

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA BASADO EN IOT Y
PANELES SOLARES PARA LA AYUDA A PERSONAS CON DETERIORO
COGNITIVO EN ACTIVIDADES DIARIAS**

CRISTIAN CAMILO LAYTON DIAZ 702309
CRISTIAN CAMILO HERNANDEZ MENDOZA 702310

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ, D. C
2021**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA BASADO EN IOT Y PANELES
SOLARES PARA LA AYUDA A PERSONAS CON DETERIORO COGNITIVO EN
ACTIVIDADES DIARIAS**

CRISTIAN CAMILO LAYTON DIAZ 702309
CRISTIAN CAMILO HERNANDEZ MENDOZA 702310

TRABAJO DE GRADO INVESTIGATIVO

DIRECTOR
MSc. JOSÉ LEÓN LEÓN

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ, D. C
2021



Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

This is a human-readable summary of (and not a substitute for) the license. [Advertencia.](#)

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material

La licenciente no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciente.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales.



CompartirIgual — Si remezcla, transforma o crea a partir del material, debe distribuir su contribución bajo la misma licencia del original.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Nota de Aceptación

Firma del presidente del
Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá, 17 de Mayo de 2021

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a todas las personas que hicieron parte de este proceso en la titulación de ingeniero, mis padres, mi familia, mis amigos y cada uno de los docentes de la universidad, quienes apoyaron y aportaron en los puntos cruciales de la carrera y del proyecto de grado.

En segunda instancia, pero no menos importante al ingeniero José León León quien actuó en el papel de director de trabajo de grado, por su paciencia, esmero y dedicación.

DEDICATORIA

A mis padres que ya no se encuentran conmigo y me forjaron como la persona que soy en la actualidad.

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN	14
1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	16
2. OBJETIVOS	18
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	18
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
3. ANTECEDENTES.....	19
4. JUSTIFICACIÓN	26
5. ALCANCES Y LIMITACIONES	29
6. MARCO TEÓRICO.....	32
6.1. IOT.....	32
6.1.1. TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS.....	34
6.1.1.1. WIFI.....	34
6.1.1.2. NFC	35
6.1.1.3. BLUETOOTH.....	36
6.1.1.4. ZIGBEE	38
6.1.1.5. LORA.....	38
6.1.1.6. SIGFOX.....	39
6.1.2. TECNOLOGÍAS ALÁMBRICAS	39
6.1.3. UNIDADES DE CONTROL PARA IOT.....	40
6.1.3.1. Sistema embebido	40
6.1.3.2. Microcontroladores	41
6.1.3.3. SENSORES.....	47
6.1.4. ULTRASONIDO	57
6.1.5. MODALIDADES DE ROBO EN BOGOTÁ	58
6.1.6. ENERGÍAS RENOVABLES	59
6.1.6.1. Actualidad.....	59
6.1.6.2. Colombia.....	60
7. METODOLOGÍA.....	62

7.1.	CONSULTA ESTRUCTURADA DE TECNOLOGÍAS	62
7.2.	DISEÑO	63
7.2.1.	Selección de componentes.	63
7.2.2.	Diseño físico y electrónico.....	63
7.2.3.	Diseño de la interfaz de usuario.....	63
7.2.4.	Diseño del diagrama de flujo.....	64
7.2.5.	Validación del diseño.	64
7.3.	IMPLEMENTACIÓN.....	64
7.3.1.	Conexión física.....	64
7.3.2.	Programación de la unidad de control.....	64
7.3.3.	Montaje aplicación.....	64
7.3.4.	Dispositivo e interfaz.	65
7.4.	VALIDACIÓN DEL DISPOSITIVO.	65
7.4.1.	Aplicación	65
7.4.2.	Funcionalidad.....	65
8.	DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO	67
8.1.	CONSULTA ESTRUCTURADA DE TECNOLOGÍAS	67
8.1.1.	Recopilación de Información	67
8.1.2.	Segmentación de la información	71
8.1.3.	Análisis de la información.....	72
8.2.	DISEÑO	74
8.2.1.	Selección de Componentes	74
8.2.1.1.	HY-SSRF05	74
8.2.1.2.	RFID	75
8.2.1.3.	Modulo DFR0478.....	79
8.2.2.	Diseño Físico y electrónico	82
8.2.3.	Diseño de la interfaz de usuario.....	85
8.2.4.	Diseño del diagrama de flujo.....	86
8.2.4.1.	Modulo RFID.....	86
8.2.4.2.	Modulo distancia HY-SSRF05	87

8.2.4.3. Modulo distancia Electroimán.....	88
8.2.5. Validación del diseño.	88
8.3. IMPLEMENTACIÓN.....	88
8.3.1. Conexiones Físicas.....	88
8.3.2. Programación de la unidad de control.....	91
8.3.3. Montaje de aplicación.....	94
8.3.4. MONTAJE FÍSICO.....	99
8.4. VALIDACIÓN DE DISPOSITIVO.....	105
8.4.1. Aplicación.....	105
9. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	113
CONCLUSIONES.....	116
RECOMENDACIONES FUTURAS.....	118
BIBLIOGRAFÍA.....	119

Tabla 1 Características dispositivos portátiles en los últimos años.....	20
Tabla 2 Tabla de la verdad de una memoria tipo RAM estática	44
Tabla 3 Aplicaciones para algunos sensores de acuerdo con su funcionamiento .	49
Tabla 4 Elementos sobresalientes en el ámbito escolar	73
Tabla 5 Comunicación SPI	76
Tabla 6 Estructura Byte de lectura.....	77
Tabla 7 Estructura byte de escritura	77
Tabla 8 Parámetros protocolo SPI	78

Figura 1 Celda Fundamental.....	43
Figura 2 Memoria 2D	46
Figura 3 Memoria 3D	46
Figura 4 Sensor Ultrasonido HY-SSRF05.....	74
Figura 5 Modulo RFID.....	76
Figura 6 Conexión al microcontrolador por puerto SPI	78
Figura 7 Transmisión SPI	79
Figura 8 Modulo DFR0478.....	80
Figura 9 Plano Modulo DFR0478.....	81
Figura 10 Diseño Físico y Electrónico sensor HY-SSRF05	83
Figura 11 Diseño físico y Electrónico módulo electroimán.....	83
Figura 12 Conexión entre los elementos de control.....	84
Figura 13 Modulo de alimentación	85
Figura 14 Diseño PCB	90
Figura 15 Ensamble de componentes electrónicos	91
Figura 16 Resultados Modulo RFID.....	93
Figura 17 Resultados Modulo RFID, en la nube	93
Figura 18 Resultados Modulo Distancia	94
Figura 19 Resultados Modulo Distancia, en la nube.....	94
Figura 20 Icono de aplicación	96
Figura 21 Página de inicio de la aplicación.....	97
Figura 22 Pantalla de opciones de funciones	98
Figura 23 Pantalla de Articulos	98
Figura 24 Planos de la Maleta	99
Figura 26 Planos 3D cobertura de PCB.....	100
Figura 27 Cobertura de electroimán	102
Figura 28 Esquema de Cremallera	104
Figura 29 Modificaciones Externas de la Maleta.....	104
Figura 30 Modificaciones Internas de la Maleta.....	105
Figura 31 Sistemas operativos moviles utilizados.....	106
Figura 32 Interfaz Android Studio	106
Figura 33 Opcion desarrollador dispositivo Movil.....	107
Figura 34 Interfaz Bluetooth.....	108
Figura 35 Activación de perifericos moviles.....	108
Figura 36 Prueba de intercambio de mensaje	109
Figura 37 Recepción mediante Arduino	109
Figura 38 Error al ejecutar la aplicación.....	110
Figura 39 Interfaz Bluetooth.....	111
Figura 40 Interfaz Aplicación Usuario	112

