a la interfaz de registro, donde el usuario ingresa sus credenciales y datos de registro, el sistema lo registra mediante comunicación vía internet hacia la base de datos no SQL.

La segunda corresponde a la interfaz de usuario, a donde tendrán acceso los usuarios ya registrados mediante el ingreso de sus credenciales, en este apartado la aplicación actúa como herramienta de administración y visualización, pues por medio de ella se observa y se gestiona el uso del estacionamiento, en la figura 5-3 se muestra el diagrama de bloques del módulo de administración de la información.

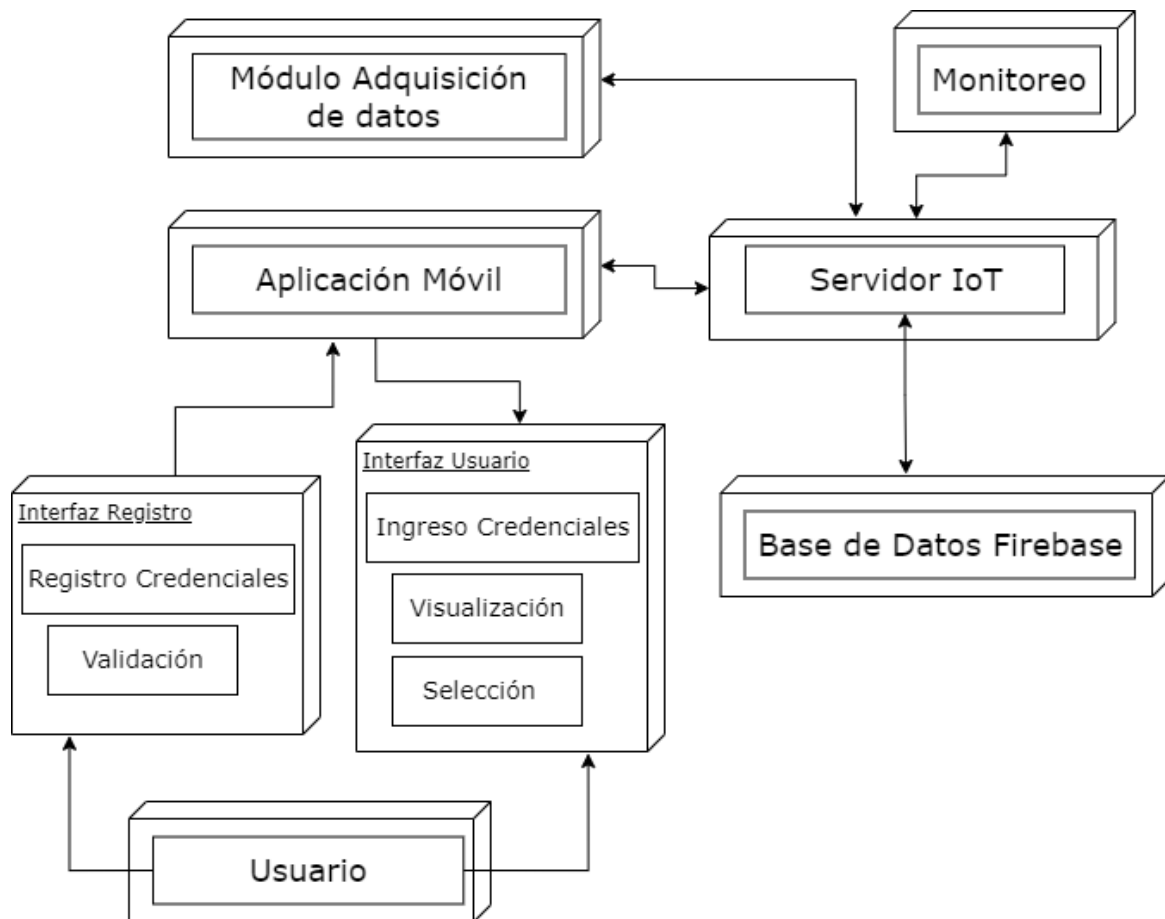


Figura 5-3: Diagrama de bloques módulo Administración y Visualización

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

3.3. Elementos hardware del PESB

En base a la revisión bibliografía presentada en el capítulo I y según los requerimientos propuestos para el prototipo, en el siguiente apartado se presentará una reseña de selección y especificaciones técnicas referente a los elementos utilizados en la implementación del prototipo electrónico de seguridad biométrico (PESB).

3.3.1. Selección de elementos hardware de control.

3.3.1.1. Tarjeta de desarrollo principal

La tarjeta de desarrollo principal constituye el corazón del módulo de control, será la encargada de controlar las principales funciones del cicloparqueadero inteligente. En la tabla 1-3 se realiza una comparativa referente a las características técnicas y de funcionamiento de las posibles tarjetas de desarrollo a utilizar.

Tabla 1-3: Comparativa entre tarjetas de desarrollo Raspberry Pi y Odroid.

Parámetro	Raspberry pi 3 Model B+	Odroid-XU4	Raspberry pi 4 Model B
Procesador	Quad Core Cortex A-53 1.4 GHz	Exynos5422 CortexA15 2Ghz	Quad Core Cortex A-72 1.5 GHz
Memoria RAM	1 Gb LPDDR2	2 Gb LPDDR3	1, 2, 4, 8 Gb LPDDR4
USB	4 x USB 2.0	1 x USB 2.0 2 x USB 3.0	2 x USB 2.0 2 x USB 3.0
Alimentación	Micro USB	USB Tipo-C	USB Tipo-C
HDMI	1 x HDMI	1 x HDMI	2 x Micro HDMI
Ethernet	Gigabit hasta 300 Mbps	Gigabit sin limitaciones	Gigabit sin limitaciones
Wifi	2.4 GHz	5.8 GHz	5 GHz
Bluetooth	4.2	5.0	5.0
Precio	\$ 50	\$110	\$ 88

Fuente: (<https://www.raspberrypi.com/>)

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

Según las características comparativas presentadas en la tabla 1-3 se selecciona como tarjeta de desarrollo principal a la Raspberry pi 4 Model B, debido principalmente a su eficiente procesador Core Cortex A-72, se complementa con una memoria RAM de 8 Gb, principalmente es muy útil para el prototipo debido a la velocidad de transmisión de datos vía Ethernet además de que la relación costo/beneficio es muy buena y su disponibilidad en el mercado muy alta, la tarjeta seleccionada se muestra en la figura 6-3, en el Anexo A se muestran las especificaciones técnicas de la tarjeta de desarrollo en mención.



Figura 6-3: Raspberry pi 4 Model B

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

3.3.1.2. Tarjeta de desarrollo auxiliar

La tarjeta de desarrollo auxiliar constituye un alivio para la tarjeta principal del módulo de control, será la encargada de controlar las principales funciones del cicloparqueadero inteligente, básicamente

constituye un puente entre la red y los sensores físicos instalados. En la tabla 2-3 se realiza una comparativa referente a las características técnicas y de funcionamiento de las posibles tarjetas de desarrollo a utilizar.

Tabla 2-3: Comparativa entre tarjetas de desarrollo Arduino

Parámetro	Arduino Uno R3	Arduino Leonardo	Arduino Nano
Microcontrolador	ATmega328 16 MHZ	ATmega32u4	ATmega328 16 MHZ
Voltaje	5 V	5 V	5 V
Voltaje Input (Recomendado)	7-12 V	7-12 V	7-12 V
Entradas analógicas	6	12	8
Pines digitales (I/O)	14 (4 for PWM Output)	20	14
Pines PWM digitales (I/O)	6	7	6
Pines Input analógicos	6	12	8
Corriente DC por pin I/O	20 mA	40 mA	20 mA
SRAM	2 KB	2.6 KB	2 KB
Memoria Flash	32 KB (0.5 KB para el bootloader)	32 KB (4 KB para el bootloader)	32 KB
Precio	\$ 20.50	\$ 12.10	\$ 11.60

Fuente: (<https://arduino.cl/>)

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

Según las características comparativas presentadas en la tabla 2-3 se selecciona como tarjeta de desarrollo auxiliar al Arduino nano principalmente porque cumple con el número de pines de entrada y salida necesarios, es muy útil para el prototipo debido a la velocidad de transmisión de datos, la relación costo/beneficio es muy buena y su disponibilidad en el mercado muy alta. La tarjeta seleccionada se muestra en la figura 7-3.



Figura 7-3: Arduino nano

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

3.3.1.3. Sensor biométrico de huellas dactilares

El identificador de huellas dactilares es un sensor biométrico cuya función es leer los datos de los usuarios tanto para el registro como para la utilización en sí, es la parte central del funcionamiento puesto que es el encargado de enviar los datos para el funcionamiento de todo el sistema. En la tabla

3-3 se presenta una comparativa referente a las características técnicas y de funcionamiento de los posibles sensores a utilizar.

Tabla 3-3: Comparativa entre los sensores de identificación de huellas dactilares

Parámetro	Flashtree	Dealpeak R503	YUTOOL	Taidacent
Alimentación	3.8 - 7.0 V	3.3 - 7.0 V	3.8 - 7.0 V	3.3 - 5.0 V
Consumo corriente	65 mA	20 mA	55 mA	40 mA
Tiempo de entrada de huellas dactilares	< 1.0 Segundos	< 0.3 Segundos	< 0.5 Segundos	< 0.15 Segundos
Almacenamiento	100 huellas	500 huellas	240 huellas	100 huellas
Tasa de aceptación falsa (FAR)	<0.0001%	<0.0001%	<0.0001%	<0.0001%
Tasa de rechazo falso (FRR)	<1.0% (nivel de seguridad 3)	<1.0% (nivel de seguridad 3)	<1.0% (nivel de seguridad 3)	<1.0% (nivel de seguridad 3)
Temperatura trabajo	-20 – 50 °C	-45 – 45 °C	-40 – 85 °C	-29 – 65 °C
Forma	Rectangular	Circular	Rectangular	Circular
Precio	\$25	\$27	\$35	\$24

Fuente: (https://www.amazon.com/-/es/ref=nav_logo)

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

Según las características comparativas presentadas en la tabla 3-3 se selecciona como módulo de identificación de huellas dactilares al Dealpeak R503, principalmente porque cuenta con un almacenamiento de huellas elevado en comparación a los otros, su costo/beneficio es muy aceptable, su forma y tamaño son ideales para el espacio destinado en la parte física del prototipo y su disponibilidad en el mercado muy alta, para más información en el Anexo B se encuentra el datasheet del elemento. El sensor seleccionado envía el paquete de datos tomados a partir del registro del dedo del usuario hacia una tarjeta de control o microcontrolador, cuenta con un panel resistente e integra un anillo de LED bicolor que se activa cuando realiza la toma de datos de la huella dactilar como se muestra en la figura 8-3.



Figura 8-3: Sensor biométrico de huellas dactilares Dealpeak R503

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

3.3.2. Selección de elementos hardware de seguridad.

A nivel de dispositivos de seguridad se consideró el nivel de seguridad y monitoreo en tiempo real que ofrecerá el sistema, siendo A nivel de elementos de seguridad se consideró el nivel de seguridad y monitoreo en tiempo real que ofrecerá el sistema, dadas las características del prototipo se seleccionó elementos que cumplan con los requerimientos de seguridad y monitoreo, a continuación, se detallará dicha selección y características técnicas.

3.3.2.1. Sensor de vibración RK600S

El sensor Rk600s es un detector de impacto digital que brinda protección perimetral las 24 horas. En el prototipo una vez que un intruso intente forzar, romper, perforar o incluso penetrar la estructura del cicloparqueadero se detecta el ataque y se envía una alerta. Utiliza un microprocesador digital avanzado para analizar las señales de vibración recibidas de los transductores piezoeléctricos. El sensor seleccionado se muestra en la figura 9-3.



Figura 9-3: Sensor de vibración RK600S

Fuente: <https://n9.cl/es/s/rqjyy>

En la tabla 4-3 se describen las especificaciones técnicas del módulo sensor de vibración RK600s, para más información en el Anexo C se encuentra el datasheet del elemento en cuestión.

Tabla 4-3: Especificaciones técnicas Sensor de vibración RK600S

Parámetro técnico	Especificación
Modelo	RK600S
Voltaje de funcionamiento	9 a 16 V
Tensión nominal	12 V
Corriente de trabajo	8.5 mA
Contactos	Relés de alarma
Inmunidad contra RF	40V/m de 80MHz a 1GHz
Tipo de material	ABS resistente al fuego
Temperatura de trabajo	-20°C a 60°C

Dimensiones	2.5 x 2.8 x 9.5cm.
Tiempo de alarma	2.5 ms
Precio	\$8

Fuente: <https://n9.cl/es/s/rqjijy>

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

3.3.2.2. Cámara de monitoreo USB

La cámara de videovigilancia tiene la función de monitorear en tiempo real los componentes físicos y las unidades estacionadas en el cicloparqueadero inteligente. En la tabla 5-3 se realiza una comparativa referente a las características técnicas y de funcionamiento de las cámaras de videovigilancia.

Tabla 5-3: Comparativa entre cámaras de monitoreo USB.

Parámetro	Cámara USB EMEET 1080P	Cámara ELP CCTV USB	Cámara Arducam USB	Cámara ELP- USBFHD01M
Alimentación	5V	5V	5V	5V
Consumo corriente	150 mA	180 mA	200 mA	180 mA
Resolución captura de video	1080 píxeles	1Megapíxeles 1920 x 720P HD	1080 x 720 píxeles	1080 píxeles
Visión Nocturna	No Incorporado	Incorporado	No incorporado	Incorporado
Ángulo de visión (Lente angular)	0.025 in	0.142 in	Resolución Fija	0.083 in
Carcasa	Plástico	Metálica	Metálica	Sin carcasa
Peso	4.6 onzas	15.8 onzas	3.2 onzas	0.32 onzas
Dimensiones	1.97 x 1.97 x 1.46 pulgadas	3.94 x 0.79 x 1.06 pulgadas	3.31 x 2.09 x 2.01 pulgadas	4.8 x 4.8 x 2.8 pulgadas
Precio	\$35	\$40	\$45	\$50

Fuente: (AMAZON, 2022)

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

Según las características comparativas presentadas en la tabla 5-3 se selecciona como dispositivo de monitoreo a la cámara ELP CCTV USB, debido a sus eficientes características de resolución de video, bajo consumo energético, capacidad de visión nocturna, abarca un ángulo de visión de 0.142 pulgadas, cuenta con una carcasa de tipo cúpula metálica a prueba de vandalismo como se muestra en la figura 10-3, sus dimensiones resultan idóneas para la instalación en el espacio asignado del cicloparqueadero para la videovigilancia y monitoreo constante.



Figura 10-3: Cámara de vigilancia CCTV USB.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

3.3.2.3. Cerradura electromagnética

Es el elemento destinado a la apertura y cierre del seguro para las bicicletas ancladas en la estación de cicloparqueadero, dentro de la selección del tipo de cerradura electromagnética se consideró las características de alimentación tipo de material y dimensionamiento, factores trascendentales para el correcto funcionamiento del sistema de seguridad. En la tabla 6-3 se realiza una comparativa referente a las características de los tipos de cerradura que se ajustan a los requerimientos establecidos.

Tabla 6-3: Comparativa entre cerraduras electromagnéticas.

Parámetro técnico	Cerradura Electromagnética DC 12V SONEW	Cerradura Magnética TAU-0537	Cerradura electromagnética MATEE DC12V
Voltaje de alimentación	12 V DC	12V DC	12 V DC
Consumo corriente	2 A	2 A	1.5 A
Potencia	24 W	24 W	18W
Fuerza de sujeción	150 kg	58.9 kg	49.8 kg
Tipo de material	Acero al carbono, aleación	Acero	Metal
Dimensiones (Largo x Ancho x Alto)	73 x 58 x 13mm	37.5 x 14.5 x 10 mm	64.10 x 40.0 x 24.99 mm
Peso del producto	0.16 kg	0.45 kg	0.19 kg
Precio	\$9.50	\$12	\$26.25

Fuente: (AliExpress, 2022, Sonew, 2021)

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

Según las características comparativas presentadas en la tabla 6-3 el modelo que más se ajusta a los requerimientos señalados es la cerradura electromagnética DC 12V SONEW, véase en la figura 11-3, para las especificaciones técnicas véase el Anexo D, su selección se debe a las buenas prestaciones energéticas, además de ser construido su interior con acero de carbono y su carcasa con una placa de

acero lo que la hace resistente a golpes y deformaciones. A nivel de seguridad esta cerradura puede soportar una fuerza de sujeción de 150 kg, posee un peso de 0.16 kg, no se deforma y su dimensionamiento se ajusta adecuadamente a la estructura metálica del cicloparqueadero, (Sonew, 2021).



Figura 11-3: Cerradura Electromagnética DC 12V SONEW.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

3.3.2.4. Módulo Relé 5V 2 canales

También conocido como relevador o relay, es un dispositivo electromagnético que actúa como interruptor dentro de un circuito eléctrico consta de una bobina y un electroimán cuyos contactos se accionan permitiendo o no el paso de corriente. El módulo relé de dos canales cuenta con optoacopladores para el aislamiento eléctrico y un led indicador para mostrar el estado del dispositivo como se muestra en la figura 12-3, al suministrar 5 voltios al pin de control el relé se activa permitiendo el paso de corriente y si la tensión es de 0 voltios se abre el circuito impidiendo el paso de corriente, contiene 4 pines de entrada: para la señal positiva (Vcc), señal negativa (Gnd), pin disparador del canal 1 (In1) y pin disparador del canal 2 (In2) (UAEH, 2021a).



Figura 12-3: Módulo Relé 5V de 2 canales.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

En la tabla 7-3 se describen las características técnicas del módulo relé de dos canales y en el Anexo E se muestra el datasheet respectivo del módulo en mención.

Tabla 7-3: Características técnicas módulo relé 5V 2 canales.

Parámetro técnico	Valor
Voltaje de alimentación	5 V DC
Corriente de activación	2 mA
Corriente de trabajo	65 mA
Canales	2 con optoacoplador PC817 (aislamiento)
Tiempo de activación	5 – 10 ms
Tipo de material	Acero al carbono, aleación
Soporte máximo de trabajo	AC 10A/250V, DC 10A/30V
Dimensiones	44.4×32.4 mm
Precio	\$3.50

Fuente: (Electrostore, 2022a)

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

3.3.2.5. Módulo Buzzer SFM-27

Llamado también alarma zumbadora es un elemento electrónico utilizado para generar alertas sonoras intermitentes, cuenta con dos pines uno positivo (Vcc) y un negativo (Gnd) como se observa en la figura 13-3. Su funcionamiento se basa en el efecto piezoeléctrico de los materiales de modo que al aplicar un voltaje en sus terminales se produce un campo magnético lo que hace vibrar a la placa metálica sobre la armadura (UAEH, 2021b).



Figura 13-3: Buzzer 5-24v SFM-27.

Fuente: <https://bit.ly/3V0Xklh>.

En la tabla 8-3 se describen las especificaciones técnicas del módulo buzzer SFM-27 utilizado como elemento de alerta sonora en la implementación dentro del prototipo del cicloparqueadero inteligente.

Tabla 8-3: Especificaciones técnicas módulo buzzer SFM-27.

Parámetro técnico	Valor
Modelo	SFM-27 Buzzer activo
Voltaje de funcionamiento	3V a 24V DC

Tensión nominal	12 V
Corriente de trabajo	20 mA
Nivel de sonido	95 dB
Frecuencia resonancia	3100 Hz \pm 500 Hz
Tipo de material	Plástico Abs
Temperatura de trabajo	-20°C a 60°C
Diámetro	29 mm
Peso	6 g
Precio	\$1.75

Fuente: (Electrostore, 2022b)

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

3.3.2.6. Sensor infrarrojo E18-D50NK

El E18-D50NK es un sensor de proximidad fotoeléctrico que permite detectar objetos sin necesidad de contacto dentro de su rango de detección. La sensibilidad del sensor se puede ajustar mediante un potenciómetro dentro del propio sensor. También dispone de un LED que se activa cuando el sensor detecta un objeto, lo que nos permite calibrar y comprobar que el sensor funciona correctamente. El sensor seleccionado se muestra en la figura 14-3.



Figura 14-3: Sensor infrarrojo E18-D50NK.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

En la tabla 9-3 se describen las especificaciones técnicas del sensor infrarrojo E18-D50NK, utilizado para detectar presencia de las bicicletas dentro de cada estación de parqueadero en la implementación dentro del PESB con tecnología IoT, en el Anexo F se muestra la hoja de datos del sensor.

Tabla 9-3: Características técnicas sensor infrarrojo E18-D50NK.

Parámetro técnico	Valor
Modelo	E18-D50NK
Voltaje de funcionamiento	+5V DC
Corriente de trabajo	25 mA
Tiempo de respuesta	< 2 ms

Rango de censado	3 a 5 cm
Tipo de material	Plástico
Temperatura de trabajo	-25°C a 55°C
Diámetro	18 mm
Precio	\$ 6.50

Fuente: (Electrostore, 2022a)

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

3.3.3. Elementos de regulación de energía y alimentación.

Dentro de la etapa de regulación de energía y alimentación se consideró todos aquellos componentes electrónicos encargados de la generación, regulación y control de suministro energético de los distintos componentes que forman parte del prototipo electrónico de seguridad biométrico. A continuación, se presentan las características de selección y especificaciones técnicas.

3.3.3.1. Fuente de alimentación 110 – 240 V a DC 12 V 5 A

La fuente de alimentación como su nombre lo indica tiene la función de suministrar energía los componentes electrónicos, llamado también fuente conmutada o fuente de poder basa su funcionamiento en la transformación de corriente alterna (AC) de la red en corriente continua (CC) en su salida (Naylamp, 2021).

Para nuestro caso aplicativo la fuente de alimentación servirá para el suministro energético de los dispositivos electrónicos, para la comunicación del control de acceso de la cerradura electrónica, considerando una salida estable de 12Vcc, cuya entrada es proporcional a la tensión suministrada por la red. En la tabla 10-3 se realiza una comparativa entre varios modelos de fuentes de alimentación para sistemas control de acceso enfocándonos en las especificaciones mencionadas.

Tabla 10-3: Comparativa entre fuentes de alimentación.

Parámetro	Fuente de alimentación 'Zerone'	Fuente de alimentación 'AR0092'	Fuente de alimentación 'Yuhan'
Tensión entrada	110V - 260V AC	100V – 240V AC	110V – 240V AC
Tensión Salida	12V DC	12V DC	12V DC
Corriente Salida	5A	2A	5A
Soporte Batería de respaldo	12V, 7Ah	No disponible	12V, 7Ah
Frecuencia	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz
Potencia Salida	50 W	24 W	50 W
Ajuste de retardo de bloqueo	0-15 s	--	0-15 s

Peso	0.31 kg	0.11 kg	1 kg
Dimensiones	170 x 81 x 53 mm	85 x 60 x 33 mm	210 x 166x 70mm
Precio	\$29.90	\$28.90	\$26.50

Fuente: (Zerone, 2019, Unit Electronics, 2022)

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

Según las características comparativas presentadas en la tabla 10-3 y en función a los requerimientos de suministro energético se seleccionó la fuente de alimentación modelo Yuhan puesto que permite generar en la salida una tensión de 12V DC a 5A, además de soportar la conexión de una batería de 12V a 7A a fin de contar con un sistema de respaldo de energía en el caso de que se corte el suministro eléctrico de la red (Yuhan, 2022). Considerando que el modelo en cuestión posee una bandeja metálica de protección en el caso de que pudiesen presentarse actos vandálicos en el suministro energético, en la figura 15-3 se muestra la fuente de alimentación Yuhan para la alimentación del sistema y del control de acceso.



Figura 15-3: Fuente de alimentación Yuhan 12V/5A.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

3.3.3.2. Batería para el PESB

Como se mencionó anteriormente y según los requerimientos la fuente de alimentación puede soportar una batería de respaldo. Para el dimensionamiento de la batería de respaldo se debe tomar en cuenta el consumo energético del prototipo que se muestra en la tabla 11-3.

Tabla 11-3: Consumo energético del prototipo electrónico de seguridad biométrico.

Módulo	Elemento	Corriente (mA)
	Raspberry pi 4 Model B	520 mA

Control y procesamiento	Arduino Nano	15 mA
	Cámara de monitoreo USB	140 mA
	Cerradura electromagnética	2000 mA
	Alarma Buzzer	20 mA
	Otros Elementos	50 mA
Adquisición de datos	Sensor huellas dactilares Dealpeak R503	20 mA
	Sensores de vibración RK600S	17 mA
	Sensores infrarrojos E18-D50NK	50 mA
	Otros Elementos	8 mA
Consumo de corriente TOTAL		2840 mA

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

Según los datos analizados en la tabla 11-3 el consumo energético del prototipo electrónico es de 2840 mA aproximadamente, en tales circunstancias se seleccionó una batería recargable que satisfaga la demanda energética del sistema; la batería recargable FAMMA con características de trabajo de 12V a 7Ah como se muestra en la figura 16-3.



Figura 16-3: Batería recargable FAMMA, 12V a 7Ah.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

Las especificaciones técnicas de la batería recargable de 12V a 7Ah utilizada para el sistema de respaldo eléctrico del sistema en el cicloparqueadero inteligente se presentan en la tabla 12-3.

Tabla 12-3: Especificaciones técnicas

Batería 12V-7Ah FAMMA 1270.

Parámetro técnico	Valor
Modelo	FAMMA SW1270
Tensión nominal	12 V
Capacidad de batería	7 Ah @ 20 HR(0.35A, 10.5V)

Autodescarga	3% descarga por mes a 25°C
Resistencia Interna	Full carga: 35 mΩ
Vida útil	5 años
Instrucción de carga a 25°C	Constante: 14.10 - 14.40 VDC Espera: 13.50 - 13.80 VDC
Dimensiones	151 x 65 x 94 mm
Peso	2.78 kg
Precio	\$ 15.00

Fuente: (Power Place, 2018)

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

Una vez considerado el consumo energético del sistema y seleccionado el tipo de batería a utilizar se debe calcular el tiempo de autonomía del sistema, considerando que ciertos dispositivos como la cerradura electromagnética y el módulo buzzer no tienen un consumo total de energía, hasta ser accionados por el módulo de control, consumiendo un equivalente al 25% de su valor nominal en estado de reposo. En ese sentido para hallar el tiempo de autonomía del sistema se divide el valor de la corriente de la batería ($I_{Bateria}$) entre el consumo total del sistema ($I_{Sistema}$) como se muestra en la ecuación (1-3).

$$Tiempo = \frac{I_{Bateria}}{I_{Sistema}} \quad \text{Ec. (1-3)}$$

$$Tiempo = \frac{7000 \text{ mAh}}{1325 \text{ mA}}$$

$$Tiempo = 5.28 \text{ h}$$

El sistema puede trabajar de forma autónoma continua en estado activo con el respaldo de la batería un tiempo equivalente a 5.28 horas, siendo un tiempo moderado en el rango establecido en el caso de que se pueda producir un corte de suministro energético en el lugar de instalación, considerando que los cortes energéticos a nivel local no deben superar las 2 horas en una institución de educación superior hasta efectuar los trabajos de arreglo o mantenimiento (EERSA, 2020).

3.3.3.3. Módulo DC-DC regulador de voltaje MP1584

Es un convertidor de tensión tipo Buck cuya función es reducir el voltaje en la salida, el módulo soporta en la entrada tensiones de 4.5V a 28V y en salida proporciona tensiones que varían de 0.8V a 20V, cuyo valor se los puede regular mediante un potenciómetro incorporado en la placa del módulo como se observa en la figura 17-3 (AV Electronics, 2022).



Figura 17-3: Módulo regulador de voltaje MP1584.