Figura 41 Diagrama de sistema de alimentación115

Anexo A Diagrama de Funcionamiento	128
Anexo B Tabla comparativa.....	129
Anexo C Diagrama de Flujo RFID.....	130
Anexo D Diagrama de Flujo de distancia.....	131
Anexo E Diagrama de funcionamiento de Prototipo	132

INTRODUCCIÓN

La calidad de vida en la ciudad de Bogotá tiene factores abrasivos que convergen sobre la calidad de vida de sus habitantes. Aspectos como trayectos largos, alto tráfico vehicular, amplios horarios escolares y/o laborales, disminución de las horas de sueño, entre otros, son focos que en la cotidianidad se suman al estrés de los individuos. El deterioro cognitivo como la pérdida de capacidades de una persona en contraste con otras de su mismo rango de edad, es una de las consecuencias que se puede dar en personas que han sido sometidas a un alto estrés; entornos familiares, ambientales, económicos y sociales pueden desarrollar características negativas que afectan la calidad de vida del individuo. Para el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), por cada 1000 habitantes en la ciudad de Bogotá 446,30 hace parte de la población dependiente¹, es decir las personas en el rango de edad entre cero a quince años.

En materia de seguridad, Bogotá es una ciudad con altos índices de hurtos, siendo este otro factor agregado al entorno abrasivo de sus habitantes. Según el portal del concejo de Bogotá, durante el año 2018 en la ciudad se consignaron 422.247 casos de hurto, generando un aumento del 17,97% con relación al año 2017.² De acuerdo con la fiscalía general, en el primer semestre del año 2019 hubo un aumento del 16,27% en hurtos con relación al año 2018, presentando 21 robos a individuos por cada hora³. De acuerdo con el secretario de seguridad en el año 2020, ha disminuido el hurto en un 36% con respecto al mismo periodo del año 2019⁴, lo anterior se debe a la emergencia pandémica COVID 19. Ante un asalto, el individuo puede experimentar reacciones fisiológicas y psicológicas que de acuerdo con la intensidad del agente estresor presente, pueden conllevar a respuestas emocionales negativas, que, sumadas a otras reacciones físicas, psicológicas,

¹ DANE. Indicadores demográficos y tablas abreviadas de mortalidad nacional y departamental. 30 Junio 2020. Disponible en: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/seriesp85_20/IndicadoresDemograficos1985-2020.xls.

² Consejo de Bogotá D.C. Altas cifras de robos en Bogotá. 23 Enero 2019. Disponible en: <http://concejodebogota.gov.co/altas-cifras-de-robos-en-bogota/cbogota/2019-01-23/084055.php>.

³ El Espectador. En promedio, cerca de 1.136 personas son víctimas de hurto cada día en Colombia. 23 Julio 2019. Disponible en: <https://www.elespectador.com/noticias/nacional/en-promedio-cerca-de-1136-personas-son-victimas-de-hurto-cada-dia-en-colombia/>.

⁴ El Espectador. Homicidios y hurto de bicicletas, los delitos que han aumentado en Bogotá en los últimos seis meses. 2 Julio 2020. Disponible en: <https://www.elespectador.com/noticias/bogota/bogota-cifras-de-seguridad-primer-semester-de-2020/>.

comportamentales, pueden afectar la salud del sujeto⁵.

El estrés en los niños como en los adultos puede producir un efecto negativo en el desarrollo de actividades cotidianas. La exposición elevada ante estresores escolares puede alterar seriamente las relaciones o vínculos interpersonales, siendo afectadas principalmente las funciones cognitivas y emocionales del individuo. El proyecto fue dirigido a la población escolar en un contexto social con énfasis en la independencia parcial del individuo⁶.

Teniendo en cuenta lo anterior, se plantea generar una herramienta basada en IOT que permita a la población dependiente en la ciudad de Bogotá, recordar los objetos personales que deben llevar en sus equipajes para sus actividades escolares. En el siguiente documento encontrará en el capítulo 1 los aspectos en común entre el estrés como causante del deterioro cognitivo y el planteamiento del problema, en el capítulo 2 los objetivos del proyecto. Además, en el capítulo 3 se observan los antecedentes y en el capítulo 4 se realiza su respectiva justificación para posteriormente plantear en el capítulo 5 el desarrollo de los alcances y limitaciones que tendrá el proyecto. Posteriormente, en el capítulo 6 encuentra el estado del arte en las tecnologías IOT para plantear en el capítulo 8 la metodología que se manejó en el desarrollo del dispositivo. En el capítulo 9 se encuentran diagramas de flujo en donde se demuestra la operación del prototipo, además del funcionamiento electrónico de los diferentes componentes que lo conforman. Se ejecutan las debidas conexiones y se somete el prototipo a pruebas para indagar los resultados finales logrados con el dispositivo.

⁵ CARBONELL, Carmen Gloria. El trastorno por estrés postraumático: una consecuencia de los asaltos. Edición 7. Revista médica de Chile. Julio, 2014.

⁶ BERRÍO GARCÍA, Nathaly. Estrés Académico. Edición 3. Revista de Psicología Universidad de Antioquia. Julio 2011. 65-82.

1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) por cada 1000 habitantes en la ciudad de Bogotá, 446,30 hacen parte de la población dependiente, la cual está compuesta por personas menores de quince años. Vivir en una ciudad que cuenta con características como: trayectos extensos, abundante tráfico vehicular, horarios académicos y laborales prolongados, pérdida de las horas de sueño, entre otras, pueden afectar a la población dependiente comprometiendo su calidad de vida debido a una exposición prolongada al estrés.

El estrés, puede llegar a causar trastornos de ansiedad y trastornos de adaptación, que se manifiestan con un notable decaimiento del rendimiento en la escuela y trastornos por estrés agudo, que a causa de un evento traumático presenta entre otras, bajo rendimiento y problemas para concentrarse. Factores como su entorno familiar, la economía y la sociedad, son elementos que influyen en el desarrollo de problemas o trastornos mentales; tienen como características alteraciones que limitan el adecuado funcionamiento del individuo a nivel social, laboral, personal y familiar⁷. Según la encuesta nacional de la salud mental publicada en el 2015, los niños que desarrollan algún problema o trastorno mental entre la edad de 7 a 11 años, el 7.3% lo manifiesta con una apariencia de retardo o lentitud para aprender, un 15,9% problemas para concentrarse y el 4,2% se niega a ir a la escuela; además menciona que en Bogotá el 53.4 % hacen parte de la población infantil, la cual comprende las edades entre los 0 y los 10 años, desarrolla al menos un síntoma como hiperactividad con déficit de atención; esta se debe a factores genéticos, sociales y psicosociales. En la población de 12 a 17 años, aquellos que desarrollan alguna clase de problemas o trastornos mentales, el 9,2% tienen problemas para pensar con claridad. El autor Trianes expone que los niños pueden sentir estrés al estar envuelto en situaciones que amenazan su medio familiar como lo puede ser la llegada de un hermano, divorcio o una eventual muerte de un familiar. Además, espacios como las instituciones educativas pueden derivar en situaciones donde una eventual aceptación social y la carga académica pueden comprometer su capacidad de atención reflejándose en calificaciones irregulares⁸.

Dentro de los síntomas psicológicos donde las funciones cognitivas y emocionales se ven afectadas aparecen síntomas como desconcentración, ansiedad, bloqueo

⁷ RIVERA BAÑOS, Judith. Investigación sobre estrés, enfoque a estrés infantil. Edición 2. Revista en Ciencias Sociales y Humanidades Apoyadas por Tecnologías 2. Agosto 2013. 58.

⁸ PALACIO CHAVARRIAGA, Catalina. El Estrés escolar en la Infancia: Una reflexión Teórica. Edición 2. Cuadernos de Neuropsicología / Panamerican Journal of Neuropsychology 12. Octubre 2020.

mental, problemas de memoria entre otros. De acuerdo con lo anterior, el sistema escolar latinoamericano tiene múltiples factores que pueden ser considerados como agentes estresores, que afectan las emociones y las funciones cognitivas en su población escolar. En la ciudad de Bogotá se estima que en el año 2017 el 35% de los estudiantes dicen sentirse inseguros alrededor de los establecimientos educativos según el informe “Bogotá cómo vamos”⁹. De igual manera afirma que en el mismo año de 79.235 hurtos registrados, el 80 % corresponde al hurto de personas¹⁰. Para el año 2016 el 60% de los robos en Transmilenio se deben a la modalidad del cosquilleo¹¹. En la actualidad, la ciudad de Bogotá cuenta con un déficit del 20% en su pie de fuerza, según datos entregados por la alcaldesa Claudia López.

De acuerdo con lo planteado frente a los desafíos que enfrenta la comunidad escolar y el uso de energías renovables en el cuidado del medio ambiente, desde el punto de vista de la ingeniería se plantea realizar una herramienta que cause un impacto y refuerce prácticas positivas a nivel cognitivo frente a síntomas de deterioro mental, para superar las dificultades cotidianas a las cuales se encuentra expuesta la población bajo la edad catalogada como dependiente¹². Bajo el principio de internet de las cosas y su compromiso por la mejora de la calidad de vida a través de la interacción del ser humano con su entorno, se realizó el planteamiento del problema desde el alcance de la ingeniería electrónica y telecomunicaciones con su compromiso con el medio ambiente a través del uso e incentivo de las energías renovables por medio de la siguiente pregunta: ¿Cómo diseñar e implementar un sistema electrónico basado en IOT, que brinde una ayuda en la organización y programación de las labores diarias a niños en etapa escolar ?.

⁹ El Tiempo. Aumento de robos en colegios del norte de Bogotá. 28 Octubre 2017. Disponible en: <https://www.eltiempo.com/bogota/aumento-de-robos-en-colegios-del-norte-de-bogota-145768>.

¹⁰ RESTREPO, Omar. Así son los robos en Bogotá. 18 Mayo 2018. Disponible en: <https://bogotacomovamos.org/asi-son-los-robos-en-bogota/>.

¹¹ SEMANA. El 60 % de los robos en Transmilenio es por cosquilleo. 22 Diciembre 2016. Disponible en: <https://www.semana.com/policia-capturo-en-2016-a-2020-personas-por-robos-en-transmilenio/510243/>.

¹² DANE, op. cit, p.1.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un prototipo de maleta inteligente que realice tareas orientadas a la notificación ante el olvido de objetos personales; con un sistema de alimentación de baterías cargadas por medio de paneles solares, con el fin que desempeñe sus funciones en entornos educativos de básica primaria y secundaria

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar información relacionada sobre las diferentes necesidades registradas por los estudiantes de primaria y básica secundaria, sobre los artículos relacionados en un entorno educacional, estructurando la información dentro de las características sociales de los individuos, con el fin de acotar las necesidades generales de la población.
- Recopilar información de tecnologías IOT vigentes en el mercado, orientadas al desarrollo de sistemas inalámbricos, notificación, energías renovables y seguridad en equipajes personales.
- Elaborar un diagrama sobre los protocolos de comunicación necesarios para la transmisión y recepción de datos entre los diferentes módulos seleccionados.
- Diseñar un prototipo portátil aplicado a una maleta de uso personal, que realice tareas de notificación al usuario por medio de una interfaz ante el eventual olvido de un objeto, cumpliendo normas estándares de funcionamiento de IOT, energías renovables y seguridad.
- Implementar el dispositivo e interfaz inalámbrica IOT, teniendo en cuenta el diseño anteriormente establecido, cumpliendo con el funcionamiento y propósito de este.
- Validar el prototipo final del dispositivo verificando los lineamientos de funcionamiento, alimentación, lectura y notificación, comunicación entre el dispositivo, la interfaz y seguridad.

3. ANTECEDENTES.

A continuación, se describen algunos trabajos previos enfocados a resolver las necesidades de la población interesada.