Fuente: <https://bit.ly/3jb8XZA>.

En la tabla 13-3 se describen las especificaciones técnicas del módulo regulador de voltaje MP1584 utilizado en el dimensionamiento para la regulación de energía dentro del prototipo electrónico, para más información del dispositivo en el Anexo G se encuentra el datasheet respectivo.

Tabla 13-3: Especificaciones técnicas regulador de voltaje MP1584.

Parámetro técnico	Valor
Tipo de convertidor	DC-DC Buck
Serie	MP1584EN
Tensión entrada	4.5V a 28V DC
Tensión salida	0.8V a 20V DC
Corriente de salida max.	3 A
Potencia salida	20W
Frecuencia	1 MHz
Eficiencia de trabajo max.	96%
Protección corto circuito	Si, hasta 4A
Temperatura de trabajo	-40°C a 85°C
Dimensiones	22 x 17 x 4 mm
Precio	\$2.00

Fuente: (AV Electronics, 2022)

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

3.3.3.4. Luz piloto verde 22MM

Son instaladas con el propósito de indicar si algún proceso se encuentra energizado, sirve para evidenciar el correcto suministro energético al sistema y su funcionamiento como tal. Es un tipo de indicador led que es alimentado con 110-220 V, su consumo energético es menor a los 20 mA, posee un diámetro de 22 mm, para su instalación cuenta con abrazaderas de tornillo, el material de los contactos es de aleación de plata y su material externo es de tipo bisel plástico como se observa en la figura 18-3, está diseñada para ser instalada en entorno industriales y su funcionamiento se basa

en la emisión de una luz verde cuando sus pines son energizados, indicando el funcionamiento de un proceso. (Improselec, 2022).



Figura 18-3: Luz piloto verde 22mm.

Fuente: (Improselec, 2022).

3.4. Esquema de conexión de los módulos del PESB

Una vez seleccionado los elementos del prototipo electrónico de seguridad a continuación se muestra el esquema de conexión de los módulos respectivos

3.4.1. Esquema de conexión del módulo de alimentación.

Como bloque central se encuentra la fuente de alimentación YUHAN que permite generar en la salida una tensión de 12V DC a 5A, en la figura 19-3 se muestra el esquemático de conexión de la fuente de alimentación.

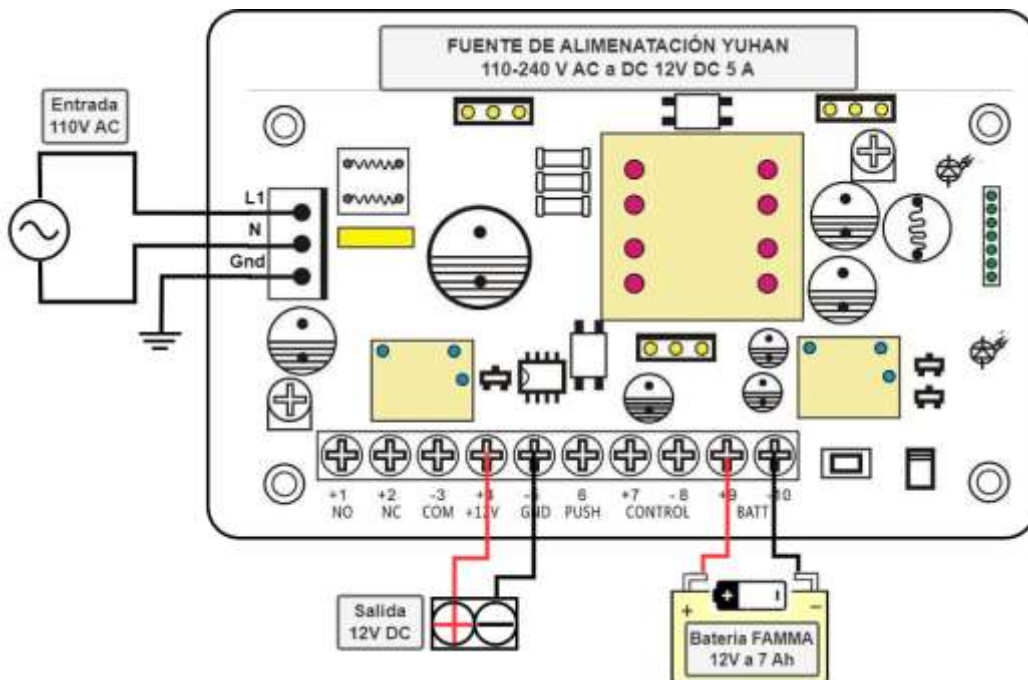


Figura 19-3: Esquema de conexión del módulo de alimentación.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

Dentro del esquema del módulo de alimentación se consideró la conexión del suministro de entrada, conexionado de salida de 12V DC y la conexión de la batería de respaldo.

- Para la alimentación de la fuente, se procedió con la conexión de la fase, neutro y tierra de la toma eléctrica proporcionada por la red de 110 V AC en los terminales respectivos de la fuente de alimentación YUHAN considerando L1 para fase, N para neutro y GND para la conexión a tierra.
- Para la conexión de salida de la fuente de alimentación YUHAN en el terminal +4 se dispone de la tensión requerida para el suministro del sistema de +12V DC, mientras que el terminal -5 corresponde a GND o tierra. En dichos terminales posteriormente se conectó el módulo regulador de voltaje MP1584 para tener en la salida una tensión proporcional en el intervalo 0.8V a 20V DC.
- Para la conexión de la batería de respaldo, en la bornera de conexión +9 y -10 se encuentra el terminal positivo (+) y negativo (-) respectivamente para la conexión de la batería FAMMA.

3.4.2. Esquema de conexión del módulo de adquisición de datos.

Dentro del módulo de adquisición de datos, se tiene la tarjeta de desarrollo auxiliar Arduino Nano, el convertidor DC-DC MP1584 para la regulación de voltaje de 12V a 5V y los componentes de la etapa de censado de cada estación de cicloparqueadero siendo estos el sensor biométrico de huella dactilar Dealpeak R503, sensor de infrarrojo de presencia E18-D50NK, sensor de vibración RK600S y sensor de corte, como se muestra en la figura 20-3. A continuación, se detalla la conexión de los terminales del módulo de adquisición de datos:

- Los pines de salida de +12V DC y GND de la fuente de alimentación YUHAN se conecta a los terminales de entrada IN(+) e IN(-) respectivamente del regulador de voltaje DC-DC MP1584 para tener en los terminales de salida una tensión proporcional a 5V DC en OUT(+) y GND en OUT(-). En dichos terminales de salida posteriormente se conecta todos los dispositivos que requieren 5V DC y de igual manera para el terminal de GND.
- La tarjeta auxiliar de procesamiento Arduino Nano conecta sus terminales de alimentación de 5V y GND a los terminales de salida del regulador de voltaje.
- Los dos sensores infrarrojos de presencia E18-D50NK correspondientes a cada estación, para su alimentación se conectan sus terminales de 5V DC a la salida OUT(+) y GND a la salida OUT(-) del regulador de voltaje MP1584 y para la señal del sensor, el primero conecta su terminal con el terminal D10 del Arduino Nano y el segundo se conecta al terminal D9 del Arduino Nano.
- Respecto a los sensores de vibración RK600S, estos cuentan con tres terminales, el terminal de 12V DC se conecta al terminal de salida 12V DC de la fuente de alimentación YUHAN, el terminal de GND se conecta al terminal OUT(-) común del regulador de voltaje y el terminal de

señal del sensor se conecta al terminal D8 de la tarjeta Arduino Nano. Para el segundo sensor de vibración RK600S de igual forma se conectan los pines de alimentación de 12VDC y GND mientras que el terminal de señal del sensor se conecta al terminal D7 del Arduino Nano considerando así el sensor de cada estación del cicloparqueadero.

- Para los dos sensores de corte sus terminales GND se conectan con el terminal OUT(-) del regulador de voltaje MP1584 y para la señal de salida el primer sensor se conecta al terminal D6 y el segundo sensor al terminal D5 del Arduino Nano.
- El sensor biométrico de huella dactilar Dealpeak R503 para su alimentación conecta su terminal de 5V al terminal de salida OUT(+) y GND se conecta a la salida OUT(-) del regulador de voltaje MP1584. La salida TX se conecta al terminal D3 y la salida RX al terminal D4 del Arduino Nano respectivamente.

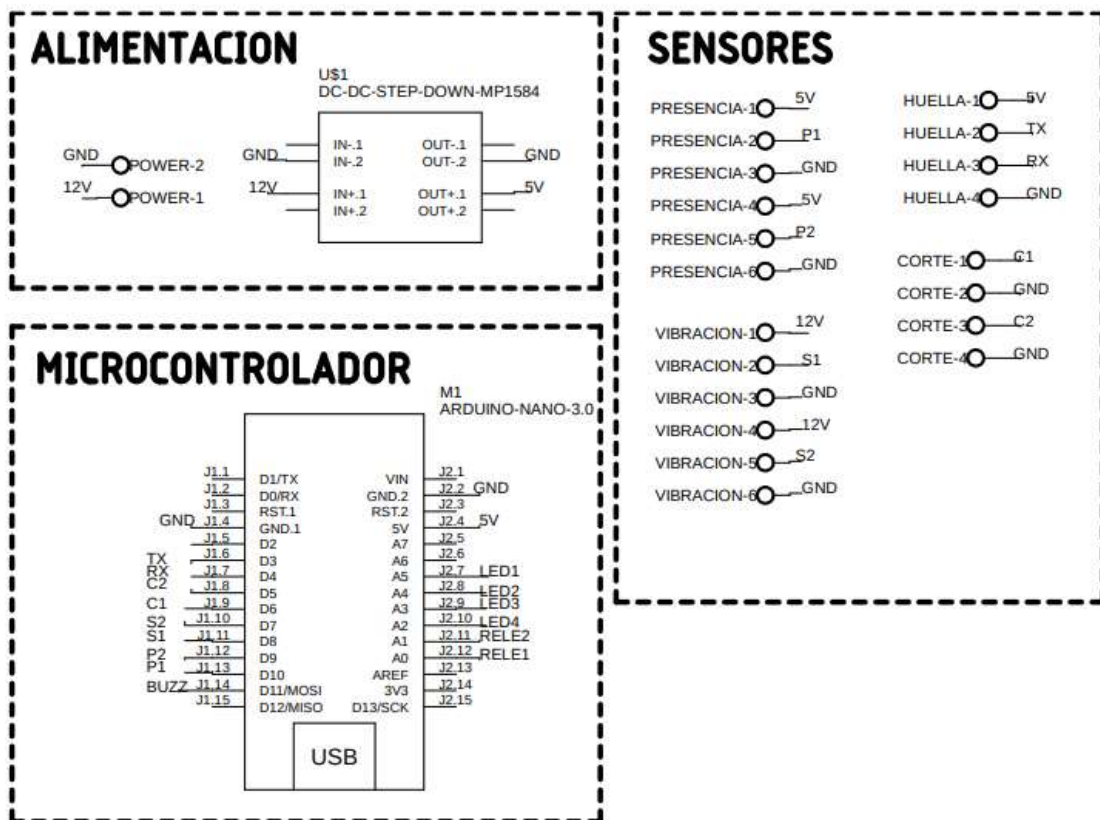


Figura 20-3: Diagrama de conexión del módulo de adquisición de datos.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

Una vez identificado el diagrama de conexión del módulo de adquisición de datos en la figura 21-3 se muestra el diseño del circuito PCB realizado en el software Autodesk Eagle y la respectiva placa física impresa con el método del planchado adjuntado sus elementos para las pruebas respectivas dentro de la implementación.

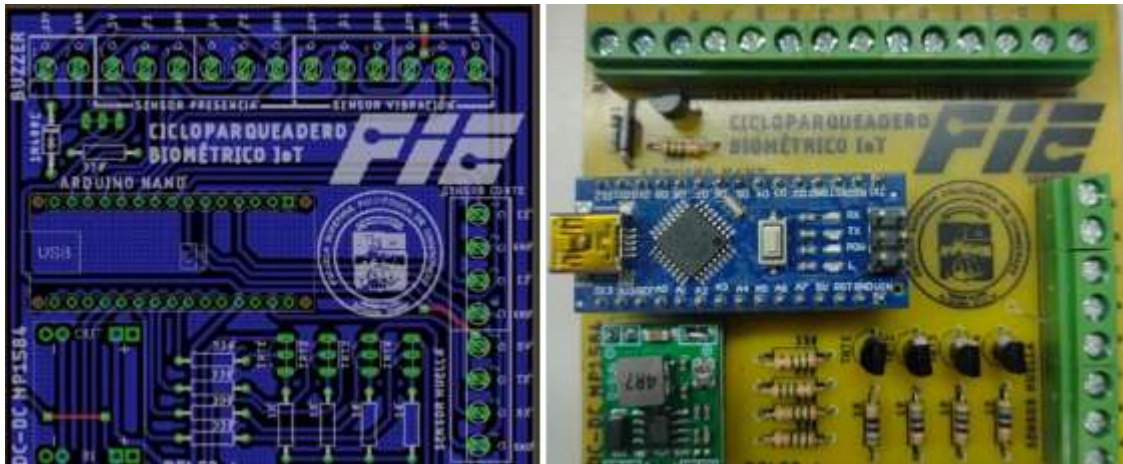


Figura 21-3: Diseño PCB y placa física del módulo de adquisición de datos.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

3.4.3. Esquema de conexión del módulo de control y procesamiento.

Dentro del módulo de control y procesamiento se tiene la etapa de activación de salidas conformado por el regulador de voltaje MP1584, la tarjeta de control auxiliar Arduino Nano, el módulo Relé, la alarma audible Buzzer y los indicadores leds. Por otra parte, se tiene la etapa de monitoreo conformado por la tarjeta de control principal Raspberry Pi4 y la cámara de vigilancia USB. A continuación, se detalla la conexión de los terminales del módulo de control:

- Los pines de salida de +12V DC y GND de la fuente de alimentación YUHAN se conecta a los terminales de entrada IN(+) e IN(-) respectivamente del regulador de voltaje DC-DC MP1584 para tener en los terminales de salida una tensión proporcional a 5V DC en OUT(+) y GND en OUT(-). En dichos terminales de salida posteriormente se conecta todos los dispositivos que requieren 5V DC y de igual manera para el terminal de GND.
- La tarjeta auxiliar de procesamiento Arduino Nano conecta sus terminales de alimentación de 5V y GND a los terminales de salida del regulador de voltaje OUT(+) y OUT(-) respectivamente.
- Para el control de los indicadores led se utiliza un transistor 1N4933 donde el pin de la base se conecta a una resistencia de 330 Ohm, posterior el terminal consiguiente de la resistencia se conecta al terminal de activación del Arduino Nano A5. El pin emisor se conecta a una resistencia de 1KOhms y el terminal consiguiente a GND. El pin colector se conecta al terminal negativo del indicador led y el terminal positivo de led se conecta al terminal IN(+) de 12V DC perteneciente a la salida de la fuente de alimentación YUHAN.
- De igual manera se conecta cada indicador LED2, LED3, LED4 con el respectivo transistor, la resistencia de protección y el terminal de activación A4, A3 y A2 proveniente del Arduino Nano según corresponda, considerando siempre el terminal de GND común.

- EL módulo relé de 5V 2 canales que actúa como interruptor dentro del circuito eléctrico cuenta con cuatro terminales. Para la señal positiva (Vcc) se conecta a la salida del regulador de voltaje OUT(+), la señal negativa (Gnd) al terminal común OUT(-) del mismo regulador, el pin disparador del canal 1 se conecta al terminal A0 y el pin disparador del canal 2 se conecta al terminal A1 respectivo del Arduino Nano.
- Para la conexión del módulo buzzer se utiliza un transistor 1N4933 donde el pin de la base se conecta a una resistencia de 330 ohms para posterior conectarse al terminal de activación del Arduino Nano D11. El pin emisor se conecta al terminal común OUT(-) del regulador. El pin colector se conecta al terminal negativo del buzzer mientras que el terminal positivo de la alarma audible se conecta al terminal IN(+) de 12V DC perteneciente a la salida de la fuente de alimentación.
- Para la comunicación serial con la tarjeta de desarrollo principal, se conecta el puerto USB del Arduino en la tarjeta Raspberry PI4

En la figura 22-3 se muestra el esquema de conexión del módulo de control para la activación de salidas tales como indicadores led y una alarma sonora integradas en la estación del cicloparqueadero.

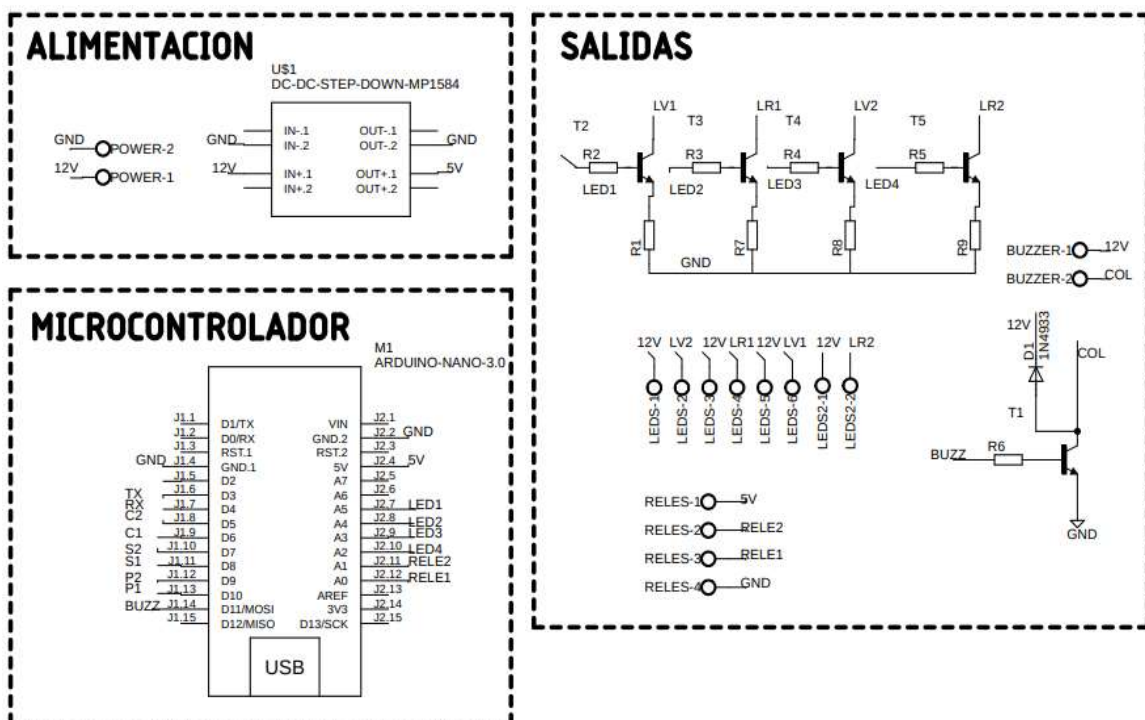


Figura 22-3: Conexión módulo de módulo de control para la activación de salidas.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

Una vez identificado el diagrama de conexión del módulo de control y procesamiento para la activación de salidas en la figura 23-3 se muestra el diseño del circuito PCB y la placa física impresa.

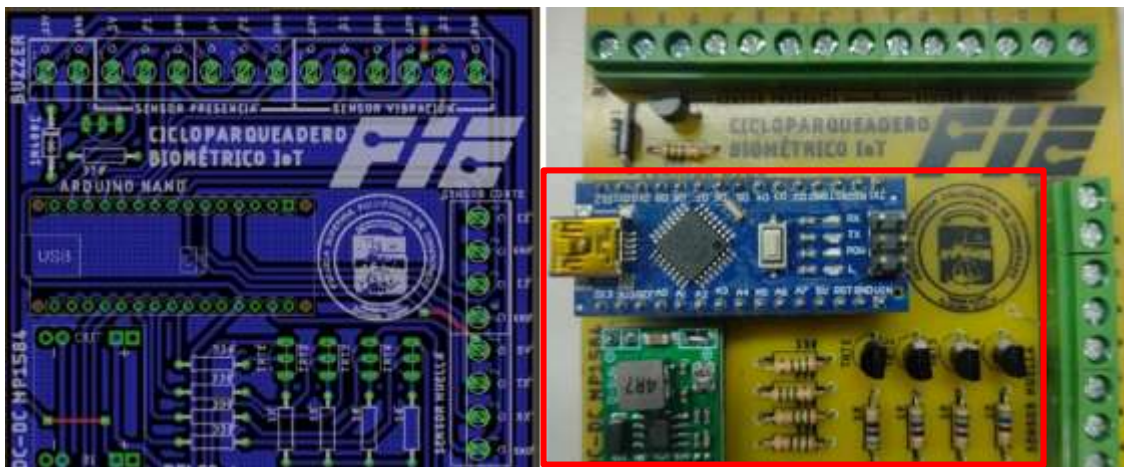


Figura 23-3: Diseño PCB y placa física del módulo de control y procesamiento.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

En la figura 24-3 se muestra la conexión de la tarjeta de desarrollo auxiliar Arduino Nano con la tarjeta principal Raspberry Pi4, además por medio del puerto USB de la tarjeta de control principal Raspberry Pi4 se conecta la cámara para el monitoreo de la estación del cicloparqueadero.



Figura 24-3: Conexión física del módulo de control y procesamiento

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

3.4.4. Diagrama general de conexión del PESB.

Una vez identificado el diagrama de conexión de cada módulo, en la figura 25-3 se muestra el diagrama general de conexión del prototipo electrónico de seguridad biométrica PESB para el cicloparqueadero.

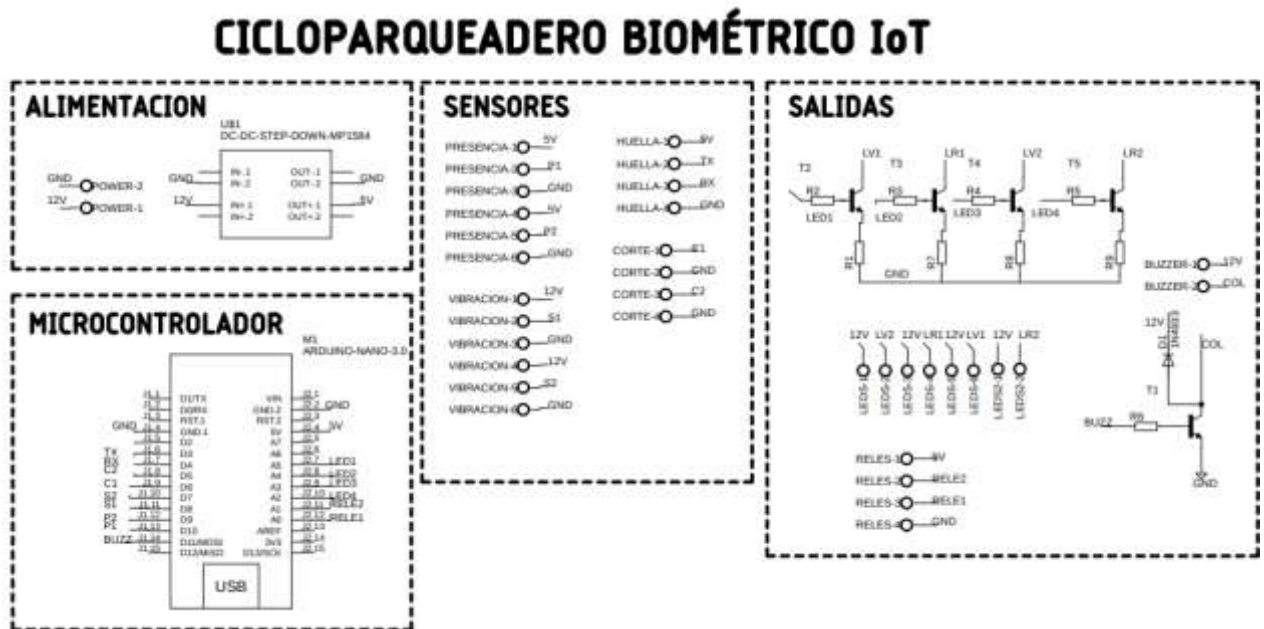


Figura 25-3: Diagrama general de conexión PESB.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

3.5. Software de desarrollo para el PESB.

Dentro de los requerimientos de desarrollo del prototipo es necesario especificar el software que en conjunto con los elementos hardware operaran dentro del proceso y funcionamiento del PESB. Dentro del análisis del software se menciona las herramientas de programación utilizadas para el control de los elementos hardware, así como el diagrama de flujo del funcionamiento del prototipo.

3.5.1. Herramientas Software de programación.

Las herramientas software de programación permiten al usuario crear programas informáticos basados en algún lenguaje de programación que se crean a partir de editores de texto, funciones, declaración de variables, restricciones, ecuaciones, compiladores y otras propiedades que conllevan al modelado de un requerimiento (AMO et al., 2005: pp.7-8).

A continuación, se menciona las plataformas utilizadas en el desarrollo software de la propuesta del prototipo electrónico de seguridad biométrica.

3.5.1.1. Python PyCharm Community

El software Anaconda permite la instalación, ejecución y desarrollo de lenguajes de programación como de Python y R. Entre sus principales características se tiene que es una herramienta gratuita, está disponible para los sistemas operativos Windows, Linux y Mac, sus librerías y complementos son de fácil comprensión y se encuentran de forma gratuita (Sánnikov, 2022).

Python es un lenguaje de programación de alto nivel su entorno de programación permite a los usuarios desarrollar software con diferentes enfoques de aplicación como tareas programadas, cálculo numérico, análisis de datos, desarrollo de aplicaciones, programación de redes, Machine Learning, inteligencia artificial, programación de base de datos entre otras aplicaciones más (Chityala y Pudipeddi, 2020).

Para la ejecución del código fuente de Python es necesario un intérprete, Pycharm es un entorno de desarrollo integrado IDE, desarrollado por JetBrains que facilita al programador la creación, edición, compilación y ejecución de software de manera eficaz en el lenguaje de programación Python cuyo entorno de desarrollo se muestra en la figura 26-3.

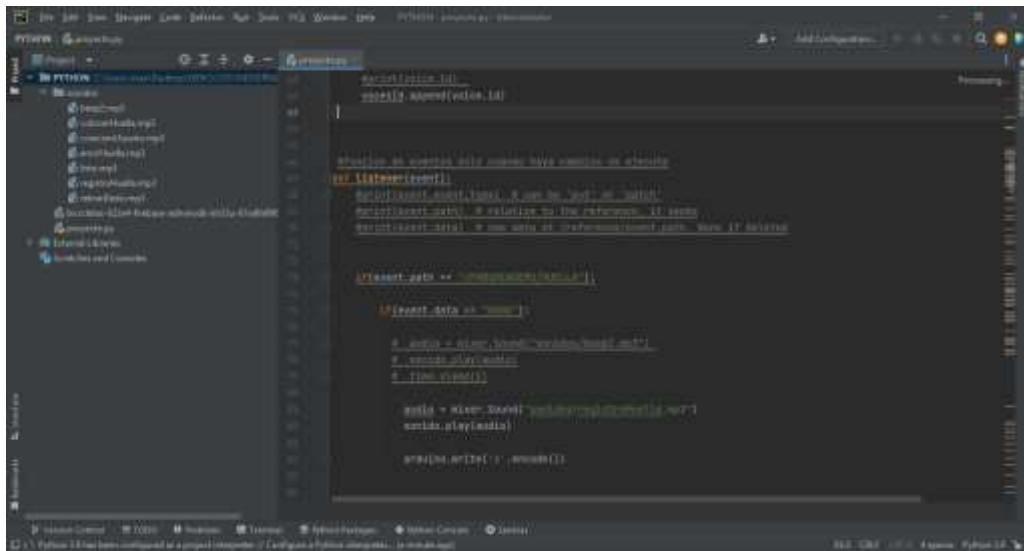


Figura 26-3: Software Pycharm Community Python.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

3.5.1.2. Arduino IDE

La plataforma de Arduino IDE como se muestra en la figura 27-3 es un entorno de desarrollo de código abierto que permite a los usuarios generar, editar, depurar y compilar código o sketch para placas de desarrollo compatibles con la plataforma. Al ser una aplicación multiplataforma es compatible con los principales sistemas operativos como Microsoft, Linux, Mac entre otros, su interfaz es interactiva, permite instalar librerías y paquetes según la necesidad de la programación,

para posterior ser cargada en una placa o microcontrolador de Arduino con elementos de periféricos de entrada y/o salida como sensores y actuadores. Para el desarrollo de la programación del prototipo electrónico dentro del módulo de adquisición de datos se utilizó la versión Arduino IDE 1.8.16 (Peña, 2020).



Figura 27-3: Software de desarrollo integrado Arduino IDE.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

3.5.1.3. Autodesk EAGLE

La plataforma EAGLE por sus siglas Easily Applicable Graphical Layout Editor es un editor gráfico de fácil aplicabilidad, es compatible con los principales sistemas operativos como Microsoft y Linux. Este software ofrece facilidades para la creación de circuitos electrónicos o PCBs, donde el usuario puede elaborar diagramas esquemáticos, diseño de placas con una gran variedad de librerías para la inserción de elementos electrónicos, en la figura 28-3 se muestra el interfaz de desarrollo del software EAGLE con el diseño de la placa del módulo de control y procesamiento del prototipo electrónico de seguridad biométrico cuya versión de software para el diseño de los esquemáticos eléctricos fue EAGLE 9.0.0 WIN 6.2 (Autodesk, 2023).

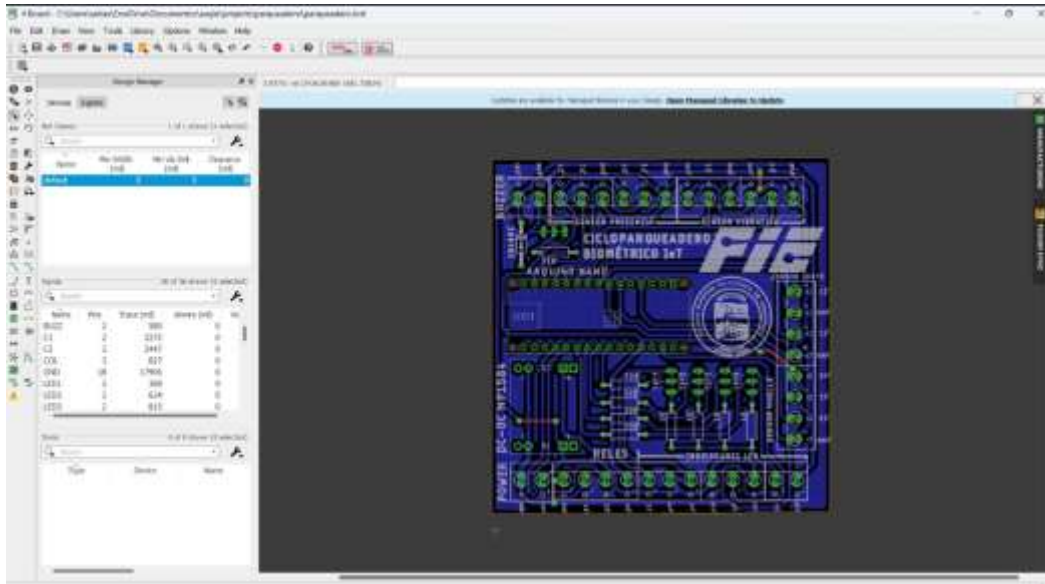


Figura 28-3: Software de desarrollo EAGLE.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

3.5.1.4. Android Studio

Es un entorno de desarrollo integrado para la creación de aplicativos móviles de la plataforma Android, cuenta con un sistema flexible basado en JetBrains IntelliJ IDEA compatible con los sistemas operativos Microsoft, MAC y Linux, su entorno de programación cuenta con herramientas que permiten al usuario crear, emular, ejecutar y cargar aplicaciones para el sistema operativo Android (Developers, 2022). En la figura 29-3 se muestra el IDE de desarrollo de Android Studio que se utilizó para el desarrollo del aplicativo móvil donde el usuario puede crear una cuenta para tener acceso y control del sistema de parqueadero del prototipo electrónico de seguridad biométrica.

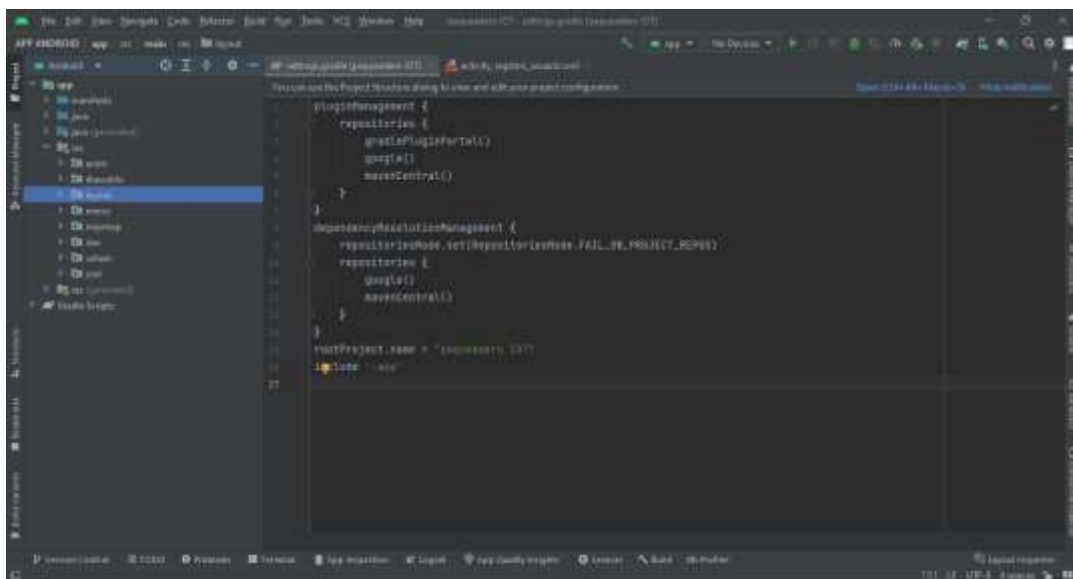


Figura 29-3: Interfaz del software de desarrollo Android Studio.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

3.5.1.5. SolidWorks

Es una herramienta informática para la elaboración de diseños CAD 3D, según sus siglas para el diseño asistido por computadora, en este software se puede diseñar, ensamblar y simular piezas o estructuras, cuya herramienta se ejecuta en la plataforma de Windows (SOLIDBI, 2022). En la figura 30-3 se muestra la interfaz de desarrollo de SolidWorks, la versión usada en el presente proyecto es SOLIDWORKS 2020 SP0.0, en donde se elaboró el diseño estructural de las estaciones de parqueadero y del módulo central para la implementación del PESB.

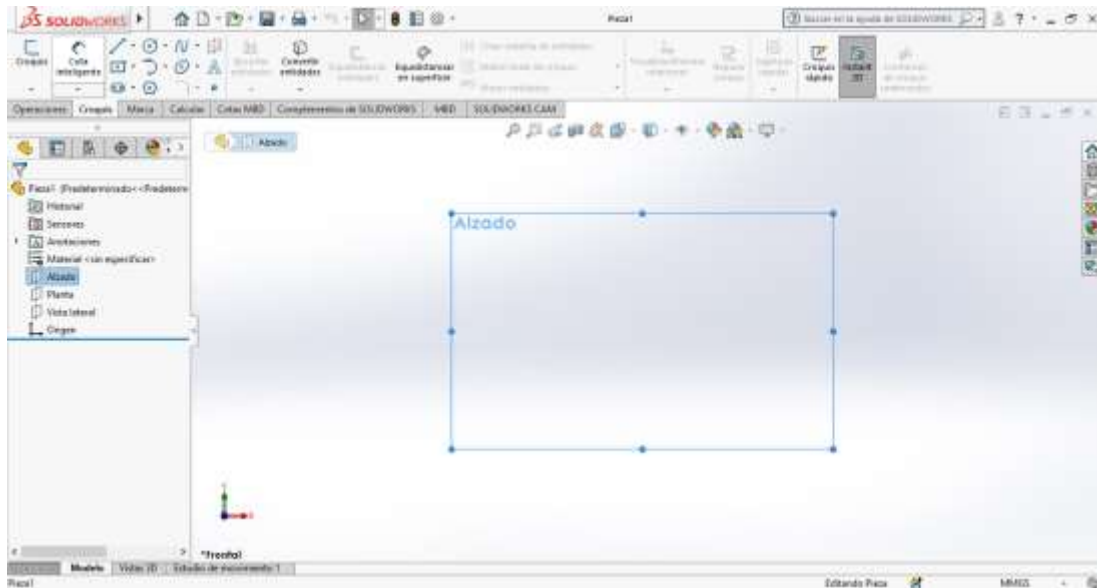


Figura 30-3: Interfaz de desarrollo CAD SolidWorks.

Realizado por: Cedeño Jhonatan, Zavala William, 2023.

3.5.1.6. Firebase Realtime Database

Es una plataforma de desarrollo diseñada por Google, permite la creación y gestión de base de datos en tiempo real, así como mensajería, alojamiento de datos en la nube y sincronización de datos en tiempo real, es un entorno de domino gratuito, permite a los usuarios trabajar de forma colaborativa y segura puesto que está integrada a Firebase Authentication, en la figura 31-3 se muestra el entorno principal de la plataforma en mención (Firebase, 2022).

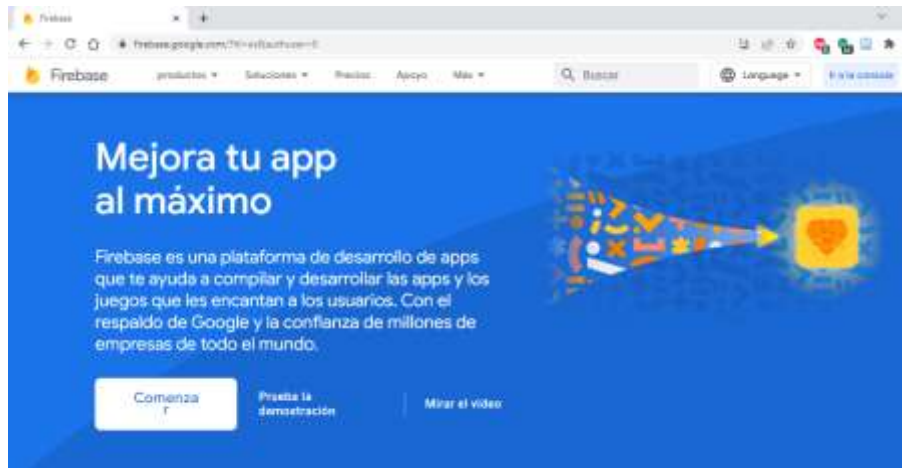


Figura 31-3: Entrono principal de Firebase Realtime Database.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

3.5.1.7. *Software para la comunicación IoT del PESB*

Para establecer la comunicación IoT entre los módulos físicos del prototipo electrónico de seguridad biométrico con la aplicación móvil, en primera instancia se definió el protocolo MQTT para la comunicación IoT a fin de lograr un cifrado extremo de datos y seguridad de conexión. Con la creación de la base de datos tipo NoSQL en la plataforma Firebase de Google se logró tener un registro de los datos tanto de los usuarios como de los datos provenientes de los módulos y sensores del prototipo físico.

Para el control y monitoreo remoto desde los dispositivos vinculados al prototipo electrónico de seguridad se utilizó la plataforma virtual ngrock.io que permite tener un control del escenario propuesto. Es una herramienta gratuita y compatible con los diferentes sistemas operativos Microsoft, Linux o MacOS, además permite el control otro tipo de ordenador como Raspberry o dispositivos móviles, al instalar el programa en nuestra tarjeta de control se crea un servicio y se vincula el dispositivo al que se desea ingresar de forma remota, la plataforma ngrock.io permitirá al usuario acceder al interfaz de video que se encuentra vinculado a la Raspberry Pi4 la misma que monitorea el espacio donde se encuentra ubicado el cicloparqueadero para la seguridad de las bicicletas.

3.5.2. *Programación Software del prototipo.*

Una vez identificados los programas software de desarrollo para el prototipo electrónico de seguridad biométrico a continuación se presenta la descripción de la programación de los módulos de adquisición de datos, control, procesamiento y desarrollo del aplicativo móvil.

3.5.2.1. Programación del módulo de adquisición de datos

Para la adquisición de datos se realiza la respectiva programación en el entorno de desarrollo integrado Arduino IDE, se parte con la declaración de librerías necesarias para el control y comunicación, a continuación, se describe en forma detallada la secuencia de pasos que realiza el programa de adquisición de datos:


Inicialización de variables:

Se define las librerías a utilizar, las mismas que son:

- **Adafruit_Fingerprint.h:** Permite obtener datos del sensor de huellas dactilares Dealpeak R503 y envía una señal para la activación de un LED integrado en el lente del sensor para indicar si el estado de la toma de datos de la huella dactilar es correcto.

Al definir las librerías del programa se procede con la declaración de variables de entrada y salida asignadas a los terminales del Arduino Nano según las conexiones detalladas en la sección 3.4.2.

- Para los elementos de entrada se consideran los siguientes elementos para ambas estaciones de parqueadero tales como el sensor de presencia, sensor de vibración, sensor de corte como se muestra en la figura 32-3.
- Para las variables de salidas se define a los indicadores led, señal de activación del relé y módulo buzzer según.
- Se declara las variables para el control de la cerradura asignando el estado inicial del módulo relé 5V, de los 2 canales respectivos.
- Para el módulo buzzer se establece una frecuencia de trabajo y duración de la alarma sonora.



```
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
fina_5

/*****
 * ENTRADAS *****/
/*****
#define presencia1 10
#define presencia2 9
#define vibracion1 8
#define vibracion2 7
#define corte1 6
#define corte2 5
/*****
 * SALIDAS *****/
/*****
#define led1 A5
#define led2 A4
#define led3 A3
#define led4 A2
#define rele1 A1
#define rele2 A0
#define buzzer 11
```

Figura 32-3: Declaración de variables del módulo de adquisición de datos.

Realizado por: Cedeño Jhonatan, Zavala William, 2023.

Ciclo de Función Void Set up:

Dentro del ciclo se procede con la inicialización del puerto serial, puerto de comunicación y el estado de los pines de entrada y salida correspondientes a los sensores de presencia, de vibración y de corte, encendido de relés de activación del seguro electromagnético, así como de los indicadores led y buzzer como se muestra en la figura 33-3.

```
/////////Inicialización de variables, puertos in/out y comunicacion
void setup()
{
  Serial.begin(9600);          //////////Monitor serial.
  Serial.setTimeout(100);
  Serial.println(F("Reading sensor parameters"));/////////Puerto serial sensor de huella dactilar,
  finger.getParameters();

  pinMode(presencial, INPUT_PULLUP);  //////////Definición de pines In/Out,
  pinMode(presencia2, INPUT_PULLUP);
  pinMode(vibracion1, INPUT_PULLUP);
  pinMode(vibracion2, INPUT_PULLUP);
  pinMode(corte1, INPUT_PULLUP);
  pinMode(corte2, INPUT_PULLUP);
  pinMode(led1, OUTPUT);
  pinMode(led2, OUTPUT);
  pinMode(led3, OUTPUT);
  pinMode(led4, OUTPUT);
  pinMode(relé1, OUTPUT);
  pinMode(relé2, OUTPUT);
  pinMode(buzzer, OUTPUT);
  pinMode(13, OUTPUT);

  digitalWrite(13, LOW);          //////////Estado de lo pines In/Out,
  digitalWrite(led1, LOW);
  digitalWrite(led2, LOW);
}
```

Figura 33-3: Declaración de variables y puerto serial en el Void Setup.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

Para el enrolamiento y lectura de los datos del sensor de huella, se definió una función donde se declara la variable de registro y es enviadas a través del puerto serial hacia la tarjeta Raspberry para su procesamiento. Cuando se enrola un nuevo usuario, el contador identificador ID se incrementa una unidad, el sensor activa el led de control y los datos de la variable se almacenan para su envío al entorno de programación de la tarjeta principal, cuyo pseudocódigo se muestra en la figura 34-3.

```
if (dato == "a") {
  registro = 0;
  tono(4);
  finger.getTemplateCount();
  finger.LEDcontrol(FINGERPRINT_LED_BREATHING, 250, FINGERPRINT_LED_PURPLE);

  //Serial.println("INICIO PARA GRABAR DEDO");
  Serial.println("Ready to enroll a fingerprint!");

  id = finger.templateCount;
  id = id + 1;

  Serial.println("ID NUEVO: " + String(finger.templateCount));
  if (id == 0) { // ID #0 not allowed, try again!
    return;
  }

  Serial.print("Enrolling ID #");
  Serial.println(id);
  delay(2000);

  while (!getFingerprintEnroll());

  finger.LEDcontrol(FINGERPRINT_LED_OFF, 0, FINGERPRINT_LED_BLUE);
  Serial.println("GUARDADA!");
}
```

Figura 34-3: Registro de datos biométricos de nuevo usuario.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

En el entorno de programación para la tarjeta de desarrollo principal Raspberry PI4 se reciben los datos de Arduino para su posterior envío hacia la base de datos Firebase y hacia la aplicación móvil, en la figura 35-3 se muestra un fragmento del código realizado en el entorno de Pycharm para la recepción de los datos provenientes de Arduino, cuyas funciones se detallan a continuación.

- **arduino.readline().decode():** Permite recibir los datos de Arduino, específicamente se lee la variable de registro del sensor.
- **if(datoArduino[1:len(datoArduino)] = huella_firebase1):** permite comparar el dato recibido desde Arduino con el registro almacenado en la base de datos correspondiente a la estación 1. Si la huella coincide envía la señal de apertura o cierre, según sea el caso y enciende el LED respectivo del sensor de huella.
- Si la huella no coincide con el registro de la estación 1, pasa a comparar con el registro de la estación 2, si el dato coincide de igual forma activa o desactiva la cerradura de la estación según sea el caso.
- **audio = mixer.Sound():** En el caso de que la huella ingresada no conocida con ningún registro almacenado en la base de datos, se emite una alerta sonora de no coincidencia y se repite el bucle de lectura de la huella dactilar.

```

if(arduino.is_not_none):
    datoArduino = arduino.readline().decode("utf-8").strip('\n').strip('\r')

    if(datoArduino != ""):
        print("DATA desde ARDUINO: " + datoArduino)

        if(datoArduino.startswith("u")):
            sei.set(datoArduino[1:len(datoArduino)])

            if(lectura):
                if(datoArduino[1:len(datoArduino)] == huella_firebase1):
                    if(estadoCerradura1):
                        cerradura1.set('00')

                        audio = mixer.Sound("sonidos/cerrada1.mp3")
                        sonido.play(audio)

                    else:
                        audio = mixer.Sound("sonidos/abierto1.mp3")
                        sonido.play(audio)

```

Figura 35-3: Lectura en Python de datos recibidos desde Arduino.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

Con la lectura de los datos de registro del sensor biométrico receptados en Python se procede actualizar los valores de las variables en la base de datos y en la aplicación móvil. Una vez validados los datos, el usuario desde el aplicativo móvil puede enviar la señal de activación o cierre de la cerradura electromagnética, el dato es enviado hacia la nube donde se actualiza el estado de la variable en el Firebase, posterior dicha señal es procesada en el entorno de Python para su envío inmediato a la tarjeta auxiliar Arduino donde se activa el relé de apertura o cierre respectivo. En la

figura 36-3 se muestra el código de asignación de las variables en Python para el envío de datos a la nube según la ruta correspondiente a cada variable. En el Anexo H se encuentra la programación desarrollada para la tarjeta de desarrollo Raspberry Pi 4 Model B.

```
sw1 = BASE_DATOS.child('PARQUEADERO/HUELLA')
sw2 = BASE_DATOS.child('PARQUEADERO/GUARDAR')
edita2 = BASE_DATOS.child('PARQUEADERO/EDITAR')

dispositivo1 = BASE_DATOS.child('PARQUEADERO/DISPOSITIVOS/DISPOSITIVO1/estado')
dispositivo2 = BASE_DATOS.child('PARQUEADERO/DISPOSITIVOS/DISPOSITIVO2/estado')

cerradura1 = BASE_DATOS.child('PARQUEADERO/DISPOSITIVOS/DISPOSITIVO1/cerradura')
cerradura2 = BASE_DATOS.child('PARQUEADERO/DISPOSITIVOS/DISPOSITIVO2/cerradura')

estacion1 = BASE_DATOS.child('PARQUEADERO/DISPOSITIVOS/DISPOSITIVO1/estacion')
estacion2 = BASE_DATOS.child('PARQUEADERO/DISPOSITIVOS/DISPOSITIVO2/estacion')

vibracion1 = BASE_DATOS.child('PARQUEADERO/DISPOSITIVOS/DISPOSITIVO1/vibracion1')
vibracion2 = BASE_DATOS.child('PARQUEADERO/DISPOSITIVOS/DISPOSITIVO2/vibracion2')

presencia1 = BASE_DATOS.child('PARQUEADERO/DISPOSITIVOS/DISPOSITIVO1/presencia1')
presencia2 = BASE_DATOS.child('PARQUEADERO/DISPOSITIVOS/DISPOSITIVO2/presencia2')
|
corte1 = BASE_DATOS.child('PARQUEADERO/DISPOSITIVOS/DISPOSITIVO1/corte')
corte2 = BASE_DATOS.child('PARQUEADERO/DISPOSITIVOS/DISPOSITIVO2/corte')

f_lista1 = BASE_DATOS.child('PARQUEADERO/DISPOSITIVOS/DISPOSITIVO1/lista')
f_lista2 = BASE_DATOS.child('PARQUEADERO/DISPOSITIVOS/DISPOSITIVO2/lista')
```

Figura 36-3: Envío de datos desde Python hacia la nube Firebase.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

Para el análisis del módulo de adquisición de datos a continuación, se describe el ciclo de repetición que realiza la tarjeta de control principal y auxiliar del prototipo electrónico de seguridad biométrico:

- Se verifica que esté establecida la comunicación entre la tarjeta de desarrollo principal y auxiliar, el aplicativo móvil, el Firebase Realtime Database y la conexión para el proceso de streaming de video, caso contrario se procede con la verificación de la conexión.
- Se consulta si el usuario desea registrarse en el aplicativo móvil del cicloparqueadero.
- Al aceptar el registro de usuario se procede con la creación de una cuenta desde el aplicativo móvil, posterior el sistema indica que el usuario de empezar con el registro de la huella dactilar a través del sensor Dealpeak R503 instalado en el cicloparqueadero.
- Para completar el registro de usuario debe aceptar los términos y verificar que la información sea correcta, de ser así se indica que el usuario ha sido creado correctamente, caso contrario se repite el proceso de registro.
- Al no aceptar el registro de usuario indica que el usuario ya posee un registro en la base de datos del prototipo.

Una vez definido el registro de usuario se procede con el análisis del módulo de control y actuación donde el usuario con el uso de la aplicación móvil puede activar o desactivar la cerradura del cicloparqueadero inteligente.

3.5.2.2. Programación del módulo de control y procesamiento

Una vez definidas las librerías a utilizar, declaradas las variables con sus respectivos terminales de conexión y la declaración de los puertos de comunicación se procede con el análisis del void loop. Para la programación del módulo de control se considera todo el proceso de verificación y cotejamiento de datos tomados por el sensor de huella dactilar y su respuesta ejecutada por medio de los actuadores correspondientes como relés de activación e indicadores leds. En el lazo de control se inicia con la lectura del estado de los relés de activación de la cerradura electromagnética como se muestra en la figura 37-3.

```
void loop()                ///Lazo de control
{
  if(Serial.available()>0){
    String dato = Serial.readString();

    dato.trim();
    if(dato.equals("R1")){      ///Estado Relé Estacion 1
      lecturaRele1=true;
      lecturaRele2=false;
      Serial.println("ESTACION 1");
    }
    if(dato.equals("R2")){      ///Estado Relé Estacion 2
      lecturaRele1=false;
      lecturaRele2=true;
      Serial.println("ESTACION 2");
    }
    if(dato.equals("R1ON")){    ///Desactivacion Relé1
      digitalWrite(rele1,LOW);
    }
    if(dato.equals("R1OFF")){   ///Activacion Relé1
      digitalWrite(rele1,HIGH);
    }
    if(dato.equals("R2ON")){    ///Desactivacion Relé2
      digitalWrite(rele2,LOW);
    }
    if(dato.equals("R2OFF")){   ///Activacion Relé2
      digitalWrite(rele2,HIGH);
    }
  }
}
```

Figura 37-3: Lazo de control, lectura y activación de relés.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

Para el envío de la señal de activación se genera una función para la lectura de los datos del sensor biométrico y su posterior cotejamiento con los registros almacenados en la base de datos Firebase, si el dato del sensor no coincide con algún registro guardado, se solicita el ingreso de un usuario válido registrado, mientras que si el dato coincide con algún registro del Firebase se procede con la validación del mismo y se dota del acceso al usuario para la apertura o cierre de la cerradura, en la figura 38-3 se muestra el pseudocódigo del lazo de control de la sentencia condicional. Dichos datos

son enviados a través del puerto serial hacia la tarjeta Raspberry para su comparación con los registros guardados.

```
finger.LEDcontrol(FINGERPRINT_LED_BREATHING, 2000, FINGERPRINT_LED_PURPLE);

lectura = 0;

finger.getTemplateCount();

if (finger.templateCount == 0) {
  Serial.print("Sensor doesn't contain any fingerprint data. Please run the 'enroll' example.");
  lectura = 1;
}
else {
  Serial.println("Waiting for valid finger..");
  Serial.print("Sensor contains "); Serial.print(finger.templateCount); Serial.println(" templates");
}

while (lectura == 0) {
  getFingerprintID();
}

tono(4);
Serial.println("SALI DEL MODO LECTURA");
finger.LEDcontrol(FINGERPRINT_LED_OFF, 0, FINGERPRINT_LED_BLUE);
```

Figura 38-3: Lazo de control, lectura del sensor biométrico.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

Para el análisis del módulo de control a continuación, se describe el ciclo de repetición que realiza la tarjeta de control del prototipo electrónico de seguridad biométrica:

- Una vez establecida la comunicación con el módulo de adquisición de datos y la tarjeta de desarrollo principal y auxiliar, se verifica que el usuario ya cuente con un previo registro (señalado en la sección 3.5.2.1 del módulo de adquisición de datos de registro).
- Al contar el usuario con un registro en la base de datos del sistema se procede con el proceso de control de apertura o cierre de la cerradura electrogénica.
- Parra la apertura de la cerradura el usuario debe acercar su huella dactilar para la lectura por medio del sensor ubicado en la estación central del cicloparqueadero.
- Dentro de la comparación de datos, el sensor por medio de la tarjeta de control Arduino Nano envía los datos hacia la tarjeta principal para su posterior comparación con los registros del Firebase Realtime Databse diseñado. Al haber coincidencia de la huella dactilar con el registro de usuario la señal de activación es enviada de forma regresiva para la apertura de la cerradura eléctrica.
- Con la habilitación de la cerradura el usuario puede insertar o retirar su bicicleta. Para corroborar la presencia o no del medio de transporte el sistema cuenta con un sensor de presencia.
- Los sensores se activan en función a su función, el sensor de presencia detecta si existe una bicicleta dentro de la estación de parqueadero, el sensor de corte adaptado a una cadena indica el estado de la cerradura electromagnética y el sensor de vibración envía una señal en caso de que se trate de alterar o forzar el sistema evitando así un posible hurto de las bicicletas.
- En el caso de que los sensores no detecten la presencia de una bicicleta, el sistema reinicia su ciclo partiendo del módulo de adquisición de datos.