En la ciudad de México se desarrolló una experiencia educativa por parte del centro universitario Ecatepec, el cual mediante uso de tecnologías TIC e IOT realizó la estimulación de procesos cognitivos durante la vejez. Esta experiencia se basó en el interés por el estudio del envejecimiento en la población el cual se ha ido incrementando, pues las proyecciones demográficas muestran que el mundo está envejeciendo. La transición demográfica que se vive es caracterizada por un progresivo aumento de la población mundial y, simultáneamente, su envejecimiento. Estas proyecciones son importantes al considerar que envejecer representa no sólo cambios físicos, sino de índole cognitiva, económica, emocional y social, incidiendo desde luego en la calidad de vida de las persona, lo cual asocia el proceso de memoria con la atención, es decir que se presenta un menor nivel de desempeño de los ancianos con respecto a los jóvenes, con particularidad en la realización de tareas simultáneas, para ello se llevó a cabo el uso de aplicativos para dispositivos electrónicos, lo cual ayuda con sus tareas diarias, como alarmas, recordatorios de medicinas; los estudios se realizaron en sesiones de dos semanas donde se evidenciaron resultados que los procesos de aprendizaje y estimulación cognitiva era más fácil y se acoplaban más rápido en sus tareas diarias¹³.

Rafael López Beltrán, planteó en su trabajo de maestría una revisión bibliográfica de la mejora en la autonomía de las personas con demencias en etapas tempranas, a través de dispositivos inteligentes con un enfoque en internet de las cosas. En este, plantea algunas necesidades de las personas que presentan demencia en etapas tempranas, expone paradigmas de internet de las cosas y presenta herramientas actuales para la autonomía de dicha población. El trabajo del autor se realizó en octubre del año 2019 por medio de una revisión bibliográfica en las bases de datos Cumulative Index to Nursing & Allied Health Literature (CINHAL), SCOPUS, WEB OF SCIENCE (WOS). En el trabajo expuso dispositivos tales como sensores para el hogar, aplicaciones IOT, paincheck, proyectos IOT, asistentes de hogar inteligente, contribuyendo en la vida de personas con demencia. Se han desarrollado dispositivos portátiles en los últimos años con vertiginosa rapidez en el mercado, con características tales como estabilidad, durabilidad, facilidad,

¹³ ALDANA GONZÁLEZ, Gabriela. Las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) como alternativa para la estimulación de los procesos cognitivos en la vejez. Edición 14. Revista de Investigación Educativa. Octubre 2012. 34.

comunicación, y potencia. Estas características son presentadas en la tabla 1.

Tabla 1 Características dispositivos portátiles en los últimos años

Senior protection:	Senior protection desarrolla un reloj equipado con un sistema SOS e indicador de actividades físicas
Countinarte:	Es un reloj que funciona tanto en exteriores como en interiores, con GSM incorporado realiza tareas de notificación en tiempo real ante caídas del usuario y monitor de salud. Además, cuenta con la habilidad de detectar y anunciar eventos de riesgos, ofreciendo soluciones adecuadas al contexto de la situación.
Zembro:	Pulsera capaz de realizar acciones de notificación (mensajes) a contactos previamente configurados.
Kytera Compamion:	Pulsera con un Software y aplicación móvil que por medio de “análisis del patrón de actividad y deduciendo el contexto de la actividad” ¹⁴ . Detecta caídas y por “tecnología de posicionamiento completo en interiores y análisis de posición avanzado” ejecuta monitorización en las actividades diarias del usuario como comer, dormir y bañarse
W-vone:	Zapato capaz de interpretar caídas del usuario en espacios internos y externos, generando notificaciones vía mensajes de texto a los contactos configurados, con la ubicación donde se encuentra el usuario.
Clip de pastillas:	Pastillero que puede ser configurado para notificar el consumo oportuno del medicamento en pacientes sometidos a tratamientos médicos, además de manejar una aparente portabilidad sencilla.
Lively wearable:	Es otro pastillero que cumple con permitir el acceso al medicamento solo en la hora configurada para pacientes propensos a la medicación incorrecta manteniendo bloqueados los demás compartimientos
Tempo:	Está orientado a la detección de actividades cotidianas como bañarse, comer o dormir, el dispositivo por medio de una comunicación entre el portador de la herramienta y la persona encargada de su cuidado es capaz de notificar eventuales alertas SOS enviando su ubicación.

Fuente: BELTRÁN LÓPEZ, Rafael.

Rafael López Beltrán, plantea discusiones tales como la aceptación de estas clases

¹⁴ BELTRÁN LÓPEZ, Rafael. Internet de las cosas para fomentar la autonomía de las personas con demencia en la etapa temprana. Centro de estudios de Posgrado, Departamento de informática.

de dispositivos en el diario común de las personas bajo tal condición, llevando como principal restricción el hecho de omitir la utilización de las herramientas debido a su circunstancia médica, además de la importancia en el diseño de herramientas sin olvidar las necesidades del usuario frente a las características primordiales sujetas al desarrollo de estos dispositivos portátiles como su vida útil, fuente de energía, la comodidad en su uso e incluso el precio. Al final se concluye que uno de los principales problemas a la hora de querer montar una gran red IOT para la monitorización de las personas que padezcan principios de demencia, es la falta de estandarización de protocolos y compatibilidad entre dispositivos en el mercado. Esta clase de personas prefieren someterse en ambientes controlados como sus hogares.¹⁵

Por otra parte, en la Universidad Católica de Pereira se plantean unos diseños basados en tecnologías IOT, los cuales permiten realizar asistencia en el cuidado y monitoreo de pacientes con deterioro cognitivo. El trabajo se basa en el caso de pacientes cuyo deterioro es elevado y su cuidado debe llevarse a cabo por personal especializado, sin embargo, requieren herramientas tecnológicas que contribuyan al cuidado de los pacientes de manera efectiva y proponen una aplicación, que permite orientar al paciente rastreando su entorno y por medio de notificaciones visuales apoyar al paciente. El resultado de esta aplicación fue dar solución a los pacientes con deterioro cognitivo con la planificación de las rutas que usan en la cotidianidad y así lograr ayudarles en caso de no encontrar el camino a sus lugares de destino¹⁶.

En la actualidad los avances tecnológicos han permitido el desarrollo de productos y servicios que interactúan con personas y los objetos que los rodean. Estas tecnologías se orientan a simplificar y facilitar cuestiones de la vida diaria, sin embargo, en algunos casos, presentan una barrera, especialmente para las personas de avanzada edad. Por tal razón, el departamento de ingeniería e investigaciones tecnológicas realizó el diseño de una solución que monitoree la salud del usuario y la reporte a los cuidadores, familiares y médicos a través de internet, generando alertas en los casos que el usuario requiera atención inmediata. Por tal razón, diseñaron un dispositivo portable equipado con sensores que permiten conocer la ubicación de una persona en un ambiente interior y/o exterior, detectar cambios bruscos de movimientos, como caídas y cambios significativos en uno o más de sus signos vitales. Los resultados arrojaron un mejor monitoreo mediante el dispositivo, de igual manera, posibles prevenciones de enfermedades o accidentes

¹⁵ Ibid., p.40

¹⁶ MURILLO RENDÓN, Santiago. Impacto de IoT en la prevención, asistencia, detección y rehabilitación de pacientes con deterioro cognitivo: una revisión. Edición 17. Entre Ciencia e Ingeniería 9. 2015. 25-32.

que pudieran afectar la salud del usuario¹⁷.