- De igual forma en la comparación de la huella dactilar al no encontrar coincidencias con los registros guardados en la base de datos el sistema indica que los datos no coinciden con los registros y retoma su ciclo de operación en el módulo de adquisición de datos.

En la figura 39-3 se muestra el diagrama de flujo que representa de manera secuencial el proceso de adquisición de datos, control y desarrollo del prototipo electrónico de seguridad biométrico PESB. En el Anexo I se encuentra el programa desarrollado en el entorno de programación Arduino IDE para la tarjeta de desarrollo auxiliar.

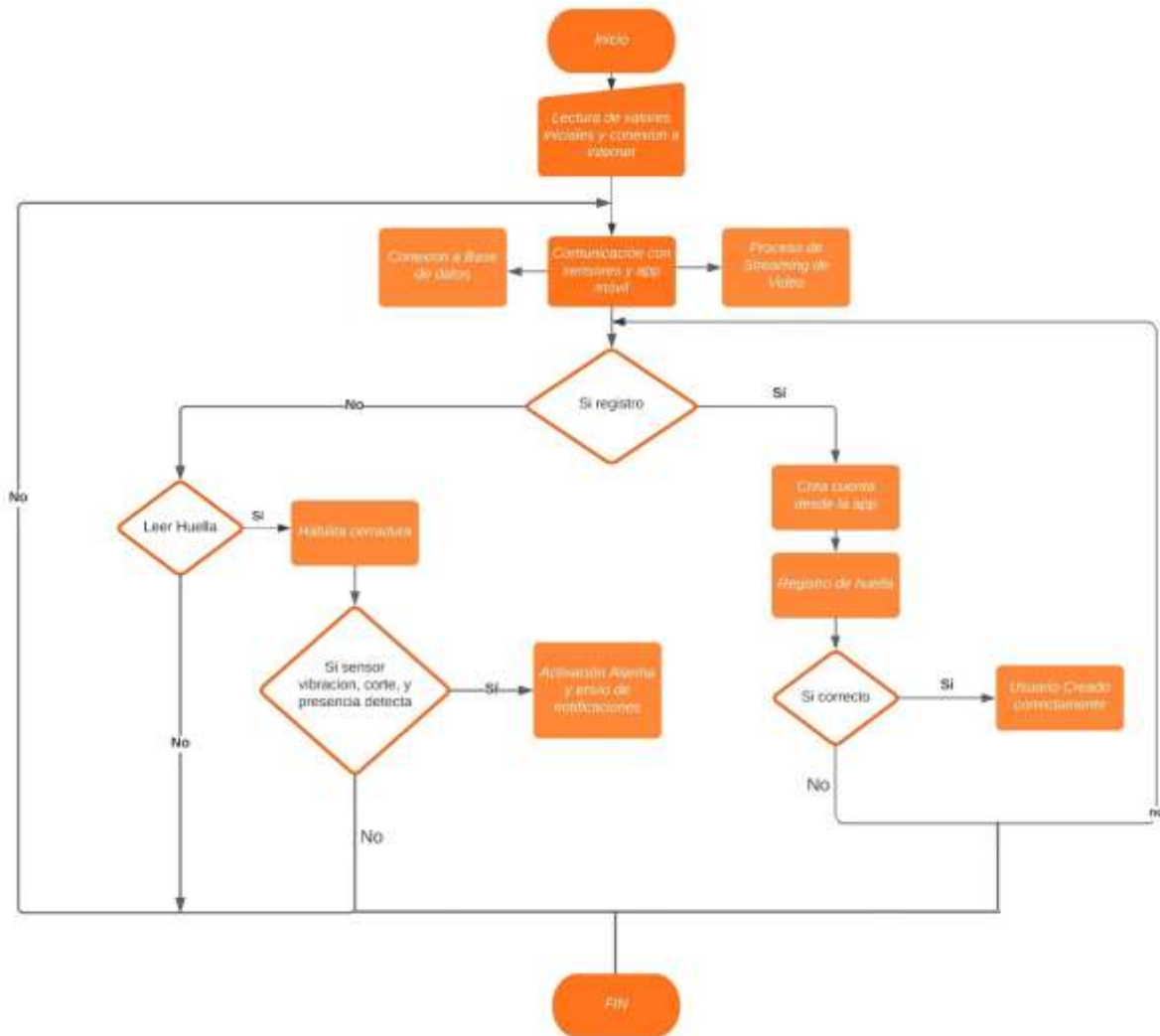


Figura 39-3: Diagrama de flujo del módulo de adquisición de datos y control.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

3.5.2.3. Desarrollo de la etapa de almacenamiento de información.

En la presente etapa se considera el diseño de la base de datos en la plataforma Firebase Realtime Database de Google donde se almacena y procesa los registros provenientes del módulo de adquisición de datos, con el uso de Firebase de igual forma se puede gestionar los datos de los usuarios registrados desde la aplicación móvil. A continuación, se describe las características de desarrollo software.

Creación base de datos:

Con ayuda de la plataforma de código abierto Realtime Database se procedió con la creación de una base de datos vinculada a una cuenta Gmail de Google.

- Dentro del entorno de desarrollo Firebase se agrega un nuevo proyecto.
- Se asigna un nombre del proyecto, se habilita la opción de Google Analytics para las configuraciones remotas de la base de datos y se continua el proceso.
- En la última etapa se selecciona la ubicación del proyecto, se acepta los términos y condiciones y se selecciona en “Crear Proyecto”.
- Finalmente, se nos redirige al entorno de desarrollo principal de Firebase Realtime Database.

En la página principal se selecciona la opción Real Time Database para la configuración del servidor y de las reglas de seguridad que gobernarán a la base de datos como se observa en la figura 40-3. Con el proceso señalado se consigue una base de datos en tiempo real de los datos y con las configuraciones adicionales se provee al sistema la comunicación para el monitoreo del PESB.



Figura 40-3: Creación base de datos en Firebase Realtime Database.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

Autenticación para los usuarios registrados:

Considerando que la comunicación entre el aplicativo móvil y la base de datos sigue un proceso bidireccional, recibiendo la información del sensor de huella dactilar y enviando datos de registro, disponibilidad de estaciones y estado del cicloparqueadero, es necesario contar un proceso de autenticación todo a su vez que el usuario tenga un mecanismo de registro seguro y fidelidad de la información registrada.

Para el proceso de autenticación se utilizó el método de registro con un correo electrónico y una contraseña, de modo que a cada usuario creado se le asigna un UID de registro. En la figura 41-3 se muestra la autenticación de los usuarios de prueba registrados en la base de datos.

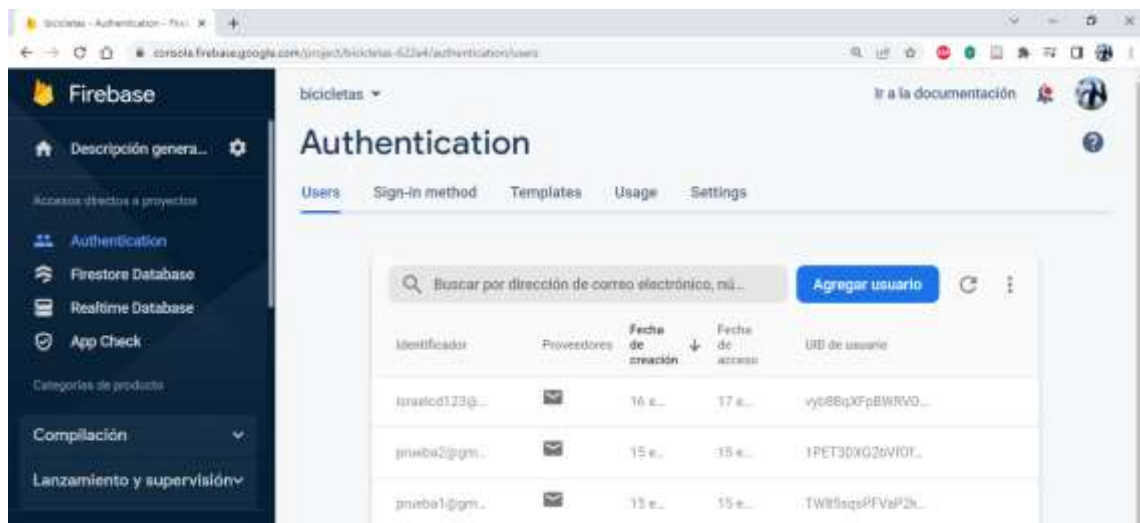


Figura 41-3: Autenticación de usuarios de prueba registrados en Firebase.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

Caracterización del árbol JSON:

En la herramienta Real Time Database se debe crear el modelo del árbol JSON que se encargara de procesar y almacenar los datos en memorias o nodos jerarquizados.

- En el primer nivel se conceptualiza el direccionamiento del aplicativo móvil siguiendo con los nodos que almacenan los datos de información de registro.
- El nodo de “DISPOSITIVOS” contiene la información de cada estación del cicloparqueadero referente al estado de la cerradura, estado de los sensores de presencia, de corte, de vibración, así como la disponibilidad de la estación del cicloparqueadero.
- En el nodo de “USUARIOS” se muestra la lista de usuarios con su respectivo UID generado en el proceso de autenticación de registro, en la figura 42-3 se muestra el esquema de nodos del árbol JSON desarrollado en Firebase.

Dentro del proceso de uso del prototipo, cada vez que un usuario genere un nuevo registro y haga uso de una estación del cicloparqueadero los datos son procesados siguiendo la siguiente ruta: obtención de datos del sensor biométrico, lectura en la tarjeta auxiliar Arduino Nano, recepción y control en la tarjeta principal Raspberry Pi4, registro y cotejamiento en base de datos Firebase y envío de información al aplicativo móvil.



Figura 42-3: Esquema de nodos JSON de la base de datos en Firebase.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

3.5.2.4. Programación interfaz de desarrollo del aplicativo móvil.

En primera instancia para el desarrollo de la aplicación móvil se debe considerar el inicio de sesión en Android Studio con las credenciales del correo electrónico Gmail a fin de facilitar la comunicación con la base de datos propia de Google. En la barra de herramientas del software Android Studio se ingresa en la opción de “Firebase”, posterior se despliega una lista donde se selecciona la opción “Realtime Database” donde inmediatamente se abre el navegador web predeterminado enlazando a la página principal de Firebase de Google donde se debe seleccionar el proyecto de la base de datos

a utilizar. Finalmente, en el entorno de desarrollo de la aplicación móvil se despliega el mensaje de confirmación de que la base de datos ha sido conectada satisfactoriamente.

Con la comunicación establecida entre ambos softwares se facilita el intercambio de datos usando las direcciones de las variables asignadas para el control del PESB. El entorno de Android Studio permite el desarrollo de aplicaciones por medio de directorios que contienen los archivos de las funciones diseños elaborados. En la figura 43-3 se muestra los archivos generados del módulo general “app”.

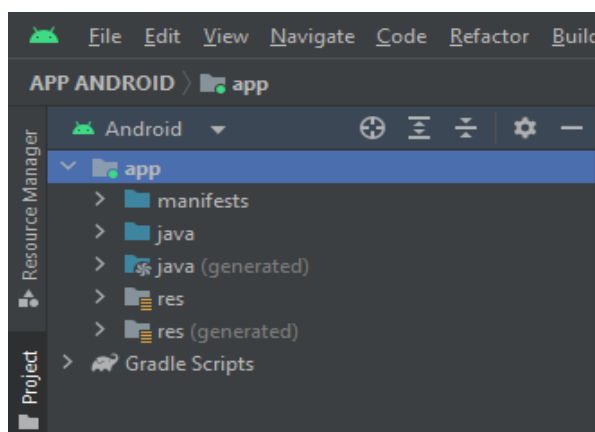


Figura 43-3: Directorio principal de desarrollo de la aplicación.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

- La subcarpeta *manifest* contiene el archivo de programación .xml donde se declaran las librerías, permisos, eventos y protocolo de comunicación para la correcta compilación del programa.
- El archivo *java (generated)* contiene información del ID, versión de código y versión de nombre de la aplicación móvil.
- En la subcarpeta *res* se almacenan los archivos fuente de animación, diseño, menú y mapeo que permiten la visualización de cada interfaz programada, con una extensión .xml, en la figura 44-3 se muestran la interfaz de programación y diseño de la interfaz de la aplicación.
- La subcarpeta *java* contiene los archivos de ‘clases’ generados para cada acción desarrollada en las interfaces, las mismas que se guardan con una extensión .java. Para cada evento se genera un archivo con la programación de funciones condicionales, sentencias de control para el envío de alertas o mensajes de confirmación enlazados con cada interfaz de la aplicación,

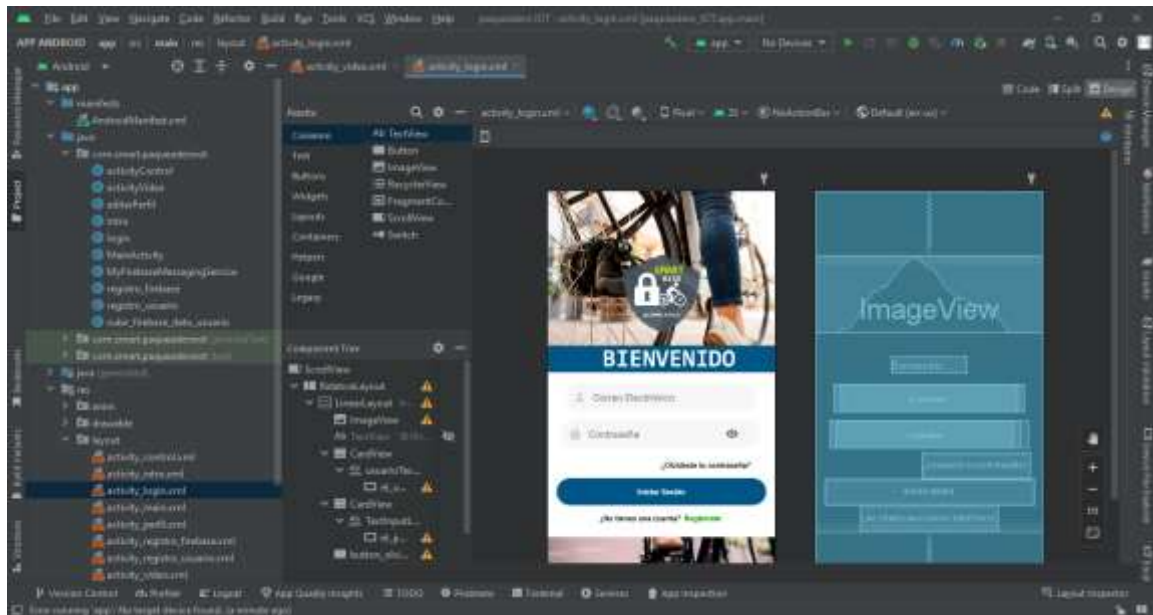


Figura 44-3: Interfaz gráfica de programación del aplicativo móvil.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

Para el desarrollo del aplicativo móvil se identificó el número de interfaces que se mostrará al usuario para el registro, control y monitoreo del cicloparqueadero, en la figura 45-3 se presenta el entorno de codificación de Android Studio. La programación del directorio.java con sus respectivas clases para el desarrollo de la aplicación se muestra en el Anexo J.

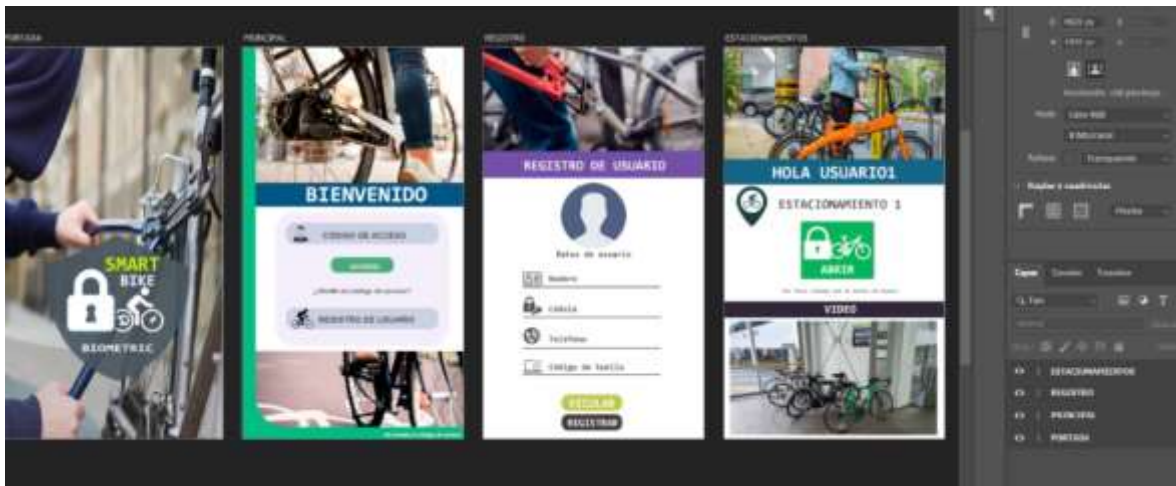


Figura 45-3: Interfaces de desarrollo del aplicativo móvil en Android Studio.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

La interfaz de bienvenida consta de una portada con el nombre de la aplicación del PESB, así como el logo de la carrera de electrónica y automatización, cabe mencionar que al iniciar el aplicativo este cuenta con un asistente de voz de bienvenida. En la página principal el usuario tiene la opción de acceder con un usuario y contraseña creados previo a un registro, en la figura 46-3 se muestra la interfaz de bienvenida de la aplicación móvil.



Figura 46-3: Interfaces de bienvenida e inicio de sesión del aplicativo móvil.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

En la figura 47-3 se muestra el interfaz de registro donde el usuario debe llenar los campos de nombre, apellido, teléfono de contacto y cédula de identidad, para el registro de la huella dactilar el asistente del aplicativo móvil indica al usuario el momento que debe acercar su dedo al sensor biométrico para la toma de datos que serán almacenados en la base de datos Firebase Realtime Database previo a su autenticación a fin de tener un control centralizado IoT del sistema propuesto.

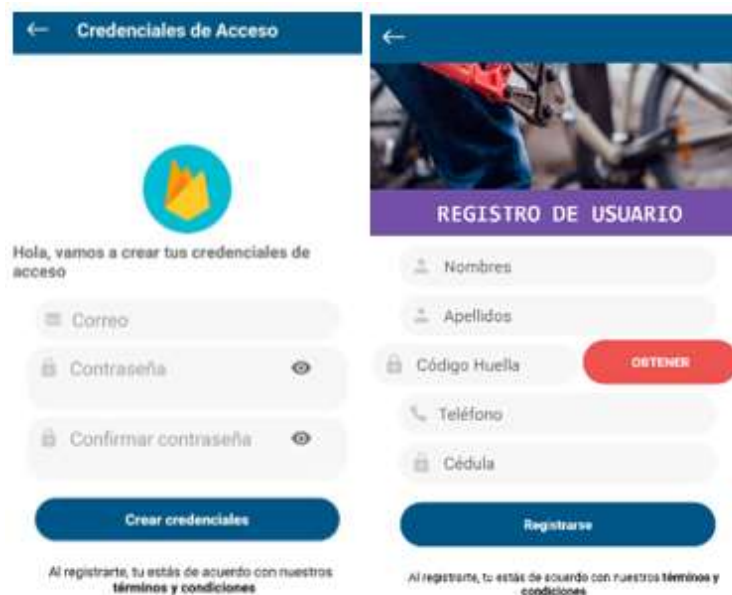


Figura 47-3: Interfaz de registro de usuario y autenticación en Firebase.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

Una vez adentrado en el sistema, se muestra al usuario el estado de disponibilidad sea libre u ocupado para cada estacionamiento cuya interfaz se presenta en la figura 48-3. Una vez seleccionado uno de los dos estacionamientos, se pasa a la interfaz de control de cerradura, donde el usuario registrado con sus credenciales puede accionar el mecanismo de apertura o cierre de la cerradura de la estación de cicloparqueadero donde se encuentra su bicicleta.

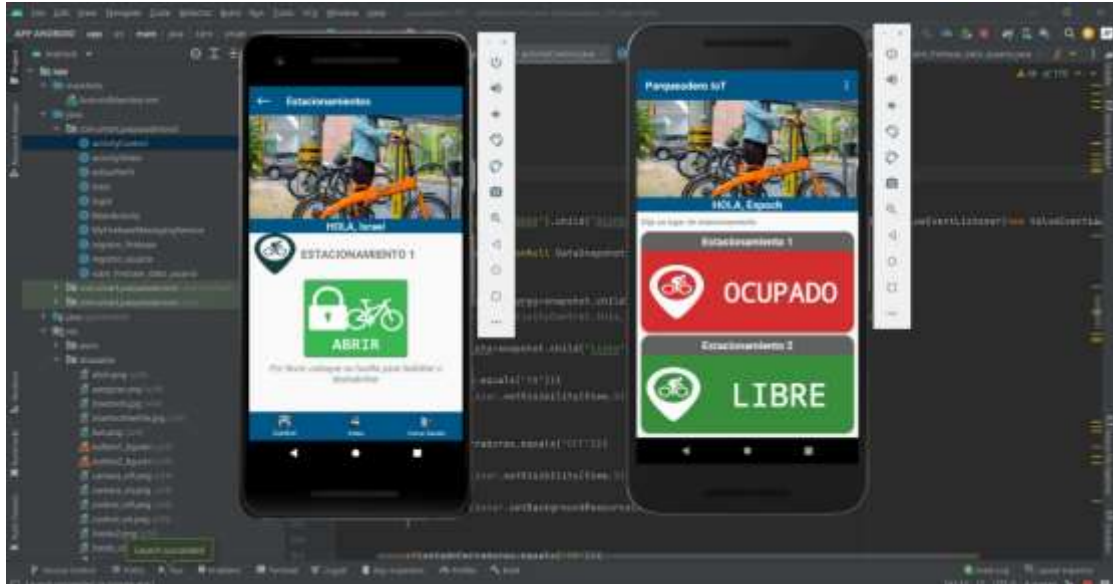


Figura 48-3: Interfaz de disponibilidad de cerradura en la aplicación móvil.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

El proceso de apertura o cierre de la cerradura electromagnética se lo puede realizar de forma remota directamente desde la aplicación, además en la interfaz de control de cerradura el usuario cuenta con una opción de monitoreo en tiempo continuo, la misma que redirige a otra interfaz mostrada en la figura 49-3, donde a través de internet se conecta con la cámara de videovigilancia USB para observar el espacio de estacionamiento de las bicicletas.

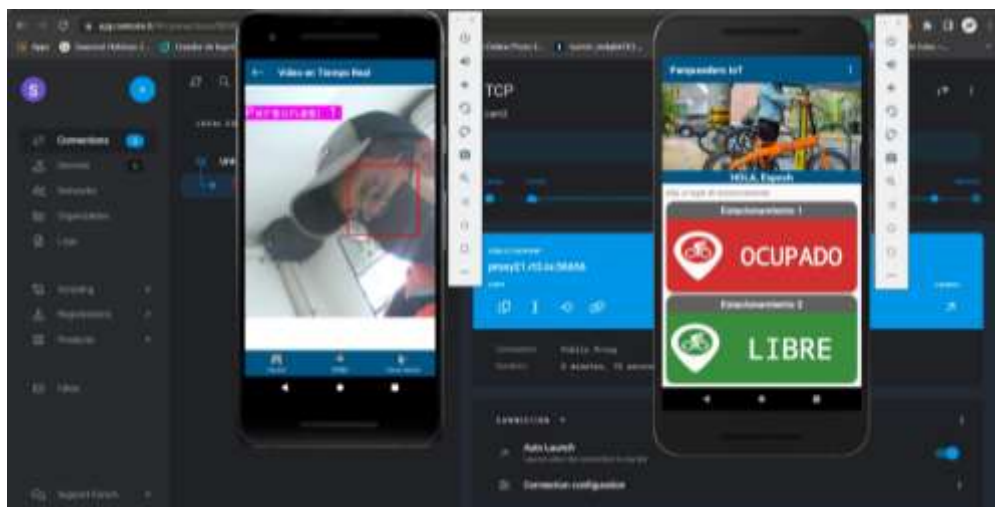


Figura 49-3: Interfaz de conexión con la cámara USB desde el aplicativo móvil.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

Finalmente, en la interfaz de apertura o cierre de la cerradura el usuario cuenta con una opción de cierre de sesión, la misma que permitirá salir del aplicativo móvil para su posterior uso.

3.6. Diseño de elementos auxiliares.

Dentro de los elementos complementarios se ha considerado el diseño de la placa base del prototipo, así como el plano estructural de la estación central de adquisición de datos y de la estación de parqueadero para las bicicletas.

3.6.1. Diseño de la placa base del prototipo electrónico de seguridad biométrico.

En la figura 50-3 se muestra el diseño de la placa base de control elaborada en el software EAGLE 9.0.0 WIN 6.2, la misma que contiene los elementos del módulo de alimentación, módulo de adquisición de datos y módulo de control y procesamiento auxiliar.

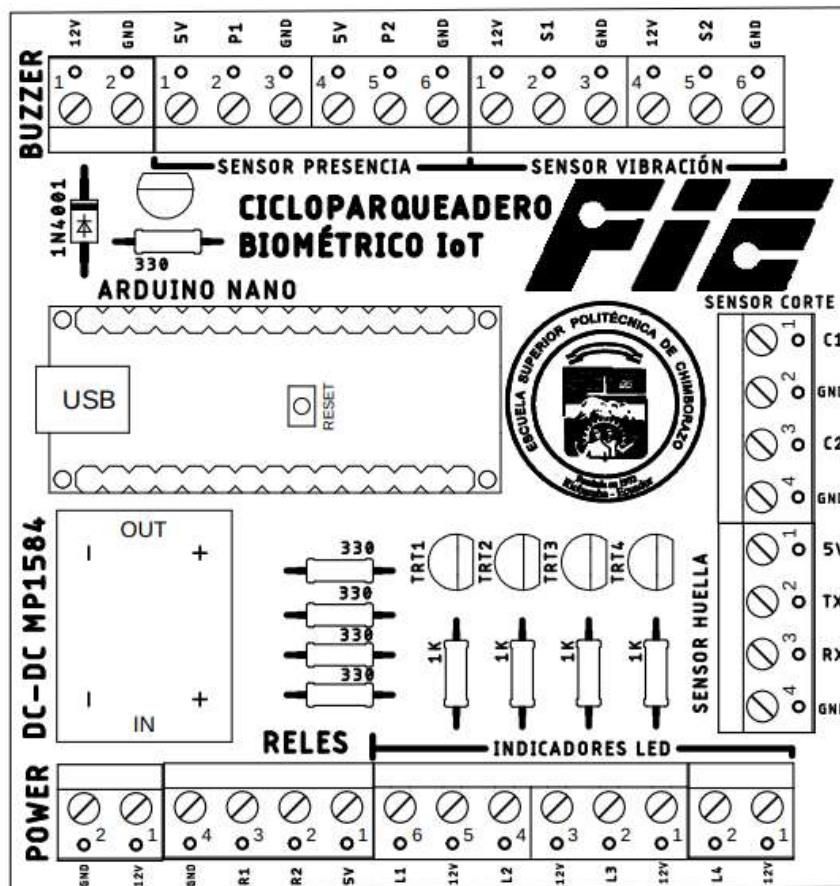


Figura 50-3: Diseño placa PCB del módulo central de control.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

Respecto a los elementos soldados en la placa base esta consta de los elementos de medición tales como el sensor biométrico de huella dactilar, sensor de presencia, sensor de vibración y sensor de corte, elemento de control y procesamiento como la tarjeta de desarrollo auxiliar Arduino Nano,

elementos actuadores como relé de activación de la cerradura electromagnética, buzzer, indicadores leds que se instalaran en cada estación del cicloparqueadero y los elementos para el control de potencia como el convertidor DC-DC MP1584, resistencias, diodos y transistores, en la figura 51-3 se presenta la placa física impresa con todos los elementos electrónicos señalados.



Figura 51-3: Placa PCB física del prototipo electrónico de seguridad biométrico.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

3.6.2. *Diseño de la estructura para el módulo de adquisición de datos.*

En la figura 52-3 se muestra el diseño de la estructura de la estación central del cicloparqueadero diseñada en el software SolidWorks 2020 SP0.0. Para la construcción de la estación se utilizó tol galvanizado el mismo que es un tipo de acero galvanizado con un recubrimiento resistente a la corrosión ideal para estructuras exteriores (Acero Comercial, 2022).

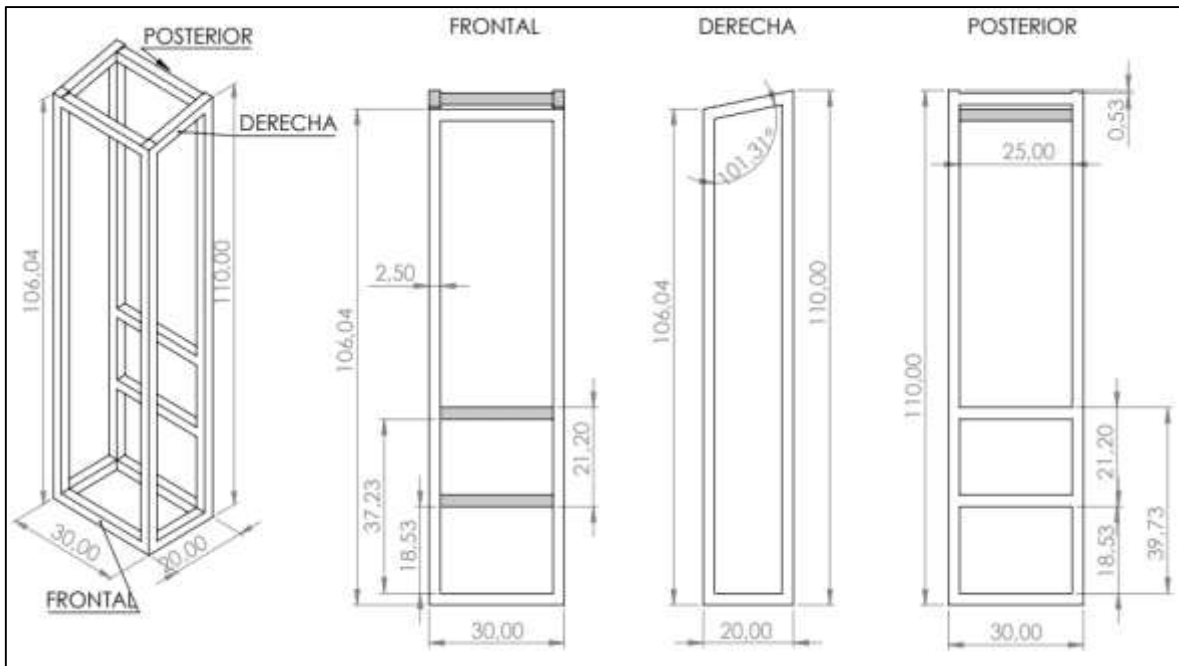


Figura 52-3: Diseño estructural de la estación central del cicloparqueadero.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

Una vez construida la estructura central para la toma de datos biométricos, se procedió con los acabados y adecuaciones de la placa electrónica de control principal y auxiliar, así como del sensor biométrico y los indicadores leds, en la figura 53-3 se muestra la estructura física culminada.



Figura 53-3: Estructura física de la estación central del cicloparqueadero.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

3.6.3. *Diseño de la estructura para la estación del cicloparqueadero.*

En la figura 54-3 se muestra el diseño de la estructura de las estaciones laterales para el estacionamiento de las bicicletas en el cicloparqueadero diseñada en el software SolidWorks 2020, la presente estructura va instala una en cada lado adjunta a la estación central de control. Para la construcción de la estación se utilizó tol galvanizado él mismo que cuenta con un recubrimiento resistente a la corrosión.

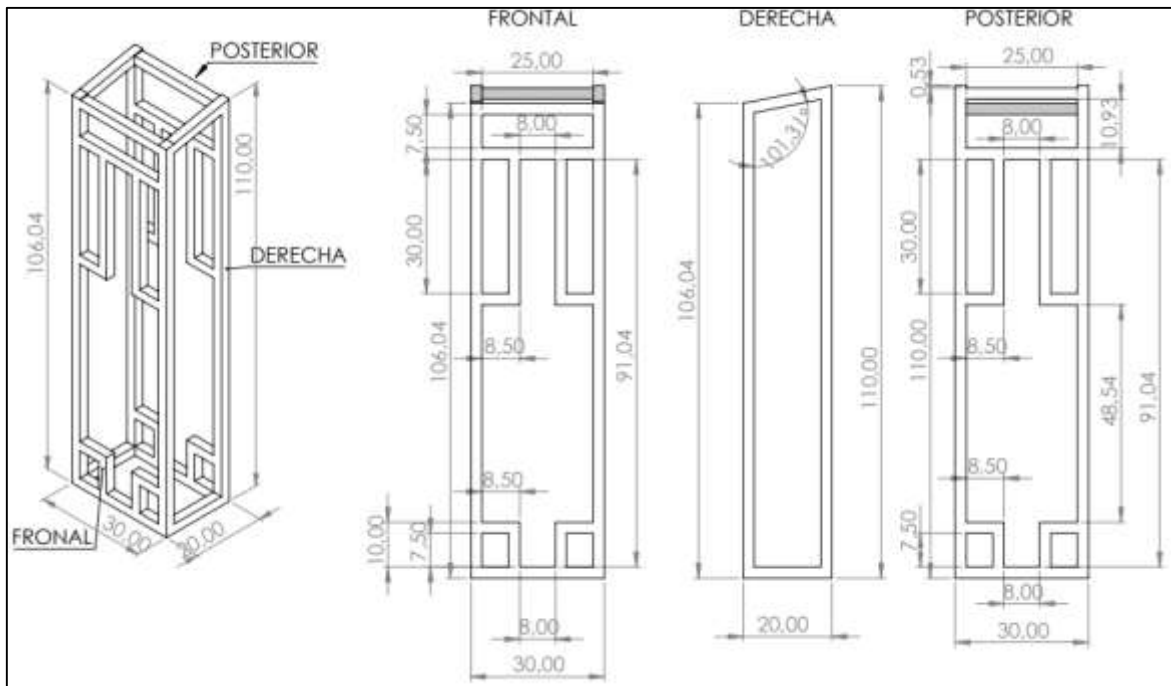


Figura 54-3: Diseño estructural de las estaciones laterales del cicloparqueadero.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

Una vez construida las estructuras laterales para el estacionamiento de las, se procedió con los acabados y adecuaciones de cada estación individual como de la cerradura electromagnética adjunta a la cadena de seguridad, el sensor de presencia, sensor de corte y sensor de vibración y los indicadores led en la figura 55-3 se muestra la estructura física.



Figura 55-3: Estructura física estaciones laterales del cicloparqueadero.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se muestra las pruebas de validación realizadas al prototipo electrónico de seguridad biométrica enfocado a los módulos del prototipo referente al sistema de apertura o cierre de la cerradura electromagnética, sistema de comunicación IoT, sistema de alertas y operabilidad con el uso del aplicativo móvil, a fin de validar la estabilidad y dar cumplimiento a los objetivos planteados para el prototipo electrónico de seguridad biométrica PESB.

Para el caso del análisis de los datos proporcionados por el sensor de presencia se definió un número máximo de muestras en función a los recursos para la toma de estas, los autores recomiendan que el tamaño de la muestra debe ser representativo considerando que mientras más grande sea el número de muestras tomadas, menor será el error obtenido. En función a los criterios mencionados y considerando el tiempo para la elaboración del presente Trabajo de Integración Curricular, para la validación de resultados considerando el error relativo se consideró tomar una muestra de 30 datos en un intervalo de 3 días.

Para el cálculo correspondiente se parte del error absoluto que es la diferencia entre el valor leído o estimado y el valor real de medición, con dicho valor se puede hallar el margen de desviación del valor real de medición. Para el caso de estudio es necesario hallar el error relativo que es el cociente entre el error absoluto y el valor exacto de medición representado en forma porcentual (Suárez, 2011).

Con el cálculo del error relativo porcentual se determina el criterio de calidad de un resultado, dentro de un análisis experimental se puede considerar tres tipos de resultados experimentales; si el valor porcentual es menor que 1% el resultado es bueno, si el valor porcentual se encuentra entre en 5% y 10% se considera aceptable, mientras que si el resultado del error relativo supera el 10% este equivaldría a un resultado poco confiable (Santo y Lecumberry, 2005, pp.14-16).

Para las pruebas de validación de los módulos que conforman el prototipo electrónico de seguridad biométrica se consideró la prueba de repetibilidad que es un tipo de medición estadística que considera las mismas condiciones de cotejo tales como mismo escenario, instrumento y procedimiento de medición aplicado en un periodo corto de tiempo. Para las pruebas realizadas cuyos resultados se muestran en el presente capítulo se utilizó el método de repetibilidad con un número de 15 muestras de medición, tomando como referencia la cantidad de muestras usada en el trabajo de investigación efectuado por el autor citado (Portuondo y Portuondo, 2010, pp. 118-120).

Posterior se calculó el coeficiente de variación CV que indica la eficacia y estabilidad de los datos de medición, se calcula por medio de la desviación estándar dividido entre el valor de la media aritmética de los datos tomados, dicha respuesta se multiplica por el 100% para tener así una representación porcentual de la dispersión de los datos. Dentro del análisis de resultados el CV toma valores comprendidos en un intervalo entre 0 y 1, de modo que al tener una desviación próxima a 0(0%) indica que existe una baja dispersión de datos, mientras que si el valor del CV se aproxima a 1 (100%) indica que se tiene una alta desviación de los datos, lo que conlleva a una poca fiabilidad de medición (Requena, 2016).

4.1. Caracterización del módulo de adquisición de datos

En el siguiente apartado se presentan los resultados de las pruebas de validación realizadas a los elementos que intervienen en la etapa de adquisición de datos, con el objetivo de determinar el error absoluto, error relativo y fiabilidad de cada elemento posterior a realizar un análisis de repetibilidad.

4.1.1. Pruebas de repetibilidad del sensor biométrico Dealpeak R503.

La finalidad de esta prueba es determinar la eficiencia y confiabilidad en la toma de datos del sensor biométrico Dealpeak R503 y su posterior almacenamiento en la base de datos de Firebase Realtime Database, por medio del cálculo del coeficiente de variación (CV) y el estudio de repetibilidad.

Para el desarrollo de la prueba se inició con el registro y toma de la huella dactilar del usuario por medio del sensor biométrico, tomando en cuenta que a cada registro le corresponde un único usuario, estableciendo como respuesta valedera un '1' si el registro fue satisfactorio caso contrario la respuesta se representa como '0'. En la tabla 1-4 se presenta los resultados de la prueba de repetibilidad realizada para el registro de 15 usuarios.

Tabla 1-4: Repetibilidad de registro de usuarios por medio del sensor biométrico.

Número de usuario	Parámetros			
	Fecha/Hora	Nombre Usuario	UID Usuario (Firebase)	Registro en tiempo real
1	24/01/2023 10:29:20	Israel Cedeño	vyb8BqXFpBWRVOAvqliwmAD37Sy2	1
2	24/01/2023 10:31:20	Geovanny Zavala	Y9OQvAwH84h6vDs5Jv1OSeHrRgz2	1
3	24/01/2023 10:35:20	Carmen Reino	IN3INLBHmuaMLGLKctKtP4W6um32	1
4	24/01/2023 10:40:20	Marcos Quinatoa	rPjTBltbMyXgW39t5e1Pt8a4nkr2	1

5	24/01/2023 10:45:20	Carlos Rojas	xEtXmEPrMVRGez5GjwftMSCcWot2	1
6	25/01/2023 10:30:20	Milton Camacho	xNyCmOOWP8PUvk3yFzRjDHOfmLt1	1
7	25/01/2023 10:35:20	Marlon Ramírez	GPece3Qg7uZrtenZn0bXfnpPyxW2	1
8	25/01/2023 10:40:20	Bryan Iza	jQxs6nSk0NX8x56mnDlh8F01dwC2	1
9	25/01/2023 10:15:20	Fabricio Ortiz	i83FHhAfHvMmxPR09BLhx9uHBeN2	1
10	25/01/2023 10:20:20	Jessica Moyón	IEa28fsv8JO46wqlY8LmXsQu5SP2	1
11	26/01/2023 11:00:20	Sebastián Quito	SBpX5JJkbvZF7SYZzQltpOkAr9q2	1
12	26/01/2023 11:10:20	Juan Villacis	sUSOxXqvuRhXPjqNvptOh7usAlB3	1
13	26/01/2023 11:15:20	Andrés Pilco	TW85sqsPFVaP2kKp8p9zZaojeBw2	1
14	26/01/2023 11:20:20	María Lara	1PET3DXG2bVfOf19mwScbXVav1G3	1
15	26/01/2023 11:25:20	José Pino	LxvM0a8MV0eUFP6AdCA0i5EtIOo1	1
Media				1
Desviación estándar (σ)				0
Coefficiente de Variación (CV)				0%

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

Según las características comparativas presentadas en la tabla 1-4 se obtuvo un coeficiente de variación $CV=0\%$ lo que indica que no existen datos dispersos, conllevando a una eficiente toma de datos por parte del sensor biométrico Dealpeak R503, así como un el adecuado registro en la base de datos cuya autenticación se muestra en la figura 1-4.

Identificador	Proveedores	Fecha de creación	Fecha de acceso	UID de usuario
carlos1904rojas@gmail.co...	✉	31 ene 2023	31 ene 2023	xEtXmEPrMVRGez5GjwftMSCcWo...
carmen.liliana.reino.cuji@g...	✉	27 ene 2023	27 ene 2023	VVBKDY1RHaYjoDBHtm3RLQNNL...
carmen.reino@esPOCH.edu...	✉	30 ene 2023	30 ene 2023	IN3INLBHmuaMLGLKctk1P4W6o...
fabyortizff@gmail.com	✉	31 ene 2023	31 ene 2023	i83FHhAfHvMmxPR09BLhx9uHBe...
frar1998nrm1bp@gmail.com	✉	1 feb 2023	1 feb 2023	JIAW71LgnPQc37UZke5MT1TndT...
geovs1609@hotmail.com	✉	25 ene 2023	1 feb 2023	Y9OQvAwH84h6vDs5Jv10SeHrRg...
israelcd123@gmail.com	✉	16 ene 2023	31 ene 2023	vyb8BqXFpBWRV0AvqIwmAD37S...
jeshicernoyonjdi@gmail.co...	✉	30 ene 2023	30 ene 2023	IEa28fsv8JO46wqlY8LmXsQu5SP2

Figura 1-4: Registro de usuarios almacenados en la base de datos de Firebase.

4.1.2. Prueba de validación de sensor infrarrojo E18-d50nk.

La presente prueba está enfocada en determinar la calidad y fiabilidad de medición, para ello se consideró según el datasheet del sensor (ver Anexo F) el valor mínimo de distancia de activación y con ayuda del flexómetro como equipo patrón se tomaron las muestras de distancia a la que el sensor se dispara. En la tabla 2-4 se describen los resultados obtenidos de las pruebas realizadas al sensor infrarrojo E18-D50NK correspondiente a cada estación.

Tabla 2-4: Validación del sensor infrarrojo de proximidad E18-D50NK.

Número de Muestra	Estación No. 1				Estación No. 2			
	Valor calibrado al sensor [cm]	Valor medido con flexómetro [cm]	Error Absoluto	Error Relativo [%]	Valor calibrado al sensor [cm]	Valor medido con flexómetro [cm]	Error Absoluto	Error Relativo [%]
1	10	10.01	-0.01	0.10	10	10.03	-0.03	0.30
2	10	10.04	-0.04	0.40	10	10.1	-0.1	0.99
3	10	10.05	-0.05	0.50	10	9.98	0.02	0.20
4	10	10.01	-0.01	0.10	10	10.03	-0.03	0.30
5	10	10.02	-0.02	0.20	10	10.02	-0.02	0.20
6	10	10	0	0.00	10	10.23	-0.23	2.25
7	10	10	0	0.00	10	10.02	-0.02	0.20
8	10	10.03	-0.03	0.30	10	9.98	0.02	0.20
9	10	10.1	-0.1	0.99	10	10.03	-0.03	0.30
10	10	9.98	0.02	0.20	10	10.02	-0.02	0.20
11	10	10.03	-0.03	0.30	10	10	0	0.00
12	10	10.02	-0.02	0.20	10	9.99	0.01	0.10
13	10	10.05	-0.05	0.50	10	10.03	-0.03	0.30
14	10	10.02	-0.02	0.20	10	10.01	-0.01	0.10
15	10	10	0	0.00	10	10.04	-0.04	0.40
16	10	10	0	0.00	10	10.05	-0.05	0.50
17	10	9.99	0.01	0.10	10	10.01	-0.01	0.10
18	10	10.03	-0.03	0.30	10	9.99	0.01	0.10
19	10	9.98	0.02	0.20	10	10.03	-0.03	0.30
20	10	10.04	-0.04	0.40	10	9.98	0.02	0.20
21	10	10.02	-0.02	0.20	10	10.01	-0.01	0.10
22	10	10.02	-0.02	0.20	10	10.02	-0.02	0.20
23	10	10.04	-0.04	0.40	10	10.02	-0.02	0.20
24	10	10	0	0.00	10	10	0	0.00
25	10	10.01	-0.01	0.10	10	10	0	0.00

26	10	9.98	0.02	0.20	10	9.98	0.02	0.20
27	10	9.99	0.01	0.10	10	9.99	0.01	0.10
28	10	10.01	-0.01	0.10	10	10.03	-0.03	0.30
29	10	10	0	0.00	10	9.98	0.02	0.20
30	10	10.02	-0.02	0.20	10	9.99	0.01	0.10

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

Como se evidencia en la tabla 2-4 el error relativo máximo es 0.99% y según el análisis expuesto anteriormente, al encontrar un error relativo en el intervalo de $Er < 1\%$ indica que el sensor de proximidad ubicado en cada estación del cicloparqueadero inteligente posee una fiabilidad de medición relativamente ‘buena’.

4.1.3. Prueba de registro y validación de información del usuario.

El objetivo de la presente prueba fue comprobar la seguridad de la transmisión de información de los usuarios entre el aplicativo móvil y la base de datos Firebase, con la finalidad de validar el almacenamiento e integridad de datos para el control de acceso al prototipo electrónico de seguridad biométrico.

En el capítulo anterior se detalló las características de desarrollo de la aplicación móvil, cuyo objetivo es facilitar al usuario el registro y almacenamiento de credenciales en la base de datos, para el proceso de validación el proceso inicia seleccionando la opción de ‘Regístrate’ en la pantalla de inicio de la aplicación móvil, posterior se pedirá llenar los campos de registro como se observa en la figura 2-4.

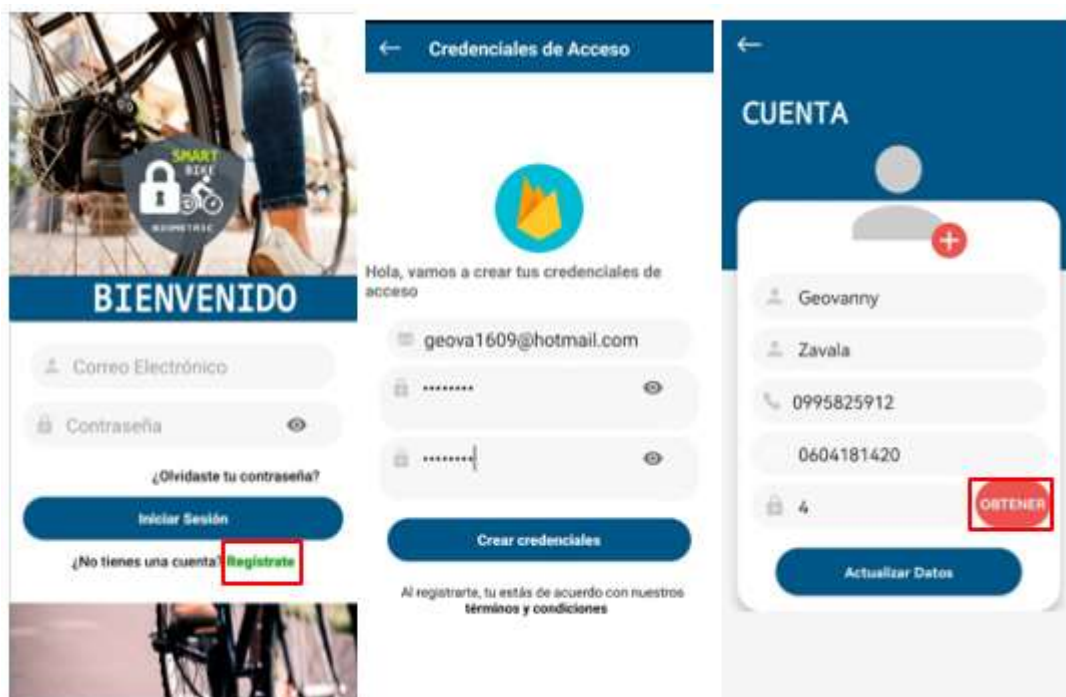


Figura 2-4: Interfaz de registro en el aplicativo móvil.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

Entre los campos solicitados se encuentra el registro de la huella dactilar, para su registro el usuario debe seleccionar la opción 'OBTENER', posteriormente el sistema solicita al usuario colocar su dedo sobre el sensor dactilar ubicado en la estación central del cicloparqueadero como se observa en la figura 3-4, para finalmente confirmar y dar por terminado el registro de usuario.



Figura 3-4: Lectura de huella dactilar para registro de usuario.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

Con el registro de usuario, la información se almacena exitosamente en la base de datos, para comprobar la integridad y almacenamiento de datos se abrió la consola de Firebase de Google en la ruta de registro de usuario, en la figura 4-4 se muestra el nodo JSON con los datos almacenados producto del registro.



Figura 4-4: Almacenamiento de información en la Firebase Realtime Database.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

Dentro del entorno de Firebase se encuentra una herramienta que permite cuantificar la cantidad de registros detectados en tiempo real, en la figura 5-4 se muestra el número de usuarios registrados

continuamente con intervalos de tiempo de 24 horas, donde se evidencia que los registros por día alcanzaron un máximo de seis usuarios continuos y un valor mínimo de tres registros, los mismos que fueron cuantificados durante las pruebas realizadas.

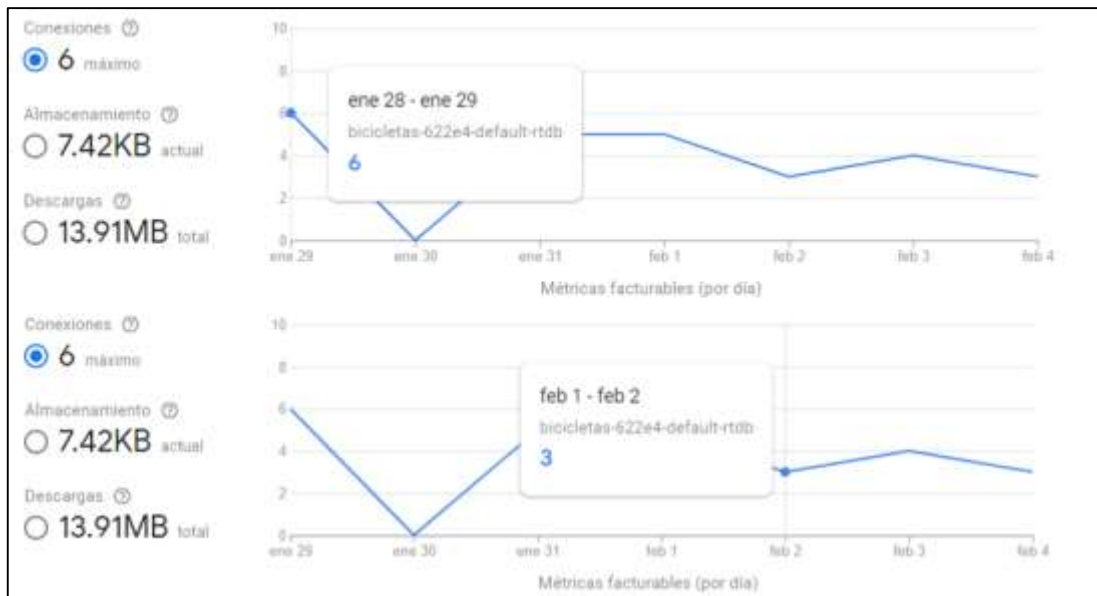


Figura 5-4: Graficas de registros continuos en Firebase Realtime Database.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

Tras explicar el registro y la cantidad de usuarios conectados en tiempo real se valida la integridad y almacenamiento de los datos ingresados en la aplicación móvil y su cotejamiento con los identificadores almacenados en la Firebase Realtime Database.

4.2. Caracterización del módulo de control y procesamiento

En la siguiente sección se presentan las pruebas efectuadas al módulo de control y procesamiento a fin de validar la fiabilidad y respuesta de comunicación del prototipo.

4.2.1. Prueba de comunicación y transmisión de datos.

Para determinar el envío y transmisión de información entre el módulo de adquisición de datos y el módulo de control se realizó una prueba de repetibilidad donde se activó y desactivó los sensores para posterior visualizar la activación de variables en la pantalla del monitor serial de Arduino, el envío al entorno de Python y la verificación de la variable enviada hacia la base de datos de Firebase de Google, en la tabla 3-4 se muestran los resultados de los datos transmitidos.

Tabla 3-4: Prueba de transmisión de datos.