En la facultad de ingeniería y ciencias aplicadas de la Universidad Técnica del Norte en el Ecuador, se diseñó una herramienta portátil para estudiantes con alguna discapacidad visual para el apoyo en toma de apuntes y lectura de textos. Jonathan Calderón modela un prototipo para estudiantes que presentan un nivel de discapacidad visual entre el 70 % y el 83 %, esto con el fin de aumentar la inclusión y reducir la desigualdad en las condiciones dentro y fuera de las aulas de clase. El autor escoge como sistema embebido a la Raspberry Pi 3 modelo B, utilizando con ella una pantalla Raspberry Pi 7 Touchscreen Display, como teclado emplea el sistema Bluetooth de Android / iOS / Windows adaptando una plantilla de lenguaje Braille, un parlante GENIUS MINI SP-I150, y unas baterías recargables con salida de 5V USB. El dispositivo anterior cuenta con tres opciones configurables de acuerdo con su porcentaje de discapacidad visual: utiliza para una discapacidad de 100% SIRIO, para una discapacidad 82% CANOPUS y para una discapacidad del 77% RIGIL. Puede generar documentos tipo texto almacenables en el dispositivo y compartirlos con otros equipos. Las pruebas a las que el dispositivo fue sometido evidenciaron una mejora del 100% en la escala social de los padres y la universidad, además de mejorar aspectos como sensibilidad interpersonal y ansiedad, reflejando en el estudiante mejora en la autoestima y nivel académico¹⁸.

En la Universidad Técnica del Norte de Ecuador, los ingenieros Vanessa Alvear, Jaime Michilena y Paul Rosero desarrollaron en el 2016 un sistema de monitoreo, el cual es capaz de realizar un seguimiento a las expresiones faciales de los estudiantes, arrojando resultados acerca de los momentos en donde los estudiantes pierden la concentración durante el desarrollo de la clase. Inicialmente, fue diseñado para estudiantes que cursan las carreras de ingeniería Electrónica e ingeniería de redes de comunicación. En una encuesta realizada a 72 estudiantes, el 50% manifestó que tiene pocas horas de sueño, siendo esto un factor clave para afianzar la memoria en el aprendizaje. En este trabajo tomaron como indicadores de desgaste, el número de pestañeo de los individuos y el bostezo; empleando una cámara para tomar los datos necesarios para su posterior análisis. Existen otras variables fisiológicas a tener en cuenta a la hora de detectar el desgaste en los individuos, pero para realizar las tomas de las muestras se debe implementar dispositivos que pueden alterar a la continuidad en el desarrollo de la clase. Al realizar el monitoreo de los estudiantes con respecto a las expresiones faciales planteadas en el desenlace de las clases y procesar dichos datos por medio de

¹⁷ BARILLARO, Sebastián. Diseño de sistema IoT de monitoreo y alarma para personas mayores. Argentina, 2020, 5. Universidad Nacional de la Matanza/, Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas.

¹⁸ El Tiempo, op. cit, p.1

algoritmos de visión artificial, se presentó el análisis en una plataforma de internet llamada ubidots. Finalmente, se evidencio que a partir de la una de la tarde la concentración de los estudiantes tiene una disminución considerable¹⁹.

En la Universidad Carlos III de Madrid, se presentó un diseño donde se plantea una aplicación de fácil manejo para personas de la tercera edad, con el fin de realizar notificaciones de sus tareas diarias. Se basaron en estudios realizados previamente donde identificaron que las aplicaciones de los dispositivos móviles no eran tan interactivas con los adultos mayores, lo que les dificulto realizar tareas como llamar o enviar un mensaje en caso de emergencia a un familiar. Para ello se realizó el desarrollo del aplicativo mediante una plataforma, con las interfaces y facilidad que le permite al usuario navegar por diferentes sitios, se realizó pruebas entre un grupo de adultos mayores en la universidad, donde demostró que muchos de ellos podían interactuar de manera fácil y rápida, de igual manera evidencio que sus familiares podían colocarse en contacto con ellos de manera rápida y estar en constante monitoreo de su estado de salud²⁰.

Por otra parte, se desarrolló tareas de notificaciones electrónico para pacientes que sufrieron alguna lesión cerebral traumática, la cual tuvo efectos positivos reflejados en la finalización oportuna de las actividades. El estudio contiene 4 puntos iniciales para los participantes: Sin previa inducción sobre la herramienta de ayuda, con previa inducción y dos condiciones con dos diferentes modelos de asistentes digitales personales (PDA), como herramientas de apoyo para la memoria. Los 36 pacientes rotaron cada semana de punto inicial, evaluado su capacidad de concluir tareas al finalizar cada semana de prueba. Se realizó a cada participante pruebas “psicométricas” para tener en cuenta en el proceso, las diferencias cognitivas de los individuos que tenían como característica común una lesión cerebral traumática (TBI), en las regiones de Boston. Las edades variaron entre los 18 a 64 años y las habilidades mínimas para participar en el estudio que comprendía la capacidad de lectura de diálogos, habilidades auditivas, motrices y cognitivas. Los modelos electrónicos utilizados para la prueba fueron “PDA basada en el sistema operativo Palm (POS) (Palm Zire 71 o 72) y una PDA basada en el sistema operativo Microsoft (MOS) (Dell Axim X30)”. Estos dispositivos eran táctiles, manipulados con un lápiz óptico, con aplicaciones de calendarios que por medio de señales audibles les recordaba a los participantes el deber de las tareas designadas. Los resultados

¹⁹ ALVEAR PUERTAS, Vanessa Estefanía. Sistema electrónico con aplicación IOT para monitoreo facial que brinde estimadores de desconcentración del estudiante universitario en el aula a escala de laboratorio. Ecuador, 2016, 145. Universidad técnica del norte, facultad de ingeniería en ciencias aplicadas.

²⁰ PÉREZ GUEVARA, Brandon Jesús. Diseño e implementación de una aplicación móvil Android orientada al adulto mayor para apoyar la adherencia al tratamiento médico. Perú, 2019, 294. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Facultad de ingeniería.

arrojados en la finalización de las tareas asignadas por los participantes sin previa inducción fueron de una tasa del 26%, la tasa con una previa inducción del 27%, con el sistema MOS 38 % y con el sistema POS 56%. Al final del estudio, el 75% de los participantes decidieron conservar el sistema POS, el 22 % el dispositivo MOS y tan solo un 3% no decidió continuar con ningún dispositivo²¹.