Número de Muestra	Estación No. 1		Estación No. 2	
	Dato del Monitor Serial Arduino a Python.	Dato en Firebase Database Realtime	Dato del Monitor Serial Arduino a Python.	Dato en Firebase Database Realtime
1	dispositivo1	estado: 'LIBRE'	dispositivo2	estado: 'LIBRE'
2	dispositivo1	estado: 'OCUPADO'	dispositivo2	estado: 'OCUPADO'
3	cerradura1	cerradura: 'OFF'	cerradura2	cerradura: 'OFF'
4	cerradura1	cerradura: 'ON'	cerradura2	cerradura: 'ON'
5	disponible1	DISPONIBLE1: 'OFF'	disponible2	DISPONIBLE2: 'OFF'
6	disponible1	DISPONIBLE1: 'ON'	disponible2	DISPONIBLE2: 'ON'
7	estacion1	usuario:'0'	estacion2	usuario:'0'
8	estacion1	usuario:'1'	estacion2	usuario:'1'
9	corte1	corte: 'OFF'	corte2	corte: 'OFF'
10	corte1	corte: 'ON'	corte2	corte: 'ON'
11	presencia1	presencia1: 'OFF'	presencia2	presencia2: 'OFF'
12	presencia1	presencia1: 'ON'	presencia2	presencia2: 'ON'
13	vibracion1	vibracion1: 'OFF'	vibracion2	vibracion2: 'OFF'
14	vibracion1	vibracion1: 'ON'	vibracion2	vibracion2: 'ON'
15	f_listo1	listo: 'OFF'	f_listo2	listo: 'OFF'
16	f_listo1	listo: 'ON'	f_listo2	listo: 'ON'
17	dispositivo1	estado: 'LIBRE'	dispositivo2	estado: 'LIBRE'
18	dispositivo1	estado: 'OCUPADO'	dispositivo2	estado: 'OCUPADO'
19	cerradura1	cerradura: 'OFF'	cerradura2	cerradura: 'OFF'
20	cerradura1	cerradura: 'ON'	cerradura2	cerradura: 'ON'
21	disponible1	DISPONIBLE1: 'OFF'	disponible2	DISPONIBLE2: 'OFF'
22	disponible1	DISPONIBLE1: 'ON'	disponible2	DISPONIBLE2: 'ON'
23	estacion1	usuario:'0'	estacion2	usuario:'0'
24	estacion1	usuario:'1'	estacion2	usuario:'1'
25	corte1	corte: 'OFF'	corte2	corte: 'OFF'
26	corte1	corte: 'ON'	corte2	corte: 'ON'
27	presencia1	presencia1: 'OFF'	presencia2	presencia2: 'OFF'
28	presencia1	presencia1: 'ON'	presencia2	presencia2: 'ON'
29	vibracion1	vibracion1: 'OFF'	vibracion2	vibracion2: 'OFF'
30	vibracion1	vibracion1: 'ON'	vibracion2	vibracion2: 'ON'

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

De la tabla 3-4 se evidencia la transmisión de información desde el módulo de adquisición de datos hacia el módulo de control y procesamiento, comprobando que al forzar un sensor éste enviaba la respectiva señal a la tarjeta de procesamiento auxiliar, posterior se utiliza el entorno de desarrollo de

Python para la comunicación IoT, donde se finaliza el ciclo de transmisión actualizando el estado de las variables en la base de datos Firebase, en la figura 6-4 se muestra la ventana de comandos de Raspberry para la transmisión de datos hacia la base de datos Firebase, donde se identifica el dato proveniente del monitor serial de Arduino y la ruta hacia la base de datos.

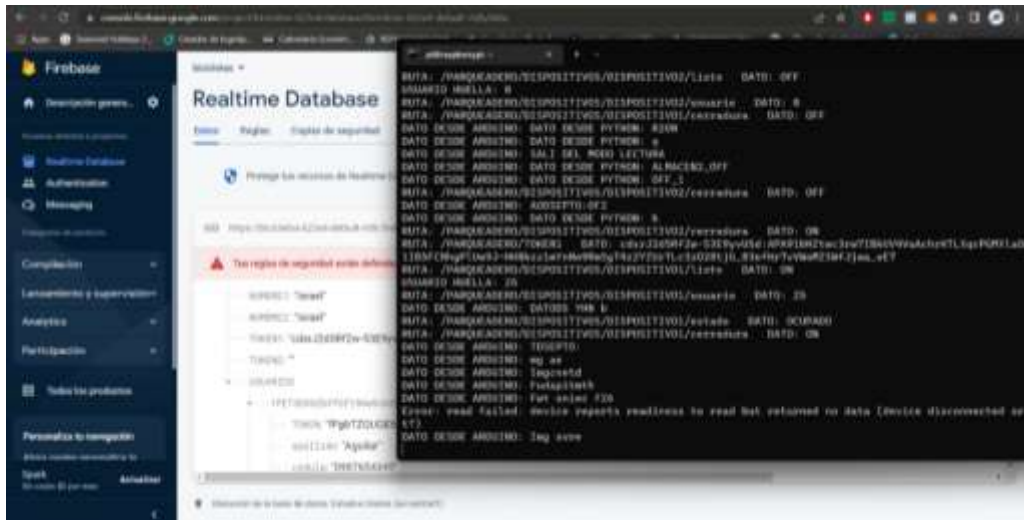


Figura 6-4: Ventana de comandos Raspberry para la transmisión de datos.

Realizado por: Cedeño Jhonatan, Zavala William, 2023.

Para la estimación de almacenamiento, el entorno de Firebase proporciona una herramienta que permite medir la cantidad de datos almacenados en tiempo real, para la respectiva prueba se obtuvieron los datos generados para una proyección semanal cuya grafica se muestra en la figura 7-4.

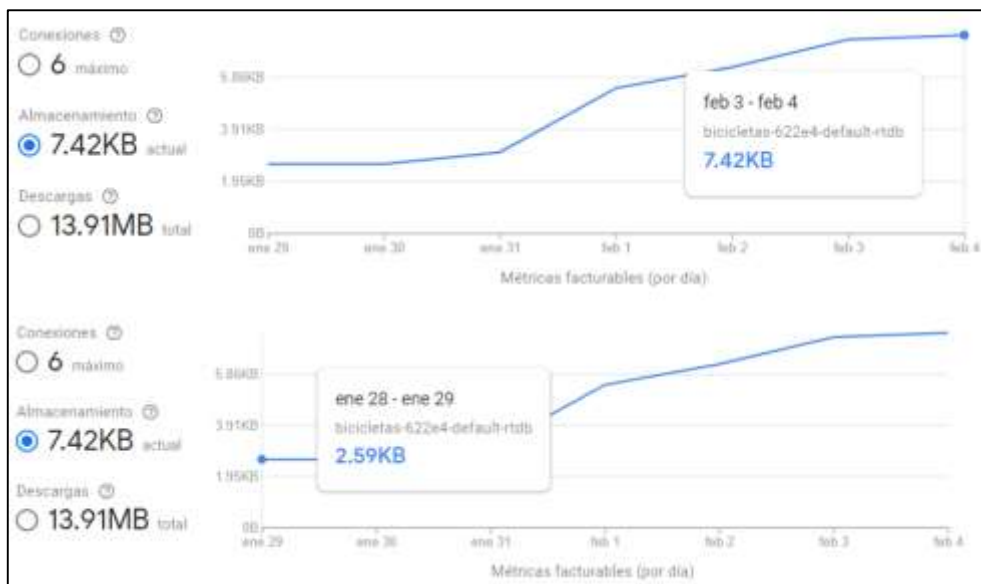


Figura 7-4: Graficas de almacenamiento en Firebase Realtime Database.

Realizado por: Cedeño Jhonatan, Zavala William, 2023.

Como se evidencia en la figura 7-4, la cantidad de espacio requerido en la base de datos para el registro de usuarios es de 7.42 KB dando un promedio diario de 3.71 KB de almacenamiento por estación, si proyecta de manera mensual por cada registro de usuario se requiere un espacio de almacenamiento de 111.3 Kb, considerando que el límite de almacenamiento para una cuenta gratuita en Firebase es de 1GB, se determina que el espacio de almacenamiento proporcionado permite una escalabilidad del sistema.

4.2.2. Prueba de repetibilidad de apertura de la cerradura electromagnética.

La cerradura electromagnética se abrirá una vez que el usuario registrado desde el aplicativo móvil seleccione un estacionamiento disponible y coloque la huella dactilar, por ello para verificar el correcto funcionamiento se realizó la prueba donde se verificó si la cerradura se acciona, asignando un valor de '1' si la misma responde favorablemente y un valor de '0' si la cerradura no se acciona, además se verifica el número de intento al que se apertura la cerradura. En la tabla 4 -4 se describen los resultados obtenidos de las pruebas realizadas a cada estación recalando que se realizaron con los mismos usuarios para los dos estacionamientos.

Tabla 4-4: Respuesta prueba de repetibilidad de apertura de la cerradura

Número de muestra	UID Usuario Firebase	Estación 1		Estación 2	
		Activación Seguro	Número de intento	Número de intento	Activación
1	vyb8BqXFpBWRVOAvqliwmAD37Sy2	1	1	1	1
2	Y9OQvAwH84h6vDs5Jv1OSeHrRgz2	1	1	1	1
3	IN3INLBHmuaMLGLKctKtP4W6um32	1	1	1	1
4	rPjTBltbMyXgW39t5e1Pt8a4nkr2	1	1	1	1
5	xEtXmEPrMVRGez5GjwftMSCcWot2	1	1	1	1
6	xNyCmOOWP8PUvk3yFzRjDHOfmLt1	1	1	1	1
7	GPece3Qg7uZrtenZn0bXfnpPyxW2	1	1	1	1
8	jQxs6nSk0NX8x56mnDlh8F01dwC2	1	1	1	1
9	i83FHhAfHvMmxPR09BLhx9uHBeN2	1	1	1	1
10	IEa28fsv8JO46wqlY8LmXsQu5SP2	1	1	1	1
11	SBpX5JJkbvZF7SYZzQltpOkAr9q2	0	2	1	1
12	sUSOxXqvuRhXPjqNvptOh7usAlB3	1	1	1	1
13	TW85sqPFVaP2kKp8p9zZaojeBw2	1	1	1	1
14	1PET3DXG2bVfOf19mwScbXVav1G3	1	1	1	1
15	LxvM0a8MV0eUFP6AdCA0i5EtIOo1	1	1	1	1
Media		0,93	Media		1,00
Desviación Estándar (σ)		0,26	Desviación Estándar (σ)		0,00

Coefficiente de Variación	26%	Coefficiente de Variación	0%
----------------------------------	-----	----------------------------------	----

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

En la tabla 4-4 se muestran los resultados obtenidos al realizar la prueba de apertura de las cerraduras, se obtuvo un coeficiente de variación del 26% para la estación uno y del 0% para la estación dos. Lo que, según definición de autores se tiene muestras compactas, puesto que al no superar el 30% y ser próximos al 0% significa que se produce poca variabilidad de datos, teniendo así valores estables. Producto a ello se dice que la apertura de las cerraduras del prototipo es fiable y de calidad.

4.2.3. Prueba de activación de seguros y emisión de alertas.

En la siguiente sección se presentan las pruebas efectuadas a los seguros instalados, Para ello se divide en tres secciones donde se someterá a diferentes perturbaciones de movimiento, presencia y corte. Verificando la respuesta del sistema ante ellas.

4.2.3.1. Prueba de repetibilidad para la detección de movimientos forzosos

Como se indicó en el capítulo anterior el prototipo cuenta con un sensor de vibración RK600S, para verificar su funcionalidad se realizó la prueba de repetibilidad. Para la realización de la prueba se tuvo a varios usuarios ya ingresados en el sistema y ocupando un espacio en el estacionamiento. Se forzó, mediante golpes a la infraestructura del prototipo y movimientos con la bicicleta anclada, a la activación de las alertas sonoras y envió de notificación hacia la aplicación del usuario que estaba haciendo uso del prototipo. En la tabla 5-4 se muestra los resultados obtenidos asignando un valor de '1' si responde favorablemente y un valor de '0' en el caso contrario.

Tabla 5-4: Respuesta prueba de repetibilidad movimientos forzosos.

Número de muestra	Estación 1			Estación 2		
	Detección Perturbación	Alerta Sonora	Envío Notificación	Detección Perturbación	Alerta Sonora	Envío Notificación
1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1

10	1	1	1	0	0	0
11	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1	1
Media	1,00	1,00	1,00	0,93	0,93	0,93
Desviación Estándar(σ)	0,00	0,00	0,00	0,06	0,06	0,06
Coefficiente Variación	0%	0%	0%	6%	6%	6%

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

En la tabla 5-4 se muestran los resultados obtenidos al someter el prototipo a movimientos forzados, se obtiene un coeficiente de variación del 0% para la estación uno y del 6% para la estación dos. Lo que, según definición de autores se tiene muestras compactas, puesto que al no superar el 30% y ser próximos al 0% significa que se produce poca variabilidad de datos, teniendo así valores estables. Producto de ello se dice que la respuesta del sistema ante movimientos forzados es fiable y de calidad.

4.2.3.2. Prueba de repetibilidad para la detección de presencia de bicicletas

Como se indicó en el capítulo anterior el prototipo cuenta con un sensor infrarrojo E18-D50NK, con el sensor una vez validado, se verificó su funcionalidad en el prototipo mediante prueba de repetibilidad. Para la realización de la prueba se tuvo a varios usuarios ya ingresados en el sistema y ocupando un espacio en el estacionamiento. Se forzó, con la bicicleta anclada, pero sin asegurar a retirarla del espacio en varias ocasiones, exigiendo de esta manera la activación de las alertas sonoras y envió de notificación hacia la aplicación del usuario que estaba haciendo uso del prototipo. En la tabla 6-4 se muestra los resultados obtenidos asignando un valor de '1' si responde favorablemente y un valor de '0' en el caso contrario.

Tabla 6-4: Respuesta prueba de repetibilidad ante perturbaciones de presencia.

Número de muestra	Estación 1			Estación 2		
	Detección Perturbación	Alerta Sonora	Envío Notificación	Detección Perturbación	Alerta Sonora	Envío Notificación
1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1

6	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	0	0	0
11	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1	1
Media	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Desviación Estándar(σ)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coefficiente Variación	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

En la tabla 6-4 se muestran los resultados obtenidos al someter el prototipo a perturbaciones de presencia, se obtiene un coeficiente de variación del 0% para ambas estaciones. Lo que, según definición de autores se tiene muestras compactas, puesto que tener un valor de 0% significa que no se produce nada de variabilidad de datos, teniendo así valores estables. Uno de los requerimientos más importantes para la activación de seguros es que primero se detecte la presencia de la bicicleta, en esta prueba se comprobó, que, al responder el sistema no existió ningún tipo de variación y se verifico que se cumple con dicha condición y que la respuesta del sistema ante perturbaciones de presencia es fiable y de calidad.

4.2.3.3. Prueba de repetibilidad para la detección de corte del seguro o cadena

Como se indicó en el capítulo anterior uno de los requerimientos, es contar con un mecanismo de detección de corte del seguro. Para verificar su funcionalidad se realizó la prueba de repetibilidad. Para la realización de la prueba se tuvo a varios usuarios ya ingresados en el sistema y ocupando un espacio en el estacionamiento, se cortó la cadena con la bicicleta anclada, forzando de esta manera la activación de las alertas sonoras y envió de notificación hacia la aplicación del usuario que estaba haciendo uso del prototipo. En la tabla 7-4 se muestra los resultados obtenidos asignando un valor de '1' si responde favorablemente y un valor de '0' en el caso contrario.

Tabla 7-4: Respuesta prueba de repetibilidad ante perturbaciones de corte de cadena.

Número de muestra	Estación 1			Estación 2		
	Detección Perturbación	Alerta Sonora	Envió Notificación	Detección Perturbación	Alerta Sonora	Envió Notificación
1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	0	0	0
11	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1	1
Media	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Desviación Estándar(σ)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coefficiente Variación	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

En la tabla 7-4 se muestran los resultados obtenidos al someter el prototipo a perturbaciones de presencia, se obtiene un coeficiente de variación del 0% para ambas estaciones. Lo que, según definición de autores se tiene muestras compactas, puesto que tener un valor de 0% significa que no se produce nada de variabilidad de datos, teniendo así valores estables. Por ello se dice que la respuesta del sistema ante el corte de cadena es fiable y de calidad.

En base a las pruebas realizadas se pudo evidenciar el correcto funcionamiento de todos los seguros, además, se verificó la emisión de alertas sonoras y notificaciones que como se presentó en las tablas 5-4, 6-4 y 7-4 en todos los casos se activaron. En la figura 8-4 se puede visualizar las notificaciones en el aplicativo móvil de uno de los usuarios sometidos a las pruebas. Es importante recordar que todos los sensores utilizados son calibrables, es decir, se puede regular su rango de operación o sensibilidad. Como se evidenció en las pruebas realizadas el prototipo es fiable y de calidad en sus tres tipos de alertas, movimiento, presencia y corte.



Figura 8-4: Notificaciones de alerta en el aplicativo móvil.

Fuente: Smart Bike aplicativo móvil.

Como se observa en la figura 8-4, el prototipo funciona correctamente al momento de emitir notificaciones hacia la aplicación tanto para el estacionamiento uno como para el dos. Además, la alerta sonora audible o buzzer emite un sonido lo suficientemente fuerte como para alertar cuando los sensores detectan actividades sospechosas.

4.2.4. Prueba de monitoreo remoto desde el aplicativo móvil.

El monitoreo en tiempo real constituye un requerimiento del prototipo, por ello para verificar su cumplimiento se realizó la prueba desde el aplicativo móvil con usuarios registrados. Se logró demostrar que efectivamente desde el aplicativo móvil se pudo monitorear los estacionamientos, considerando que la calidad y fluides del video depende de la velocidad del internet. Debido a la latencia de la red se tiene un retraso de la transmisión de video en tiempo real de 4 segundos. En la figura 9-4 se muestra la interfaz desde el aplicativo móvil en donde se evidencio la transmisión de video en tiempo real.



Figura 9-4: Monitoreo en tiempo real desde el aplicativo móvil.

Fuente: Smart Bike aplicativo móvil.

Como se observa en la figura 9-4, se pudo monitorear los estacionamientos en tiempo real desde el aplicativo móvil, se tuvo una buena calidad de imagen en la transmisión de video y además se identificó con el sistema cuantas personas están cercanos a los estacionamientos.

4.3. Prueba de consumo energético del PESB.

En esta sección se presentan los resultados de las pruebas realizadas cuyo objetivo fue determinar el consumo energético real del prototipo electrónico de seguridad biométrico en un estado de operatividad activo e inactivo, así como la estimación de descarga de la batería.

4.3.1. Consumo energético del PESB en estado activo.

Para la lectura del consumo energético se accionó los relés de activación de la cerradura electromagnética y se activó la alarma audible o buzzer a fin de cuantificar el consumo real en estado activo. Con ayuda de una pinza amperimétrica para la medición, se ubicó el cable de la fase correspondiente a cada módulo y se introdujo en la pinza para leer el consumo de corriente en amperios, en la tabla 8-4 se muestra el consumo energético del prototipo en estado activo.

Tabla 8-4: Consumo energético del prototipo en estado activo.

Módulo	Consumo de Corriente (mA)
Adquisición de datos	95
Control y procesamiento	1350
Consumo Total	1445

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

4.3.2. Consumo energético del PESB en estado inactivo.

Para el consumo energético en estado inactivo se procedió en primera instancia a desconectar los actuadores tales como relés de activación de las cerraduras electromagnéticas y la alarma buzzer, para posterior medir con la pinza amperimétrica el consumo de corriente en estado de inactividad del PESB, en la tabla 9-4 se muestra el consumo energético del prototipo en estado de inactividad.

Tabla 9-4: Consumo energético del prototipo en estado inactivo.

Módulo	Consumo de Corriente (mA)
Adquisición de datos	20
Control y procesamiento	315
Consumo Total	325

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

Como se evidencia el consumo energético en estado activo fue de 1445 mA mientras que para un estado de inactividad el sistema consumió aproximadamente 325 mA, lo que conlleva a un valor porcentual del 50.43% y un valor del 11.34% del total de consumo energético calculado de forma analítica en el capítulo anterior.

4.3.3. Estimación de descarga de la batería.

El objetivo de la prueba fue determinar el tiempo de descarga de la batería, para ello se utilizó la ecuación 1-3 mostrada en la sección 3.3.3.2., donde se dividió el valor de la corriente de la batería ($I_{\text{Bateria}}=7000\text{mAh}$) entre el consumo total de corriente para cada estado de operatividad según sea el caso, dando como resultado un tiempo de descarga de 4.84 horas en estado activo y un tiempo de duración estimado de 21.53 horas en estado inactivo, dichos valores concuerdan con la figura 10-4 donde se muestra la curva de descarga de la batería FAMMA utilizada en el prototipo electrónico de seguridad biométrico.

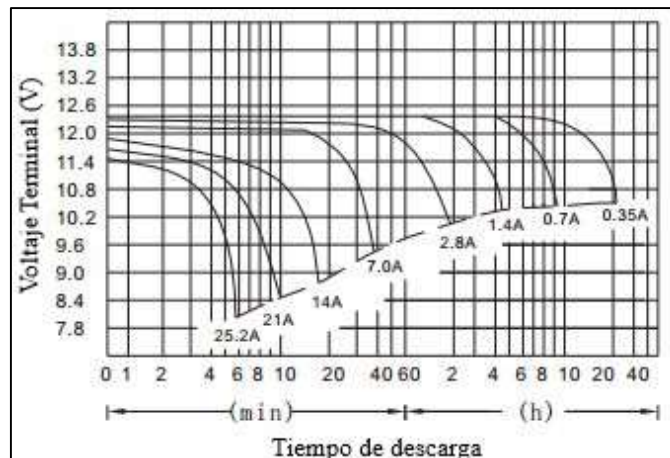


Figura 10-4: Curva de descarga batería recargable FAMMA 12V a 7Ah.

Fuente: Power Place, 2018.

Como se evidencia la descarga de la batería en un estado de actividad constante alcanza una duración aproximada de cinco horas, dicho tiempo se aproxima a los cálculos realizados de forma analítica en el capítulo 3 sección 3.3.3.2., donde se comprueba la estimación de descarga de la batería del sistema tanto de forma práctica como teórica.

4.4. Funcionamiento y eficiencia del prototipo.

Como se analizó anteriormente previo a la instalación del prototipo electrónico de seguridad biométrico utilizando tecnología IoT, se adecuaron los módulos de control y procesamiento en la estación central, mientras que los sensores pertenecientes al módulo de adquisición de datos se derivaron hacia las dos estaciones de cicloparqueadero, como siguiente paso se procedió con la instalación del PESB dentro de las instalaciones de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo específicamente en las afueras del laboratorio de robótica de la carrera de Electrónica y Automatización, en la figura 11-4 se muestran las evidencias respectivas de la instalación del Trabajo de Integración Curricular.





Figura 11-4: Implementación del PESB dentro de las instalaciones de la ESPOCH.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

Posterior al proceso de instalación de las tres estaciones del cicloparqueadero; una central y dos de anclaje, se procedió con las respectivas pruebas de validación del prototipo cuyos resultados fueron expuestos anteriormente, a continuación, se explica el proceso para el uso del cicloparqueadero inteligente.

En primera instancia encontrándose el PESB instalado en su totalidad el usuario debía descargarse el aplicativo móvil cuyo enlace de descarga se encuentra etiquetado en cada estación de parqueadero como código QR, al iniciar la aplicación se activa inmediatamente un asistente de voz el mismo que guía al usuario en todo momento, tanto en el proceso de registro como en el uso del cicloparqueadero inteligente.

Para el registro, el usuario debe ingresar sus datos personales y de contacto, posterior para registrar y validar su huella dactilar se le indica que debe colocar su huella dactilar sobre el sensor biométrico ubicado en la estación central. Una vez almacenada la huella dactilar se finaliza el registro y el usuario ya puede dar uso de una de las dos estaciones de cicloparqueadero instaladas.

Para la reserva de un espacio del parqueadero, el usuario debe seleccionar cualquier estación disponible, posterior se le indica que debe colocar su huella sobre el sensor biométrico para reservar el espacio, después el usuario debe insertar su bicicleta en el espacio asignado según el número de estación 1 o 2 y colocar la cadena en el seguro de la cerradura electromagnética.

Una vez anclada la bicicleta en la estación el usuario debe colocar su huella sobre el sensor biométrico para activar los seguros correspondientes, para corroborar dicha acción los indicadores led ubicados en cada estación cambian su color según sea el caso. La luz verde indica que el estacionamiento se encuentra disponible, mientras que la luz roja indica que el estacionamiento está ocupado por una bicicleta anclada en el sitio.

Para el control de acceso, el usuario que hace uso del cicloparqueadero es el único capaz de desactivar los sistemas de seguridad por medio de su huella dactilar, de modo que cuando el usuario registrado desee retirar su bicicleta del parqueadero únicamente debe colocar su huella dactilar donde posteriormente se desactivan los seguros y se notifica por medio del asistente de voz el retiro exitoso de su medio de transporte, en la figura 12-4 se muestran evidencias fotográficas del uso del prototipo electrónico de seguridad biométrico con tecnología IoT por parte de estudiantes de la carrera de Electrónica y Automatización.





Figura 12-4: Uso del prototipo electrónico de seguridad biométrico PESB.

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

Finalmente, una vez realizadas las pruebas a los diferentes módulos del prototipo electrónico de seguridad biométrico con tecnología IoT, donde se obtuvo resultados favorables, se procedió con la validación del prototipo por parte de miembros pertenecientes a colectivos de ciclismo quienes dieron constancia del correcto funcionamiento del Trabajo de Integración Curricular implementado, en el Anexo I se adjunta los certificados de validación del prototipo emitidos por los colectivos SAMBOROHONDON BIKE y MOUNTAIN BIKE respectivamente.

4.5. Análisis económico del prototipo.

En la siguiente sección se presenta un análisis del costo total equivalente para la construcción del prototipo electrónico de seguridad biométrico con tecnología IoT, para ello en la tabla 10-4 se detallan los costos unitarios de cada elemento, así como la cantidad requerida para su implementación.

Tabla 10-4: Análisis económico para la construcción del prototipo.

Elemento	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
Tarjeta Raspberry Pi4 Model B	1	88,00	88,00
Arduino Nano	1	11,60	11,60
Lector de huella dactilar Dealpeak R503	1	27,00	27,00
Sensor de vibración RK600S	2	8,00	16,00
Cámara de seguridad ELP CCTV USB	1	40,00	40,00
Cerradura electromagnética DC 12V SONEW	2	9,50	19,00
Módulo relé 5V 2 canales	1	3,50	3,5
Buzzer SFM-27	1	1,75	1,75
Sensor infrarrojo E18-D50NK	2	6,50	13,00
Fuente de alimentación Yuhan 12V DC	1	26,50	26,50

Batería Famma 12V	1	15,00	15,00
Regulador de voltaje MP1584	1	1,75	1,75
Luz piloto verde 22mm	1	2,00	2,00
Indicador de tipo Tira LED RGB	1	5,25	5,25
Acrílico protector	1	10,00	10,00
Estructura metálica (cicloparqueadero)	1	200,00	200,00
Elementos varios	-	-	40
TOTAL			520,35

Realizado por: Cedeño Jhonnatan, Zavala William, 2023.

En base a la tabla 10-4 el costo total para la construcción del PESB con tecnología IoT es de \$520.35, considerando que para el presente TIC se adecuó y construyó el sistema para dos estaciones de bicicletas, además a dicho valor se debe añadir un porcentaje equivalente al 20% del valor total, dicho valor hace referencia al costo de producción y tiempo de desarrollo software de los módulos de control, creación del aplicativo móvil, el desarrollo de la base de datos y la comunicación IoT. Al analizar de forma individual la implementación de un módulo de estacionamiento para una posible escalabilidad del sistema, el costo promedio de instalación rodea los \$163.25, dicho valor se puede reducir dependiendo del diseño estructural y tipo de material ocupado. En función al análisis de costos, la escalabilidad del sistema resulta factible debido a que, si se desea expandir el número de estacionamientos se debe añadir únicamente los estacionamientos, puesto que el módulo de adquisición de datos es centralizado y adaptable dependiendo permanentemente del número de estacionamientos que se desee incorporar.

CONCLUSIONES

- Se desarrollo una revisión bibliográfica del estado del arte del funcionamiento de los dispositivos electrónicos desarrollados para la seguridad de bicicletas en los cicloparqueaderos, esta investigación teórica previa permitió comprender las particularidades del problema presentado, analizar los mecanismos de solución utilizando medios técnicos. Definir las herramientas de hardware y software aplicados a sistemas de cicloparqueaderos y la interacción con el Internet de las Cosas (IoT), bases de datos no SQL y aplicativos móviles.
- Se diseñó e implementó un prototipo electrónico inteligente de seguridad biométrico con tecnología IoT para un cicloparqueadero. El prototipo cuenta con dos estacionamientos y una central, cada estacionamiento tiene incorporado un mecanismo de seguridad compuesto por tres sensores que se activan ante intentos de vulnerar la seguridad del prototipo, emitiendo una alerta sonora y una notificación hacia el aplicativo del usuario.
- Se desarrolló e incorporó un aplicativo móvil que se identificó como tecnología hardware necesaria y como herramienta informática para el registro y envío de datos. El aplicativo además sirve para que el usuario una vez registrado pueda utilizar los estacionamientos incorporados, recibir las notificaciones de alerta y monitorear el cicloparqueadero. Como herramienta informática de almacenamiento se utilizó Firebase Realtime Database que es una base de datos NoSQL alojada en la nube. La cual recibe, almacena y envía los datos registrados en el aplicativo móvil. Los datos se almacenan y se sincronizan en tiempo real con cada usuario conectado.
- Se idéntico como tecnología hardware necesaria para una adecuada implementación a dos tarjetas de desarrollo una principal “Raspberry Pi 4” y una auxiliar “Arduino nano”. Tres sensores para garantizar la seguridad de vibración, corte y presencia. Una batería como respaldo de alimentación para que el sistema no deje de funcionar en caso de que falle la red principal. Un buzzer y parlantes para emitir alertas sonoras, una cámara USB para el monitoreo, además de la estructura que se diseñó en base a los requerimientos y todos los componentes de hardware y software que se consideraron.
- Se validó la fiabilidad del prototipo electrónico inteligente de seguridad mediante las pruebas realizadas, las cuales arrojaron coeficientes de variación menores al 10%, lo que indica una estabilidad aceptable para validar su funcionamiento, comprobando que los niveles de seguridad del prototipo son fiables y eficientes. Además, se contó con la colaboración de representantes de equipos ciclisticos, los mismos que hicieron uso del prototipo y validaron su funcionalidad, fácil manejo y fiabilidad.
- En cuanto a la inversión para la implementación del prototipo electrónico de seguridad biométrico, se constató que tiene un costo promedio de \$520.35, considerando que nuestro prototipo es pionero a nivel local e institucional, se debe tener en cuenta que al ser implementado

a gran escala tendrá una reducción considerable de los costos ya que los valores más altos se encuentran en la estructura, misma que tendrá una reducción al ser implementada en volúmenes grandes.

- En función al análisis económico se determinó que el sistema puede ser escalable, ya que, al analizar de forma individual para la implementación de un módulo de estacionamiento, el costo promedio de instalación rodea los \$163.25, dicho valor se puede reducir dependiendo del diseño estructural y tipo de material utilizado.
- En función al análisis energético el consumo en estado activo fue de 1445 mA mientras que para un estado de inactividad el sistema consumió aproximadamente 325 mA, por lo que la batería tiene una duración de 4.84 horas en estado activo y un tiempo de duración estimado de 21.53 horas en estado inactivo.

RECOMENDACIONES

- Para la revisión bibliográfica se recomienda dividirla por secciones de manera que se optimice la adquisición de la información, se sugiere tres; teoría para la implementación de cicloparqueaderos, hardware para la implementación de sistemas de seguridad y software para el desarrollo de aplicaciones móviles, almacenamiento y gestión de datos en la nube. Al seguir ese orden y clasificación hay que tomar en cuenta que las fuentes de información sean verídicas y confiables.
- Para la implementación del prototipo se recomienda que el lugar donde se lo vaya a instalar cuente con una toma de corriente eléctrica cercana, y una conectividad con un puerto ethernet para mejorar la transmisión de los datos. Además, que sea accesible para los usuarios con sus bicicletas y en lo posible que se encuentre en un lugar protegido de sol y lluvia.
- Para futuras aplicaciones se recomienda escalar el aplicativo móvil para varios sistemas operativos, de manera que el alcance de usuarios aumente, además, se sugiere tener en cuenta la incorporación de un registro donde se almacene el tiempo de uso que cada usuario le dé al prototipo.
- Para una futura implementación referente al segmento estructural, se sugiere llevar a cabo un análisis de diseño con enfoque en la minimización del uso de volumen de la estructura, sin comprometer la eficiencia del prototipo ni afectar la garantía de seguridad. Identificando un mecanismo de sujeción para la bicicleta que maximice la eficiencia y optimice el uso del espacio.
- Considerando que el prototipo es altamente viable para una implementación a gran escala, previo a una implementación se recomienda investigar el tipo de bicicleta más utilizado en la zona de ejecución, con el fin de garantizar un espacio adecuado para la mayoría de los usuarios. De esta forma, se minimizarán los costos de implementación y se optimizará el uso del espacio. Además, se sugiere explorar alianzas estratégicas con los sectores metalúrgicos para reducir los costes de producción de las estructuras sin afectar los niveles de calidad.
- Se recomienda fortalecer el proyecto a través de alianzas estratégicas con los sectores estudiantiles y sociales de la academia ya que es crucial impulsar la implementación a gran escala del prototipo, para abarcar la mayor cantidad de usuarios. La ejecución del presente proyecto en la ESPOCH podría convertirla en un centro pionero en la implementación de tecnologías innovadoras, mejorando los sistemas de estacionamiento de bicicletas dentro de sus facultades.
- Se sugiere diseñar un sistema que maximice la eficiencia energética y reduzca su impacto ambiental. Esto se lograría mediante el uso de fuentes de energía renovable para el suministro energético del prototipo, garantizando así su independencia energética sin comprometer la seguridad. Con esto, se promueve un enfoque sostenible en la implementación del prototipo y se contribuye al cuidado del medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

ACERO COMERCIAL. *TOL GALVANIZADO DE 1.22 X 2.44 M* [en línea], 2022. [Consulta: 12 enero 2023]. Disponible en: <https://www.acerocomercial.com/shop/product/tol-galvanizado-de-1-22-x-2-44-m-11585#attr=>

ALDEA, E. *Arduino. Guía práctica de fundamentos y simulación.* [en línea]. Madrid-España: Grupo Editorial RA-MA, 2016. ISBN 978-84-9964-613-8. [Consulta: 18 octubre 2022]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=Wo6fDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=tarjeta+de+desarrollo+hardware+arduino&ots=0I_0kLdYsR&sig=FQc1Cr3lNRNbqemHKOZwJpiBs4s&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

ALIEXPRESS. *TAU-0537 cerradura electromagnética DC 6V 12V 24V.* [en línea], 2022. [Consulta: 12 diciembre 2022]. Disponible en: <https://es.aliexpress.com/i/1005003598549089.html>

AMAZON. *ELP Cámara de visión nocturna CCTV USB.* [en línea], 2022. [Consulta: 10 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.amazon.com/-/es/megap%C3%ADxeles-interiores-exteriores-vandalismo-industrial/dp/B00VFLWOC0?th=1>

AMO, F. A.; et al. *Introducción a la ingeniería del software.* [en línea]. Madrid-España: Delta Publicaciones, 2005. ISBN: 84-96477-00-2, pp. 7-8. [Consulta: 03 enero 2023]. Disponible en: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=rXU-WS4UatYC&oi=fnd&pg=PA1&dq=programa+software&ots=vxwGyc0o1-&sig=DCaBITvpsyLTiZkjE2Ux5BsxCrA#v=onepage&q=programa%20software&f=false>

ANGULO, R. “Aplicaciones móviles híbridas: lo mejor de dos mundos”. *DEBATES IESA* [en línea], 2013,(Venezuela) 18(1), pp. 80-81. [Consulta: 03 noviembre 2022]. Disponible en: <https://cmappublic2.ihmc.us/rid=1NTQ9NMKD-R1SKBP-24M4/Aplicaciones%20moviles%20hibridas-%20lo%20mejor%20de%20dos%20mundos.pdf>

ARRIETA, Alvaro A.; AMÍN, Oscar Camilo Fuentes; MUÑOZ, Andres Felipe Jaramillo. *Sistema portátil de sensores inteligentes (lengua electrónica) para el análisis de alimentos.* Investigaciones Aplicadas, 2014, vol. 8, no 1, p. 30-36.

AUTODESK. *Características Software de diseño de PCB* [en línea], 2023. [Consulta: 04 enero 2023]. Disponible en: <https://www.autodesk.co.uk/products/eagle/features#pcb-layout-editor>

AV ELECTRONICS. *Convertidor Voltaje DC-DC Step-Down 3A MP1584EN* [en línea], 2022. [Consulta: 20 diciembre 2022]. Disponible en: <https://avelectronics.cc/producto/convertidor-voltaje-dc-dc-step-down-3a-mp1584en/>

BAJMAK, Š. A. *Sincronización de sensores en redes de sensores inalámbricos en casas inteligentes (Spanish Edition)*. Ediciones Nuestro Conocimiento, 2023.

BARRIENTOS-AVENDAÑO Edwin & RICO BAUTISTA Dewar & MARIA Jose. *Dispositivo de seguridad IoT soportado por sensores para el monitoreo de bicicletas IoT safety device supported by sensors for bicycle monitoring*. 2021, pp. 11. 78-92.

BARRUECO José-Manuel; *Open Archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting (OAI-PMH): descripción, funciones y aplicación de un protocolo. El profesional de la información*, SUBIRATS-COLL, Imma, 2003, vol. 12, no 2, p. 99-106.

BENINGO, J. *Cómo seleccionar y usar el módulo ESP32 con Wi-Fi/Bluetooth adecuado para una aplicación de IoT industrial* [en línea], 2020. [Consulta: 03 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.abus.com/es/Guia/Proteccion-antirrobo/Sistemas-de-alarma/Historia-de-los-sistemas-de-alarma>

BICI PÚBLICA CUENCA. *Acerca del proyecto* [en línea], 2022. [Consulta: 9 de octubre 2022]. Disponible en: <https://www.bicicuenca.com/sobre.aspx>

BICIMAD. *La estación de BiciMAD* [en línea], 2022. [Consulta: 28 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.bicimad.com/>

BREMICKER, A. *Historia de los sistemas de alarmas* [en línea], 2020. [Consulta: 04 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.abus.com/es/Guia/Proteccion-antirrobo/Sistemas-de-alarma/Historia-de-los-sistemas-de-alarma>

BRUNETE, A; et al. *Introducción a la Automatización Industrial*. [en línea]. Madrid-España: Universidad Politécnica de Madrid, 2020. ISBN 978-84-09-22291-9. [Consulta: 18 octubre 2022]. Disponible en: https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/sensoractuador.html

CARBONEL MARTÍNEZ Asier, GALLEGO MARTÍNEZ José Ramón & CALASANZ Rafael. *Diseño e implementación de un middleware CoAP-MQTT-HTTP para la mejora de la interoperabilidad de los protocolos de aplicación en redes IoT*. [en línea] (Trabajo fin de máster). Universidad de Zaragoza. Zaragoza, España. 2020. [Consulta: 19 de diciembre 2022]. Disponible en: <https://zagan.unizar.es/record/96261>

CASTILLO, A; et al. “Prácticas de laboratorio para estudiantes de ingeniería con FPGA”. *IEEE Latin America Transactions* [en línea], 2008, 6 (2), p. 130-136. [Consulta: 29 octubre 2022]. DOI:10.1109/TLA.2008.4609909. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Alejandro-Castillo-Atoche-2/publication/3455209_Laboratory_Projects_for_Engineering_Students_with_FPGA/links/549184450cf2d1800d89e31c/Laboratory-Projects-for-Engineering-Students-with-FPGA.pdf

CAYSSIALS, R. *Sistemas embebidos en FPGA*. [en línea]. Buenos Aires-Argentina: Alfaomega Editorial, 2014. ISBN-987-1609-69-7, pp. 17-20. [Consulta: 29 octubre 2022]. Disponible en: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ByN1EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR3&dq=fpga+caracteristicas&ots=apI9YgX244&sig=2a6nIiiHUx7g44HZw_NjeVWqPZ4#v=onepage&q=fpga%20caracteristicas&f=false

CELIS Pablo & BOLLING LADEGAARD Erik. *Bicycle parking manual 1ª ed.* [en línea]. Copenhagen K, Denmark: Printing Lasertryk, 2008. [Consulta: 07 octubre 2022]. Disponible en: <http://ww38.cykelparkering.info/>

CHITYALA, R. & Pudipeddi, S. *Procesamiento y adquisición de imágenes usando Python*. [en línea]. 2ª ed. New York-EE.UU: Chapman y Hall/CRC, 2020. ISBN: 9780429243370. [Consulta: 03 enero 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1201/9780429243370>

CORTÉS OSORIO Jimmy Alexander , MEDINA AGUIRRE Francisco Alejandro & MURIEL ESCOBAR José A. *SISTEMAS DE SEGURIDAD BASADOS EN BIOMETRÍA*. Scientia Et Technica [en línea]. 2010, XVII(46), 98-102[fecha de Consulta 1 de Enero de 2023]. ISSN: 0122-1701. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84920977016>

CORTÉS OSORIO, Jimmy; & MEDINA AGUIRRE, Francisco. “Sistemas de seguridad basados en Biometría”. *Scientia Et Technica* [en línea], 2010, (Colombia) 17(46), pp. 98-102. [Consulta: 12 octubre 2022]. ISSN 0122-1701. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84920977016>

DE SOUZA SILVA André Luis, SILVA, Regina Célia Marques Freitas. *Protocolo HTTP x protocolo HTTPS*. Nucleus, 2009, vol. 6, no 1, p. 1-8.

DEVELOPERS. *Introducción a Android Studio* [en línea], 2022. [Consulta: 04 enero 2023]. Disponible en: <https://developer.android.com/studio/intro?hl=es-419>

EERSA. *Indicador de gestión. Tiempo total de interrupción* [en línea], 2020. [Consulta: 03 enero 2023]. Disponible en: <http://www.eersa.com.ec/site/indicadores/#1521650219197-8ae2d81e-626c>

EL COMERCIO. *Arancel baja desde este 1 de agosto para bicicletas, discos duros y más* [en línea], 2021. [Consulta: 12 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.elcomercio.com/actualidad/arancel-baja-agosto-bicicletas-discos-duros-ecuador.html>

EL TELEGRAFO. *Aumenta el uso de bicicletas en jóvenes* [en línea], 2021. [Consulta: 12 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/sociedad/6/aumenta-el-uso-de-bicicletas-enjovenes-por-estas-razones>

ELECTROSTORE. *Buzzer 5-24V sonido continuo* [en línea], 2022b. [Consulta: 19 diciembre 2022]. Disponible en: <https://grupoelectrostore.com/shop/componentes-electronicos-basicos/buzzers/buzzer-5-24v-sonido-continuo/>

ELECTROSTORE. *Módulo Relé 5V 2 canales con Optoacopladores* [en línea], 2022a. [Consulta: 18 diciembre 2022]. Disponible en: <https://grupoelectrostore.com/shop/modulos-y-shields/modulos-rele/modulo-rele-5v-2-canales-con-optoacopladores/>

FERNÁNDEZ, J. *Circuito cerrado de televisión y seguridad electrónica 2ª ed.* [en línea]. Madrid-España: Ediciones Paraninfo, 2018. ISBN 978-84-283-3929-2. [Consulta: 07 octubre 2022]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=4JOqDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=sistemas+de+seguridad+electr%C3%B3nica&ots=DQmHE2cpMs&sig=XouiU8AtPGAYltAxIIUYJWG XWAo&redir_esc=y#v=onepage&q=sistemas%20de%20seguridad%20electr%C3%B3nica&f=false

FILIPPI, Jose Luis; et al. “Aplicación móvil como instrumento de difusión”. *Multiciencias Redalyc* [en línea], 2016, (Colombia) 16(3), pp. 336-344. [Consulta: 03 noviembre 2022]. ISSN 1317-2255. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90453464013>

FIREBASE. *Firestore Realtime Database. Almacena y sincroniza datos en tiempo real* [en línea], 2022. [Consulta: 05 enero 2023]. Disponible en: <https://firebase.google.com/products/realtime-database?hl=es-419#:~:text=Firestore%20Realtime%20Database%20es%20una,de%20app%20a%20escala%20global.>

GAD RIOBAMBA. *Plan Movilidad 2020 Informe FASE III para Riobamba* [en línea], 2020. [Consulta: 12 mayo 2022]. Disponible en: <http://www.gadmriobamba.gob.ec/index.php/descarga/plan-de-movilidad>

GARCÍA, P. *Candados de bicicleta: analizamos 8 modelos para proteger tu bici al máximo* [en línea], 2022. [Consulta: 28 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.chollodeportes.com/mejor-candado-bicicleta/>

GÓMEZ FERNÁNDEZ, I. “Sistema de adquisición de datos de bajo costo, basado en hardware y software libre y abierto”. *QUID Investigación, Ciencia y Tecnología* [en línea], 2011, (Colombia), n°. 17, pp. 23-28. [Consulta: 22 octubre 2022]. ISSN 1692-343X. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5235902>

GRACI Hansel & YANES Osmel. “Bases de datos NoSQL”. *Revista Telemática Vol. 11. No. 3* [en línea], 2012, (Cuba), p. 1-13. [Consulta: 06 noviembre 2022]. Disponible en: <https://revistatelematica.cujae.edu.cu/index.php/tele/article/view/74/741>

IKISS, J. SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS CON ESP32 [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad Politécnica de Catalunya, Escuela de Ingeniería de Barcelona. España. 2020. pp. 13-20. [Consulta: 02 noviembre 2022]. Disponible en: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/344400/Sistema-de-adquisicion-de-datos-con-ESP32_Jamal-Ikiss.pdf?sequence=1

IMPROSELEC. *Luz piloto Verde Camsco 22MM*. [en línea], 2022. [Consulta: 26 diciembre 2022]. Disponible en: <https://mitienda.improselec.com/product/luz-piloto-verde-camsco-22mm/>

INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (IDEA). *Manual de aparcamientos de bicicletas* [en línea]. Madrid, España: IDAE, 2009. [Consulta: 05 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.idae.es/publicaciones/manual-de-aparcamientos-de-bicicletas>

KEEPCODING. *¿Qué es el desarrollo de aplicaciones móviles?* [en línea], 2022. [Consulta: 03 noviembre 2022]. Disponible en: <https://keepcoding.io/blog/desarrollo-de-aplicaciones-moviles/#:~:text=Ahora%20bien%2C%20C2%BFqu%C3%A9%20es%20el,y%20otros%20entornos%20de%20desarrollo.>

LAI, M. *Smart GPS Public Share Bloqueo de bicicleta móvil Panel solar alimentado Aplicación móvil GPS candado de bicicleta de ciudad* [en línea], 2022. [Consulta: 28 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.smartlocksupplier.com/es/products/Bluetooth-Smart-bike-lock.html>

LLAMAS, L. *Actuador Electromagnético Lineal con Arduino* [en línea], 2016. [Consulta: 20 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.luisllamas.es/arduino-actuador-electromagnetico/>

LÓPEZ, Fabricio; et al. “Raspberry Pi for Implementation of Web Technology in an Automation Process”. *IEEE International Autumn Meeting on Power, Electronics and Computing (ROPEC)* [en línea], 2019,(Mexico), pp.1-6. [Consulta: 22 octubre 2022]. doi: 10.1109/ROPEC48299.2019.9057040. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9057040>

MAHEDERO BIOT Francisco. Desarrollo de una aplicación IoT para el envío de imágenes mediante el protocolo MQTT [en línea] (Tesis Doctoral). Universitat Politècnica de València. Valencia, España. 2020 [Consulta: 10 de diciembre 2022]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/152408>

MARTÍN Adriana, CHÁVEZ Susana, RODRÍGUEZ Nelson, VALENZUELA Adriana & MURAZZO Maria. “Bases de datos NoSQL en cloud computing”. *XV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación* [en línea], 2013, (Argentina), p. 1-5. [Consulta: 05 noviembre 2022]. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/27121>

MEDINA, K. *Estadísticas de la situación Digital en Ecuador 2021-2022* [en línea], 2022. [Consulta: 03 noviembre 2022]. Disponible en: <https://branch.com.co/marketing-digital/estadisticas-de-la-situacion-digital-en-ecuador-2021-2022/#:~:text=El%20crecimiento%20digital%3A%20enero%202021%20vs%202022&text=Los%20celulares%20conectados%20tambi%C3%A9n%20crecieron,crecimiento%20el%202016%20y%202017.>

NAYLAMP. *Fuente de alimentación DC 12V 1A* [en línea], 2021. [Consulta: 17 diciembre 2022]. Disponible en: <https://naylampmechatronics.com/fuentes-switching-ac-dc/828-fuente-de-alimentacion-conmutada-acdc-60w-12v-5a.html>

NAYYEF, A (ed.). *Digital investigation and intrusion detection in biometrics and embedded sensors*. Business Science Reference, 2020. ISBN 9781799819448.

OSPINO, M; et al. “Mobile system for monitoring measurements in hypertensive patients”. *IEEE Colombian Communications Conference* [en línea], 2012, (Colombia), p. 1-6. [Consulta: 03 noviembre 2022]. DOI: 10.1109/ColComCon.2012.6233654. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6233654>

PALMA, Cristian; & RODRÍGUEZ, Sthepanie. “Tarjetas de Desarrollo: Herramientas para el diseño”. *Grupo de investigación en microelectrónica GRIDME*, (2021). pp. 2-5. [Consulta: 18 octubre 2022].

PARDO Felipe, CAVIEDES Alvaro & CALDERÓN Patricia. *Estacionamientos para bicicletas. Guía de elección, servicio, integración y reducción de emisiones*. [en línea]. (Colombia): despacio.org, 2013. [Consulta: 07 octubre 2022]. Disponible en: <https://despacio.org/wp-content/uploads/2013/11/Guia-cicloparqueaderos-nov2013.pdf>

PEÑA, C. *Arduino IDE: Domina la programación y controla la placa* [en línea]. Buenos Aires-Argentina: Ediciones RedUsers Ebook, 2020. ISBN 978-987-47579-7-5. [Consulta: 08 enero 2022]. Disponible en: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Xgv2DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=arduino+i+de&ots=vNEVEfPx0X&sig=A_xT76uqC_TwHa-kKeBkbb_dRfg#v=onepage&q=arduino%20ide&f=false

PEÑAS ARTEAGA, Mónica Andrea. Diseño de un actuador neumático para rehabilitación de mano humana [en línea] (Trabajo de titulación). (Doctorado) Universidad del Rosario, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Colombia. 2019. pp. 14-18. [Consulta: 20 octubre 2022]. Disponible en: https://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/21007/Proyecto_Monica_Andrea_Penas_Arteaga.pdf?sequence=1

PÉREZ, A. *¿Cuáles son los tipos de aplicaciones móviles?* [en línea], 2017. [Consulta: 03 noviembre 2022]. Disponible en: <https://cuatroochenta.com/cuales-son-los-tipos-de-aplicaciones/>

PILCO SERRANO, Eliana. Implementación de un prototipo electrónico de seguridad para bicicletas (Trabajo de titulación) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de informática y Electrónica, Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales, Riobamba, Ecuador. 2021.

PORTUONDO PAISAN, Y.; & PORTUONDO MORET, J. “LA REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD EN EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS PROCESOS DE MEDICIÓN”. *Tecnología Química* [en línea], 2010, (Cuba) XXX(2), pp. 118-120. [Consulta: 12 enero 2023]. ISSN 0041-8420. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445543770014>

POWER PLACE. *SW1270* [en línea], 2018. [Consulta: 19 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.powerplace.com.ec/productos/baterias/12-v-7-ah/sw1290-194-detail>

RASPBERRY. *Raspberry Pi 4.* [en línea], 2022. [Consulta: 29 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/>.

RECFACES. *Los 5 mejores sistemas de seguridad* [en línea], 2021. [Consulta: 04 octubre 2022]. Disponible en: <https://recfaces.com/es/articles/que-es-sistemas-de-seguridad>

REQUENA, B. *Coefficiente de variación de Pearson.* [en línea], 2016. [Consulta: 13 enero 2023]. Disponible en: <https://www.universoformulas.com/estadistica/descriptiva/coeficiente-variacion-pearson/>

RUBIO, A. *Actuadores eléctricos y sus funciones principales* [en línea], 2019. [Consulta: 20 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.instrumentaciondigital.es/actuadores-electricos-y-sus-funciones/>

SACHAN, V. K. *Tecnología de sensores Y sus aplicaciones.* 1ª ed. Vol. 1. Independently Published, 2020. ISBN 9798656290920, pp. 30-50.