En la Universidad de San Andrés, se presenta una solución mediante el diseño de un dispositivo IOT para el manejo remoto de enfermedades de pacientes, con el fin de realizar un control de las enfermedades desde el hogar, esto se realiza mediante el envío y recepción de información de los sensores que tiene este dispositivo y a través del cual el medico puede controlar la medicación de sus pacientes y los tratamientos que estos llevan, para ello se basaron en estudios de dispositivos similares donde evidenciaban que se podía hacer seguimiento de actividades con los dispositivos como la de pasar un semáforo, realizar una rutina de ejercicio, entre otros, patrones que podrían ser guardados y enviados con el fin de monitorear el estado de salud del paciente y mantener su prescripción médica actualizada. Para ello se realizó el diseño de un dispositivo que se conectaba a la red mediante Wifi, el cual se albergaba en la casa del paciente y por medio de sensores instalados en el lugar, se captaba la información de actividad física, ritmo cardiaco, recordatorio de alarmas para toma de medicamentos, de igual manera se evidencia que tanto el paciente como el medico podían establecer contacto gracias al dispositivo para realizar una evaluación de su evolución²².

La integración de tecnologías informáticas permiten crear software que apoyen con las actividades del uso cotidiano, en la universidad de Málaga, se realizó el diseño de una aplicación móvil para android que permitía realizar la supervisión de pacientes con Alzheimer, este tipo de personas debían estar en sus primeras etapas de síntomas y deben tener un grado de autonomía, para ello se utilizó un patrón donde el dispositivo móvil debía aprender las actividades cotidianas, horarios, desplazamientos realizados, con el fin de almacenar esta información y enviarla a los familiares y cuidadores de esta persona como una alerta dependiendo de la configuración realizada por el mismo cuando estas salían de la rutina cotidiana y era detectada por el aplicativo el cual funciona mediante GPS. Los resultados del diseño del aplicativo arrojaron buenos resultados teniendo en cuenta que los cuidadores y familiares podían realizar con más facilidad sus actividades diarias y

²¹ MURDO, Dowds. Electronic Reminding Technology Following Traumatic Brain Injury: Effects on Timely Task Completion. 5. The Journal of Head Trauma Rehabilitation 26. Octubre 2011. 47.

²² GONZALEZ TOLEDO, Maximiliano. Diseño de sistema IoT de monitoreo y alarma para personas mayores. Buenos Aires, 2018, 120. Universidad de San Andrés, Escuela de Administración y Negocios Máster in Business & Technology.

poder estar vigilando la actividad del paciente con alzhéimer²³.

²³ PÉREZ LOZANO, Pablo. SafeWalks: aplicación móvil de supervisión de pacientes de Alzheimer, 2015, 10. Universidad de Málaga.

4. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto se desarrolló teniendo en cuenta la definición de la OMS, la cual define el estrés como un grupo de “reacciones fisiológicas” que dispone al individuo para la acción. Una exposición prolongada ante dichas reacciones puede llevar al cuerpo a un estado de agotamiento, provocando en él alguna clase de alteración funcional²⁴. El estudio realizado por Laura B. Oros y Gisela K. Vogel de la Universidad Adventista de Plata en Argentina año 2014, realizan una clasificación de los estresores por etapas de la vida en un rango de edad de 0 a los 18 años, teniendo en cuenta factores evolutivos y comportamientos que sufren los niños en diferentes etapas de la vida. Para ello, definieron tres periodos evolutivos donde se identifican los factores que se relacionan directamente con los estresores. Para los niños en etapa de 0 a 6 años se encuentran factores de separación, pérdida, apego, abuso y abandono; para la etapa de 7 a 12 años se evidencia que la escuela, los compañeros, la socialización, la identidad y los hermanos son la primera causa en este ciclo. En las edades de 13 a 18 años, se determinó que las causas principales de agentes estresores se relacionan con el cambio, transformaciones, competencia, interacción con otro sexo y disfunción familiar.²⁵

De acuerdo con el autor Barraza, los síntomas del estrés académico se componen por reacciones físicas, psicológicas y comportamentales; así, dentro de los síntomas psicológicos las funciones cognitivas y emocionales se ven afectadas, reflejando síntomas como desconcentración, ansiedad, bloqueo mental, problemas de memoria, entre otros.

El crecimiento exponencial productivo del hombre por medio de la globalización ha modificado el entorno con el que interactúa, acarreando como una de las consecuencias el incremento de agentes estresores que pueden generar respuestas corporales negativas²⁶. Teniendo en cuenta lo anterior, se trabajó un desarrollo capaz de generar buenas prácticas organizativas. Además, de brindar una asistencia ante un eventual deterioro cognitivo ocasionado por la exposición prolongada al estrés.

²⁴ ABCDELESTRES. EL ESTRÉS SEGÚN LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. 2015. Disponible en: <https://abcdelestres.wordpress.com/2015/05/13/el-estres-segun-la-organizacion-mundial-de-la-salud/>.

²⁵ OROS, Laura. Eventos que generan estrés en la infancia: diferencias por sexo y edad. Buenos Aires, 2016, 17. Universidad Adventista del Plata, Facultad de Humanidades, Educación y Ciencias Sociales.

²⁶ MENDOZA, Leticia. Factores que ocasionan estrés en Estudiantes Universitarios. Edición 3. Revista Ene de Enfermería 4. Diciembre, 2016. 46.

Bajo el principio de internet de las cosas y su compromiso en la mejora de la calidad de vida a través de la interacción del ser humano con su entorno, se generó una herramienta que brinda ayuda a la población escolar que sufra algún deterioro cognitivo manifestado con la pérdida de memoria a corto plazo ocasionado por algún agente estresor y por el deterioro cognitivo natural del ser humano, respectivamente, con la implementación de un dispositivo portable programable capaz de realizar tareas de notificación al usuario ante el eventual olvido de un objeto personal.

Esto se realizó mediante la conexión de dispositivos físicos con la red, la cual tuvo como máximo propósito las interacciones con el ser humano y su entorno²⁷, adecuándolo por medio de una información globalizada que permitió un beneficio individual y común en las actividades cotidianas con la capacidad de controlar y capturar datos de los objetos; los cuales son enviados por la red teniendo un propósito final de toma de decisiones frente a los datos procesados²⁸. En la actualidad las energías renovables están empezando a tomar una parte importante en la globalización, debido a que tienen como principal característica la no emisión de gases que producen el efecto invernadero. Siendo una herramienta autosustentable, la cual puede aportar frente al cambio climático que afronta el planeta y contribuye con la ruptura de las dependencias energética existentes. Actualmente, existe una gran variedad de energías renovables, dentro de las cuales se encuentran eólica, solar, hidráulica, Biomasa y biogás, geotérmica entre otras.²⁹

De acuerdo con las leyes 142 y 143 de 1994, la institución encargada de proporcionar las directrices necesarias en materia de políticas energéticas en la nación es el Ministerio de Minas y Energías³⁰, que para el año 2022 plantea que Colombia, contara con una capacidad de generar un 12% de energías renovables³¹.

²⁷ RICO BAUTISTA, Dewar. IOT: una aproximación desde ciudad inteligente a universidad inteligente. Edición 13. REVISTA INGENIO UFPSO. Mayo, 2017. 9.

²⁸ GARCÍA GONZÁLEZ, Jesús. IoT: Dispositivos, tecnologías de transporte y aplicaciones, 2017, 73. Universitat Oberta de Catalunya, Telemática.

²⁹ ACCIONA, BUSINESS AS UNUSUAL. La importancia de las energías renovables. 11 Octubre 2020. Disponible en: <https://www.accion.com/es/energias-renovables/>.

³⁰ ARDILA GUEVARA, Andrés Felipe. Marco de referencia para la implementación de energías renovables no convencionales dentro del sistema eléctrico colombiano. 2019. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/77146/1098663531.2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

³¹ EDITORIAL LA REPÚBLICA. Para 2022, 12% de toda la energía generada será de fuentes no convencionales. 2020. Disponible en: <https://www.larepublica.co/especiales/colombia-potencia-energetica/para-el-ano-2022-el-12-de-la-energia-generada-sera-de-fuentes-no-convencionales-2966295>.

Teniendo en cuenta lo anterior, en el compromiso por el medio ambiente, las energías auto sostenibles y las tecnologías a la disposición para el manejo e interacción adecuada del entorno del ser humano y su comunicación (IOT), se propone adecuar la alimentación del dispositivo, por medio de energías renovables.

<https://www.larepublica.co/especiales/colombia-potencia-energetica/para-el-ano-2022-el-12-de-la-energia-generada-sera-de-fuentes-no-convencionales-2966295>.

5. ALCANCES Y LIMITACIONES

En el prototipo físico que se entregó, algunas características que estuvieron sujetas a cambios, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la búsqueda y análisis de información sobre la población a la cual se dirige el proyecto.

Alcance: Se recopiló información sobre la revisión realizada entre distintos perfiles de la población a trabajar, divididos con características tales como: estrato social, desempeño laboral y/o escolar. Se enfocó el diseño en la población estudiantil del área de Bogotá, brindando una herramienta ante el deterioro de la memoria y apoyando en hábitos de organización en las rutinas diarias de la población estudiantil.

Limitaciones: Al ser la población estudiantil del área de Bogotá a la que va destinada este proyecto, la ecuación de búsqueda de las características relacionadas a las necesidades de la población estudiantil, se reduce considerablemente en el número de información disponible para consultar. Esto puede implicar la búsqueda de información incluyendo otras ciudades dentro del área nacional, con el fin de recopilar una mayor cantidad de información. De acuerdo con la actual emergencia sanitaria ocasionada por el COVID 19, la información recopilada sobre las dinámicas escolares dentro de un marco presencial será evaluada antes del inicio de la pandemia en el país.

Alcance: Las características que dan forma a este proyecto son:

- Reconocimiento de objetos primarios
- Tecnología escogida
- Pila integrada
- Energías renovables
- Seguridad

Esto se puede evidenciar en el anexo 1 con el bosquejo en bloques del funcionamiento principal.

Limitaciones:

- La elección de los elementos para el reconocimiento de los objetos primarios se planteó de acuerdo los resultados de las necesidades básicas de los estudiantes. En desarrollo del prototipo, no se pretendió llegar a una

personalización total sobre las necesidades plenas de un grupo determinado de estudiantes.

- La elección de la tecnología, el tipo de energía renovable a implementar y el tipo de almacenamiento de la energía, estuvo de acuerdo con la disponibilidad de elementos electrónicos existentes en el mercado.
- La seguridad para implementar en este primer prototipo se planteó en función de reducir los posibles escenarios de robo de elementos en situaciones donde no haya una confrontación directa con el atacante; por tal motivo, las acciones a implementar tuvieron características propiamente preventivas.

Alcance: Uno de los aspectos importantes que definen la duración entre el diseño, montaje e implementación del dispositivo, fue el adecuado análisis de la información recopilada sobre las necesidades de la población. Ahora bien, dentro de las características y las necesidades de los posibles usuarios se analizó:

- Configuración de usuario.
- Entorno general en el cual va a desarrollar su funcionalidad.
- Tipos de notificación.

Limitaciones: Para implementar estas características básicas, se indago las tecnologías vigentes en el mercado. La funcionalidad final entregada se aproximó a la descripción propuesta para el funcionamiento del dispositivo.

Para ello, las características, alcances y limitaciones de las herramientas, se debieron conocerse de manera previa a su implementación. De acuerdo con ello, las características generales son:

- Almacenamiento y proceso de la información necesaria para la monitorización de los elementos primarios.
- Conectividad y acceso a la información desde la interfaz. Para este prototipo los dispositivos móviles inteligentes, realizara la función de presentación y configuración de las funcionalidades dispuestas para el usuario.
- Seguridad en el acceso a los elementos contenidos en la maleta, de acuerdo con la configuración de la herramienta de seguridad dispuesta.

La finalidad no es desarrollar una nueva tecnología, sino implementar la tecnología existente que mejor se ajuste para el desarrollo del proyecto.

Alcances: Toda la información y notificaciones que maneje el dispositivo, serán presentados al usuario por medio de una interfaz (teléfonos inteligentes y/o tablet). El principal desafío en el desarrollo de la interfaz su funcionalidad e intuición a la

hora de hacer el uso, lo cual conlleva a que alcanzara un entorno agradable para el usuario. Su comunicación con el sistema de control fue de manera inalámbrica, la presentación y configuración de los datos se dieron a través de la interfaz.

Limitaciones:

- El sistema operativo con el cual fue compatible la aplicación propuesta es Android. Esta aplicación no se publicó en la plataforma masiva de Play Store.
- El rango de versiones operativas de la aplicación se definió de acuerdo con la herramienta empleada para su elaboración.
- La funcionalidad de la aplicación se conoció por medio de las características del dispositivo móvil y las especificaciones entregadas por el fabricante.