SALINAS CORBA, Jorge Wilson, & AMAYA ESPITIA, Jorge Adrián. Sistema automático para control y seguridad en cicloparqueaderos [en línea] (Trabajo de titulación) (Pregrado) Universidad

de la Salle, Facultad de Ingeniería, Bogotá, Colombia. 2014. [Consulta: 20 mayo 2022]. Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_automatizacion/29/

SÁNCHEZ, J. Desarrollo de un Sistema de Seguridad Electrónica aplicado a la Supervisión y Monitoreo en Oficinas [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad Tecnológica del Perú, Facultad de Ingeniería, Lima, Perú. 2019. pp. 19-24. [Consulta: 07 octubre 2022]. Disponible en: https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/2472/Jesus%20Sanchez_Trabajo%20de%20Suficiencia%20Profesional_Titulo%20Profesional_2019.pdf?sequence=4&isAllowed=y

SANCHIS, E. *Sistema biométrico en la seguridad informática - Peritos Informáticos*. [en línea], 2021. [Consulta: 12 octubre 2022]. Disponible en: <https://peritos-informaticos.com/sistema-biometrico-en-la-seguridad-informatica>

SÁNNIKOV, A. *Python vs. Anaconda: ¿cuál es la diferencia?* [en línea], 2022. [Consulta: 05 enero 2023]. Disponible en: <https://www.dataquest.io/blog/python-vs-anaconda/>

SANTO, Marisa; & LECUMBERRY, Graciela. *El proceso de medición, análisis y comunicación de datos experimentales* [en línea]. 2ª ed. Rio Cuarto-Argentina: s.n, 2005. ISBN: 950-665-344-5. [Consulta: 11 enero 2023]. Disponible en: <https://biblioteca.esPOCH.edu.ec/Tutoriales/Norma%20ISO%20690.pdf>

SECRETARÍA DE GESTIÓN INMOBILIARIA DEL SECTOR PÚBLICO. *Guía de implementación de cicloparqueaderos*. [en línea]. Quito, Ecuador: Plan Nacional del Buen Vivir 2015. [Consulta: 09 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/bajarArchivo.cpe?Archivo=vUhk5ii2Gornnwr8TExPhTN0lhdBZCj868CZLVfVTiI>,

SERPANOS, Dimitrios y Marilyn WOLF. *Internet-of-Things (IoT) Systems Architectures, Algorithms, Methodologies* [en línea]. Cham: Springer International Publishing, 2018 [consultado el 2 de enero de 2023]. ISBN 9783319697147. Disponible en: doi:10.1007/978-3-319-69715-4

SINCHE SOLIS David & ZHININ AUQUILLA Diego. Análisis de aceptación del sistema de transporte bicicleta pública en la ciudad de Cuenca [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, Cuenca, Ecuador. 2020. pp. 82-91. [Consulta: 10 octubre 2022]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18676/1/UPS-CT008734.pdf>

SOLIDBI. SOLIDWORKS. *Qué es y para qué sirve* [en línea], 2022. [Consulta: 28 diciembre 2022]. Disponible en: <https://solid-bi.es/solidworks/>

SONEW. *DC 12V Gabinete Cajón de Control Eléctrico Cierre de Cajón Cerradura Electromagnética* [en línea], 2021. [Consulta: 14 diciembre 2022]. Disponible en:

<https://www.amazon.com/-/es/EI%C3%A9ctrico-Cerradura-Electromagn%C3%A9tica-Interruptor-Detecci%C3%B3n/dp/B07K1CN1KG>

SUÁREZ, P. *Población de estudio y muestra* [en línea], 2013. [Consulta: 10 enero 2023]. Disponible en:

http://udocente.sespa.princast.es/documentos/Methodolog%EDa_Investigacion/Presentaciones/4_%20poblacion&muestra.pdf

UAEH. *Buzzer* [en línea], 2021b. [Consulta: 18 diciembre 2022]. Disponible en: http://ceca.uaeh.edu.mx/informatica/oas_final/OA4/buzzer.html

UAEH. *Módulo Relé* [en línea], 2021a. [Consulta: 15 diciembre 2022]. Disponible en: http://ceca.uaeh.edu.mx/informatica/oas_final/OA4/mdulo_rel.html

UNIT ELECTRONICS. *Fuente conmutada 12V 2A* [en línea], 2022. [Consulta: 17 diciembre 2022]. Disponible en: <https://uelectronics.com/producto/fuente-conmutada-12v-2a/>

YUHAN. *Control de fuente de alimentación para sistema de entrada de puerta Acceso AC 110-240V a DC 12V-5ª Voltaje de todo el mundo* [en línea], 2019. [Consulta: 18 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.amazon.com/-/es/Control-alimentaci%C3%B3n-sistema-entrada-Voltaje/dp/B072J6KVCV>

ZERONE. *AC110 V-240 V de entrada, 12 V/5A fuente de alimentación para puerta sistema de control de acceso* [en línea], 2019. [Consulta: 18 diciembre 2022]. Disponible en: https://www.amazon.com/-/es/entrada-alimentaci%C3%B3n-sistema-interruptor-repuesto/dp/B07MQW8HQX/ref=psdc_3180341_t3_B072J6KVCV

ANEXOS

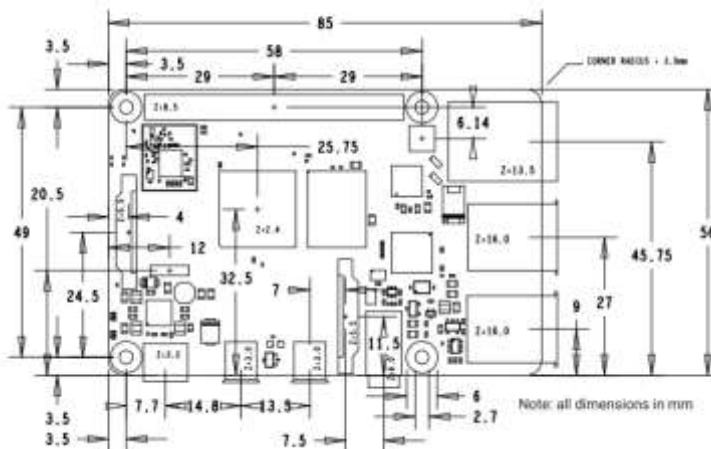
ANEXO A: HOJA DE DATOS RASPBERRY PI 4 MODEL B.

Raspberry Pi 4 Computer Model B



Processor:	Broadcom BCM2711, quad-core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.5GHz
Memory:	1GB, 2GB or 4GB LPDDR4 (depending on model)
Connectivity:	2.4 GHz and 5.0 GHz IEEE 802.11b/g/n/ac wireless LAN, Bluetooth 5.0, BLE Gigabit Ethernet 2 × USB 3.0 ports 2 × USB 2.0 ports.
GPIO:	Standard 40-pin GPIO header (fully backwards-compatible with previous boards)
Video & sound:	2 × micro HDMI ports (up to 4Kp60 supported) 2-lane MIPI DSI display port 2-lane MIPI CSI camera port 4-pole stereo audio and composite video port
Multimedia:	H.265 (4Kp60 decode); H.264 (1080p60 decode, 1080p30 encode); OpenGL ES, 3.0 graphics
SD card support:	Micro SD card slot for loading operating system and data storage
Input power:	5V DC via USB-C connector (minimum 3A ¹) 5V DC via GPIO header (minimum 3A ¹) Power over Ethernet (PoE)-enabled (requires separate PoE HAT)
Environment:	Operating temperature 0–50°C

Physical Specifications



ANEXO B: HOJA DE DATOS SENSOR BIOMÉTRICO DEALPEAK R503.



Connector: MX1.0--6P Thread:M25

Product external diameter: 28mm Inner diameter:23.5mm Height:19mm



Power	DC 3.3V	Interface	UART(3.3V TTL logical level)
Working current (Fingerprint acquisition)	20mA	Matching Mode	1:1 and 1:N
Standby current (finger detection)	Typical touch standby voltage: 3.3V Average current: 2uA	Characteristic value size	384 bytes
Baud rate	(9600*N)bps, N=1~6 (default N=6)	Template size	768 bytes
Image acquiring time	<0.2s	Image resolution	508dpi
Sensing Array	192*192 pixel	Detection Area	Diameter 15mm
Storage capacity	200	Security level	5 (1, 2, 3, 4, 5(highest))
FAR	<0.001%	FRR	<1%
Generate feature point time	< 500ms	Starting time	<30ms
Working environment	Temp: -20℃- +60℃	Storage environment	Temp: -40℃- +75℃
	RH: 10%-85%		RH: <85%

Serial Communication

Connector: MX1.0--6P

Pin	Name	Description	Pic
1	Power Supply	DC3.3V	
2	GND	Signal ground. Connected to power ground.	
3	TXD	Data output. TTL logical level	
4	RXD	Data input. TTL logical level	
5	WAKEUP	Finger Detection Signal	
6	3.3VT	Touch induction power supply, DC3—6V	

ANEXO C: HOJA DE DATOS SENSOR DE VIBRACIÓN RK600S.

ShockTec™ Detector Digital de Golpes

El ShockTec™ es un detector digital de golpes que proporciona una protección perimetral las 24 horas del día.

El ataque es detectado tan pronto el intruso intenta forzar, romper, perforar o incluso ver a través de la ventana, puerta, pared o techo protegidos.

El ShockTec™ utiliza un avanzado microprocesador digital para analizar la señal de vibración recibida desde el sensor piezoeléctrico.

El muestreo digital de la señal simultáneamente en dos canales distintos, cada uno amplificado con diferente ganancia, es una característica única del ShockTec™ 600S. Esto proporciona un enorme alcance dinámico de la señal muestreada, lo que permite la medición precisa y el análisis de la señal de los golpes.



Especificaciones		
	ShockTec™	ShockTec™ Plus con Contacto Magnético
Tamper de Pared		-
Contacto Magnético de Alta Seguridad	No Disponible	Dos contactos reed en el detector, uno para el contacto magnético otro para la detección de los intentos de manipulación del contacto magnético
Ajuste de sensibilidad	Potenciometro de doble etapa	
Indicador LED tricolor	Naranja: exceso de sensibilidad. Verde: Alarma y calibración correcta. Rojo: Baja sensibilidad	
Alimentación	9Vcc –16Vcc	
Consumo (típico)	8.5 mA	
Temperatura de funcionamiento	De -20°C a 60°C	
Humedad máxima	95% sin condensación	
Relé de Alarma	100mA a 24Vcc, NC	100mA a 24Vcc, NC
Relé de Tamper	500mA a 24Vcc, NC	500mA a 24Vcc, NC
Relé de Contacto	No Disponible	500mA a 24Vcc, NC
Tiempo de alarma	2.5 segundos	
Modo de enclavamiento	Cualquiera o al primer enclavamiento	
Descarga Electrostática	Sin falsas alarmas hasta 8kV	
Inmunidad RF	40 V/m de 80MHz a 1GHz	
Material de la carcasa	ABS, resistente al fuego	
Dimensiones	25x28x95mm	25x28x95mm - detector 10x12x58mm – contacto magnético

ANEXO D: HOJA DE DATOS CERRADURA ELECTROMAGNÉTICA DC 12V SONEW.



DC 12V Gabinete Cajón de Control Eléctrico Cierre de Cajón Cerradura Electromagnética (con Interruptor de Detección)

Visita la tienda de Sonew
★★★★☆ 15 calificaciones

Oferta Aplicar cupón de 10% [Términos](#)

Marca	Sonew
Características especiales	Electric, Compact
Dimensiones del artículo LxWxH	0.39 x 0.39 x 0.39 pulgadas
Material	Acero de carbono, Acero de aleación
Tipo de acabado	Acabado

Sobre este artículo

- Buen material: la cerradura eléctrica está principalmente adoptada material de acero al carbono, resistente y seguro de usar. Utiliza placa de acero para carcasa y acero al carbono para material interior, detección de estado de desbloqueo integrado. Resistente y seguro de usar.

Especificaciones técnicas

Marca	Sonew
Características especiales	Elastic Compact
Dimensiones del artículo LxWxD	0.39 x 0.39 x 0.39 pulgadas
Materiales	Acero de carbono, Acero de aleación
Tipo de acabado	Acabado
Componentes incluidas	Kit de cable
Forma	Rectangular
Peso del artículo	0.16 Kilogramos
Método de control	App
Fabricante	Sonew
Número de pieza	Sonew091gacm01y
Peso del producto	3.6 onzas
Dimensiones del producto	0.39 x 0.39 x 0.39 pulgadas
Acabado	Acabado
Fuente de energía	desconectado

Descripción del producto

Especificaciones:
 Condición: 100% nuevo.
 Material principal: Acero al carbono.
 Tratamiento superficial: Pintura electrofóretica plateada (ajustamiento neutral de la raya verde 100hrs)
 Modo de trabajo: Tipo independiente (apertura y cierre la puerta-cerrado). Encendido (desbloqueo)
 Parámetros eléctricos: DC 12V 2A
 Vida mecánica: En condiciones de carga de diseño, (cerca de 500000 veces)
 Vida del electroman: En condiciones de trabajo clasificadas, más de 7000000 veces
 Fuerza del resorte de la cerradura: fuerza de 330.7 lbs (sin deformación permanente)
 Temperatura ambiente: -40.0 °F ~ 140.0 °F
 Tamaño aproximado: 2.5 x 2.8 x 0.5 in.
 Peso del paquete: 5.77 oz.

Lista del paquete:
 1 cerradura eléctrica (con interruptor de detección)

ANEXO E: HOJA DE DATOS MÓDULO RELÉ 5V DE 2 CANALES.

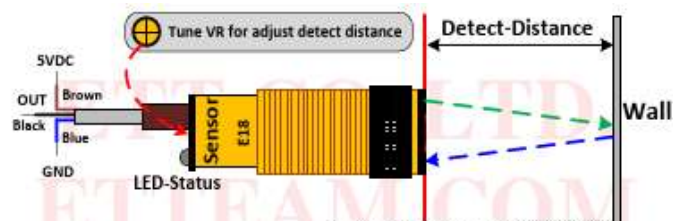
COIL RATING (at 20°C)

NOMINAL VOLTAGE (VDC)	COIL RESISTANCE (Ω)(±10%)	POWER CONSUMPT -10N(W)	NOMINAL CURRENT (mA)(±10%)	PULL IN VOLTAGE (VDC)	DROP OUT VOLTAGE (VDC)	MAX. ALLOWABLE VOLTAGE (VDC)
3V	25Ω	0.36W	120mA	75% MAX	10% MIN.	130%
5V	69Ω		72mA			
6V	100Ω		60mA			
9V	225Ω		40mA			
12V	400Ω		30mA			
18V	900Ω		20mA			
24V	1600Ω		15mA			
36V	3600Ω		10mA			
48V	4500Ω	0.51W	10.6mA			
12V (M type)	225Ω	0.64W	53.3mA	65%	8%	110%

PERFORMANCE (at initial value)

Item	Type	10A	15A	20A
Contact Resistance		50mΩ Max. (initial value)		
Operate Time		10msec Max.		
Release Time		5msec Max.		
Dielectric Strength between coil & contact		AC1500V (1min)		
Dielectric Strength between contact		AC750V (1min)		
Insulation Resistance		100MΩ Min. (DC500V)		
Operating Ambient Temperature		-30°C ~ +80°C		
Humidity		35 to 85% RH		
Vibration Resistance		10G (10~55Hz)/(Dual amplitude: 1.5mm)		
Shock Resistance		10G		
Life Expectancy Mechanically		10,000,000 ops. Min.(1800 ops./h)		
Life Expectancy Electrically		100,000 ops. Min.(1200 ops./h)		
Weight		9.5g(about)		

ANEXO F: HOJA DE DATOS SENSOR INFRARROJO E-18-D50NK.



El sensor tiene una distancia de detección, interferencias por la luz visible, barato, fácil de montar, fácil de usar.
puede ser ampliamente utilizado en el robot obstacle avoidance, line pecework y muchas otras ocasiones.
Relé de salida de corriente DC/SCR/Control de salida: 100 mA/5 V de alimentación.
Consumo de corriente DC < 25 mA.
Tiempo de respuesta < 2 ms.
Punto Ángulo: menos de 15°, la distancia eficaz (ajustable 3 - 50 cm).
Detector objeto: Transparente o opaco cuerpo.
Temperatura ambiente de funcionamiento: -25 °C - + 55° c.
Estándar Detección objeto: luz solar 10000LX menos incandescente 3000LX.
Diámetro: 18 mm (25/32 en).
Sensor longitud: 45 mm (1.25/32 en).
Plomo Longitud: 50 cm, (10) 1/4 en).
Rojo: conectada 4.5 - 5 V Fuente de Alimentación de Alto.
Amarillo: conectado microcontrolador salida TTL nivel para el microcontrolador.
verde: GND de alimentación de 0 V bajo.
Características eléctricas:
U: 5 VOC
I: 100 mA
SN: 3 - 50 cm)
Apariencia: cilindro de rasca.
Material: Plástico.
Modo de protección: protección contra polaridad invertida.
Temperatura ambiente: -25 - 70 °C
El paquete incluye:
1 x Sensor D18-D50NK

ANEXO G: HOJA DE DATOS MÓDULO REGULADOR DE VOLTAJE MP1584.



MP1584
3A, 1.5MHz, 28V
Step-Down Converter

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ⁽¹⁾

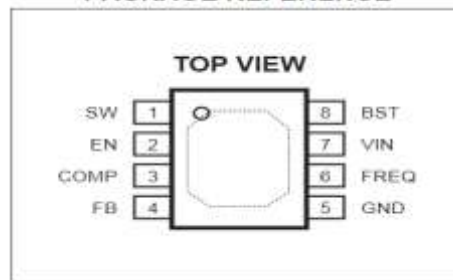
Supply Voltage (V_{IN}).....-0.3V to +30V
Switch Voltage (V_{SW}).....-0.3V to $V_{IN} + 0.3V$
BST to SW-0.3V to +6V
All Other Pins-0.3V to +6V
Continuous Power Dissipation ($T_A = +25^{\circ}C$)⁽²⁾

..... 2.5W
Junction Temperature150°C
Lead Temperature260°C
Storage Temperature-65°C to +150°C

Recommended Operating Conditions ⁽³⁾

Supply Voltage V_{IN} 4.5V to 28V
Output Voltage V_{OUT} 0.8V to 25V

PACKAGE REFERENCE



ELECTRICAL CHARACTERISTICS

$V_{IN} = 12V$, $V_{EN} = 2.5V$, $V_{COMP} = 1.4V$, $T_A = +25^{\circ}C$, unless otherwise noted.

Parameter	Symbol	Condition	Min	Typ	Max	Units
Feedback Voltage	V_{FB}	$4.5V < V_{IN} < 28V$	0.778	0.8	0.824	V
Upper Switch On Resistance	$R_{DS(ON)}$	$V_{BST} - V_{SW} = 5V$		150		mΩ
Upper Switch Leakage		$V_{EN} = 0V$, $V_{SW} = 0V$, $V_{IN} = 28V$		1		μA
Current Limit			4.0	4.7		A
COMP to Current Sense Transconductance	G_{CS}			9		A/V
Error Amp Voltage Gain ⁽⁵⁾				200		V/V
Error Amp Transconductance		$I_{COMP} = \pm 3\mu A$	40	60	80	μA/V
Error Amp Min Source current		$V_{FB} = 0.7V$		5		μA
Error Amp Min Sink current		$V_{FB} = 0.9V$		-5		μA
VIN UVLO Threshold			2.7	3.0	3.3	V
VIN UVLO Hysteresis				0.35		V
Soft-Start Time ⁽⁵⁾		$0V < V_{FB} < 0.8V$		1.5		ms
Oscillator Frequency		$R_{REQ} = 100k\Omega$		900		kHz
Shutdown Supply Current		$V_{EN} = 0V$		12	20	μA
Quiescent Supply Current		No load, $V_{FB} = 0.9V$		100	125	μA

ANEXO H: PROGRAMACIÓN DE LA TARJETA PRINCIPAL RASPBERRY PI 4.

```
voices = engine.getProperty('voices')
idiomas = list()

listaEntonces1 = False
listaEntonces2 = False

arduino = serial.Serial("/dev/ttyUSB0", 9600, timeout=0.01)

estadoCerradura1 = False
estadoCerradura2 = False

lectura = False

guardaHuella1 = False
guardaHuella2 = False

contadorHuella = 0
cc = 0

contadoGeneral = 0

ocupado1 = False
ocupado2 = False

nombreUsuario = ""

token1=""
token2=""

for voice in voices:

    nombre = voice.name
    cortado = nombre.split('-')
    idiomas.append(cortado[1])

    #print(voice.id)
    vocesId.append(voice.id)

contadoGeneral+=1

if(estadoGeneral1):
    if (ruta is "1"):
        if(ruta == "/PARQUEADERO/DEPOSITIVOS/DEPOSITIVO1/cerradura"):
            token1 = data

        if(ruta == "/PARQUEADERO/DEPOSITIVOS/DEPOSITIVO1/cerradura2"):
            token2 = data

        if(ruta == "/PARQUEADERO/DEPOSITIVOS/DEPOSITIVO1/huella"):
            if(data == "ON"):

                #pip = shlex.split("sudo/ps3ps3huella-04")
                #os.system(pip)

                if(ocupado1 or estado2):
                    arduino.write('1'.encode())
                    time.sleep(1)
```

```
for voice in voices:

    nombre = voice.name
    cortado = nombre.split('-')
    idiomas.append(cortado[1])

    #print(voice.id)
    vocesId.append(voice.id)

def notificacion(titulo, mensaje, token):

    registration_id = token
    message_title = titulo
    message_body = mensaje
    push_service.notify_single_device(registration_id=registration_id, message_title=message_title, message_body=message_body)

#Function to accept and handle http requests in python
def listener(event):

    if(ruta == "/PARQUEADERO/DEPOSITIVOS/DEPOSITIVO1/cerradura"):
        if(ocupado1):
            if(data == "ON"):

                contadorHuella+=1

                if(contadorHuella==1):
                    arduino.write('b'.encode())
                    time.sleep(1)
                else:
                    arduino.write('R1ON'.encode())
                    estadoCerradura1 = False
                    time.sleep(1)

                arduino.write('ALMACEN1'.encode())

            if(data == "OFF"):
                estadoCerradura1 = True
                arduino.write('R1OFF'.encode())
                time.sleep(1)

                arduino.write('ALMACEN1_OFF'.encode())

    if(ruta == "/PARQUEADERO/DEPOSITIVOS/DEPOSITIVO2/cerradura"):
        if(ocupado2):
            if(data == "ON"):
                contadorHuella+=1

                if(contadorHuella==1):
                    arduino.write('b'.encode())
                    time.sleep(1)
                else:
                    arduino.write('R2ON'.encode())

                    estadoCerradura2 = False
                    time.sleep(1)

                arduino.write('ALMACEN2'.encode())

            if(data == "OFF"):

                arduino.write('R2OFF'.encode())

                estadoCerradura2 = True
                time.sleep(1)
```


ANEXO J: PROGRAMACIÓN PARA EL DESARROLLO DEL APLICATIVO MÓVIL.

Java Class para la edición del perfil:

```
public class editarPerfil extends AppCompatActivity {  
    1 usages  
    private CircleImageView imgPerfil;  
    private TextView nombrePerfil;  
    2 usages  
    private TextInputEditText etNombre, etTelefono, etCodigo, nombres, apellidos;  
    private String imgPerf="";  
  
    int idUsuario = 0;  
    String strPass="";  
  
    4 usages  
    private Toast tToast;  
  
    /***  
    *  
    * PARA SUBIR FOTO  
    */  
  
    private static final int STORAGE_PERMISSION_CODE = 4056;  
    private static final int STORAGE_PERMISSION_CODE = 4655;  
    private int PICK_IMAGE_REQUEST = 1;  
    private Uri imageUrl;  
    private Bitmap bitmap;  
    private String UPLOAD_URL;  
    1 usages  
    private ImageView btnSubirImagen;  
  
    private String strCodigo = "";  
    private String strCodigoPerfil = "";  
  
    2 usages  
    private FirebaseAuth mAuth;  
    8 usages  
    private DatabaseReference baseUsuarios, actualizarEstado;  
    2 usages  
    FirebaseDatabase mFirebaseDatabase;  
    10 usages  
    private String userID;
```

```
@Override  
protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {  
    super.onCreate(savedInstanceState);  
    setContentView(R.layout.activity_editar_perfil);  
  
    getWindow().setFlags(WindowManager.LayoutParams.FLAG_FULLSCREEN,  
  
    imgPerfil=findViewById(R.id.imgPerfil);  
    nombres = findViewById(R.id.et_nombres);  
    apellidos = findViewById(R.id.et_apellidos);  
  
    etCodigo=findViewById(R.id.et_codigo);  
    etTelefono=findViewById(R.id.et_telefono);  
    etCodigo = findViewById(R.id.et_codigoEstudiante);  
  
    btnSubirImagen = findViewById(R.id.btnSubirImagen);  
  
    btnPIC = findViewById(R.id.btnPIC);  
  
    mAuth = FirebaseAuth.getInstance();  
    mFirebaseDatabase = FirebaseDatabase.getInstance();  
    baseUsuarios = mFirebaseDatabase.getReference();  
    FirebaseAuth user = mAuth.getCurrentUser();  
  
    @Override  
    void onStart() {  
        super.onStart();  
  
        String strCodigoPerfil=baseUsuarios.child(userID).child("codigoPerfil").getValue().toString();  
        String strNombrePerfil=baseUsuarios.child(userID).child("nombre").getValue().toString();  
        String strApellidoPerfil=baseUsuarios.child(userID).child("apellido").getValue().toString();  
        String strTelefonoPerfil=baseUsuarios.child(userID).child("telefono").getValue().toString();  
        String strCodigoEstudiante=baseUsuarios.child(userID).child("codigoEstudiante").getValue().toString();  
  
        nombres.setText(strNombrePerfil);  
        apellidos.setText(strApellidoPerfil);  
  
        etCodigo.setText(strCodigoPerfil);  
        etTelefono.setText(strTelefonoPerfil);  
        etCodigo.setText(strCodigoEstudiante);  
  
        String strCodigoPerfil=baseUsuarios.child(userID).child("codigoPerfil").getValue().toString();  
        strCodigoPerfil.setText(strCodigoPerfil);  
    }  
}
```

Java Class de la ventana de control:

```
@Override  
protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {  
    super.onCreate(savedInstanceState);  
    setContentView(R.layout.activity_control);  
  
    getWindow().setFlags(WindowManager.LayoutParams.FLAG_FULLSCREEN, WindowManager.LayoutParams.FLAG_FULLSCREEN);  
  
    tts = new TextToSpeech(getApplicationContext(), new TextToSpeech.OnInitListener() {  
        @Override public void onInit(int status) {  
            if (status != TextToSpeech.ERROR) {  
                Locale localeSpanish = new Locale("es", "ES");  
                tts.setLanguage(localeSpanish);  
                tts.speak("¡Bienvenidos al sistema de control!", TextToSpeech.QUEUE_FLUSH, null, null);  
            }  
        }  
    });  
}
```

```
private boolean LeerPreferencias(){  
    SharedPreferences preferences = getSharedPreferences("CICLOPARQUEADERO", Context.MODE_PRIVATE);  
  
    nombreUsuario = preferences.getString("NOMBRE", null);  
    tipoDispositivo = preferences.getString("DISPOSITIVO", null);  
  
    return preferences.getBoolean("SESION", false);  
}
```

```
private boolean LeerPreferencias(){  
    SharedPreferences preferences = getSharedPreferences("CICLOPARQUEADERO", Context.MODE_PRIVATE);  
  
    nombreUsuario = preferences.getString("NOMBRE", null);  
    tipoDispositivo = preferences.getString("DISPOSITIVO", null);  
  
    return preferences.getBoolean("SESION", false);  
}
```

Java Class para comunicación con la base de datos:

```
public class subir_firebase_data_usuario {  
    // imagen  
    String nombre;  
    // imagen  
    String apellido;  
    // imagen  
    String cedula;  
    // imagen  
    String telefono;  
    // imagen  
    String codigo;  
    // imagen  
    public subir_firebase_data_usuario(String nombre, String apellido, String cedula, String telefono,  
    this.nombre = nombre;  
    this.apellido = apellido;  
    this.cedula = cedula;  
    this.telefono = telefono;  
    this.codigo = codigo;  
    public String getcodigo() { return codigo; }  
    public void setcodigo(String codigo) { this.codigo = codigo; }  
    public String getnombre() { return nombre; }  
    public void setnombre(String nombre) { this.nombre = nombre; }  
    public String getapellido() { return apellido; }  
    public void setapellido(String apellido) { this.apellido = apellido; }  
    public String getcedula() { return cedula; }  
    public void setcedula(String cedula) { this.cedula = cedula; }  
    public String gettelefono() { return telefono; }  
    public void settelefono(String telefono) { this.telefono = telefono; }  
    public subir_firebase_data_usuario() {  
    }  
}
```

ANEXO I: CERTIFICADO DE VALIDACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO EMITIDO POR GRUPOS CICLISTICOS.

Grupo: SAMBOROHONDON BIKE



Grupo: MOUNTAIN BIKE



CERTIFICADO

A quien corresponda, Yo **GUILLERMO DAVID CACERES DAQUI** con CI: **0604299198**, Ciclista y Gerente General de **MOUNTAIN BIKE STORE** luego de haber probado y validado el funcionamiento del **"PROTOTIPO ELECTRÓNICO INTELIGENTE DE SEGURIDAD BIOMÉTRICO CON TECNOLOGÍA IOT PARA EL CICLOPARQUEADERO"** denominado "SmartBike". Tengo a bien **certificar** que el prototipo brinda la seguridad hacia las bicicletas, es de fácil utilización y cumple con la necesidad de seguridad y movilidad sostenible dentro de la ciudad.

Es todo cuanto puedo decir en honor a la verdad, facultando que los interesados hagan uso del presente en lo que creyeran conveniente.

Riobamba, 09 de febrero del 2023

Atentamente:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Guillermo David Caceres Daqui", is written over a horizontal dashed line.

Ing. David Caceres .
0604299198



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL
APRENDIZAJE



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 20 / 03 / 2023

INFORMACIÓN DE LOS AUTORES
Nombres – Apellidos: JHONNATAN ISRAEL CEDEÑO DUCHI WILLIAM GEOVANNY ZAVALA RUIZ
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
Carrera: ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
Título a optar: INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Fernanda Arévalo M.



0386-DBRA-UPT-2023