6. MARCO TEÓRICO

6.1. IOT

Se define IOT como la interconexión de una red compuesta por software y hardware (microcontroladores, microprocesadores, sensores, que se encuentran integrados, entre otros) y que tienen como propósito, subir información a internet de dispositivos de uso cotidiano, reportar información al usuario final y sobre todo establecer comunicación entre estos. IOT se caracteriza por ser una red donde los dispositivos tienen comunicación e intercambian información sin intervención humana, es decir que estos pueden enviar datos a través de la red hacia algún dispositivo conectado a la misma y dar una instrucción o información requerida por este.³²

De acuerdo con el capítulo 6 del libro - Internet of Things applications in the pharmaceutical industry, las características que describen la funcionalidad de un dispositivo IOT inicia con la toma de datos proveniente del entorno por medio de sensores, estos datos obtenidos de las mediciones pueden describir cuantitativamente la energía del medio como lo es la temperatura, la luz, presión y el movimiento para ser transmitidos a un receptor. Las capas fundamentales que dan forma a un ecosistema IOT son, entendiéndolo como un sistema equilibrado en el cual tiene como características un sensor o actuador (Capa de dispositivos IOT), una conectividad a un software en un dispositivo que entrega los servicios específicos de una forma personalizada (La capa de la plataforma IOT) y una transmisión y recepción de datos (Capa de la pasarela IOT). Una característica común entre las tres principales capas, es que la fiabilidad de los elementos que los integran depende del equilibrio del ecosistema; dejando entre dicho que la fiabilidad de los datos obtenidos; junto con las características físicas de los dispositivos, la rapidez de procesamiento de los datos, la transmisión dentro de los protocolos necesarios de enlace y la seguridad para realizar finalmente el procesamiento centralizado de acuerdo a las tareas inteligentes del servicio prestado, realizan una comunión entre sí para dar las características globales de rendimiento en el ecosistema IOT.

Las características que definen la calidad del ecosistema, según el apartado titulado Internet of Things ecosystem ubicado en el capítulo 6 del libro - Internet of Things applications in the pharmaceutical industry; una buena integración entre los datos y su visibilidad en diferentes aplicaciones (estandarización), la viabilidad en cuanto a flexibilidad de su presentación en los hosts, la seguridad en la transmisión de la información encriptada, la infraestructura adecuada en cuanto el almacenamiento y

³² GARCÍA, María. IoT - Internet Of Things. 2020. Disponible en: <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/technology/articles/IoT-internet-of-things.html>.

tratamiento de resultados ofrecidos por los clusters de servidores dispuestos; son las nuevas características generales de un equilibrio acertado en un ecosistema IOT. De acuerdo con las anteriores características, la evolución de la infraestructura se puede describir de una manera más amplia y específica; como una estructura compuesta por la capa de objetos, que recoge los dispositivos dispuestos para la obtención de los datos del entorno, seguida de la capa de transmisión de los datos encargada de transferir los datos obtenidos a la siguiente capa; la capa de gestión de servicios, la encargada del tratamiento y/o manipulación de los datos recibidos, es acá en donde por medio de la infraestructura dispuesta en la nube realiza el trabajo de preparación, procesamiento y almacenamiento de la información que es presentada a la capa de aplicación, donde se entregan y presentan de manera personalizada la información, de acuerdo con las características dispuestas de las diferentes fuentes de software personalizados, los host finales. Esta última capa da lugar a la toma de decisiones de acuerdo con la información entregada sobre las automatizaciones dispuestas en el entorno del usuario; tales como edificios inteligentes, ciudades inteligentes y en entornos empresariales, campo de análisis denominado como big data.

La importancia de la estandarización de los diferentes protocolos de comunicación en la red es uno de los factores más determinantes en la implementación de un ecosistema IOT. En su inicio, los datos se transmitían de manera alámbricos; su posterior evolución se dio hacia las tecnologías inalámbricas, garantizando una independencia en la comunicación; por medio de tecnologías como Wifi, Bluetooth o Zigbee, que a su vez emplearon protocolos estandarizados como HTTP, TLS, CoAP, TCP, UDP y IP para entablar la transmisión y recepción de los datos con la red.³³

La conectividad a la red y la capacidad de conexión entre los diferentes dispositivos, entendiéndola como la competencia de generar, enviar y recibir datos; se pueden describir en tres grandes modelos de comunicación entre los nodos que componen la red, comunicación de dispositivo a dispositivo; que se trata de la comunicación con los nodos que lo rodean, por medio de la detección y seguimiento de su entorno estableciendo la comunicación; un ejemplo claro es el protocolo Bluetooth. Por otra parte, está la comunicación de dispositivo a nube que describe un enlace de comunicación entre el dispositivo con el proveedor de servicios aplicativos o servidor en la nube. La comunicación de dispositivo a puerta de enlace que describe la comunicación de los diferentes nodos con el servidor dispuesto en la nube por medio de puertos de enlaces (Gateway).³⁴

³³ SHUBHANGI K, Gawali. Energy Autonomy in IoT Technologies. Edición 5. International Conference on Power and Energy Systems Engineering. Septiembre, 2018. 5.

³⁴ VARGHESE, Reena. Self-organized Cluster Based Energy efficient Meta Trust model for Internet of Things. Edición 2. IEEE International Conference on Engineering and Technology. Marzo, 2016. 8.

Manteniendo presente la característica de IOT, que utiliza tecnologías alámbricas e inalámbricas para realizar la conexión entre redes y los dispositivos, a continuación, se mencionan las características de estas tecnologías.

6.1.1. TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS

Esta se identifica como las tecnologías en telecomunicaciones que se utilizan para la transmisión y recepción por medio del aire, estas tienen características tales como:

- Bajo consumo energético.
- Baja cantidad de pines.
- Alta tasa de transmisión de datos.
- Estandarización.
- Soporte y actualización constante.
- Flexibilidad
- Soporte Embebido
- Frecuencias no dañinas para el ser humano
- Robustez ante EMI
- Posibilidad de certificación en CEM y SE

Existen varios tipos de tecnologías las cuales se mencionan a continuación y que hacen parte de las tecnologías utilizadas para implementar IOT.

6.1.1.1. WIFI

También conocida como Wireless Fidelity, el Wifi se puede definir como el sistema que no utiliza medios de conexión físico y mediante el cual es posible acceder a internet conformando redes inalámbricas, se basa en el protocolo IEEE 802.11 con el fin de tener un estándar de comunicación en los diferentes dispositivos que lo incluyen, la transmisión de datos de esta tecnología se hace mediante el aire utilizando ondas de radio, es decir que utilizan el mismo funcionamiento de los emisores y receptores de radio pero con una diferencia, esta tecnología utiliza una frecuencia para transmitir datos de 2,4 GHz a 5 GHz, de igual manera el Wifi permite que múltiples dispositivos utilicen una misma conexión de forma simultánea. Se debe tener en cuenta que hay diversos tipos de tecnología, con estándares como la norma

IEEE 802.11³⁵, algunas de las características de este tipo de tecnologías son:

- Las tecnologías Wifi basadas en IEEE 802.11b, IEEE 802.11g e IEEE 802.11n tienen un alto grado de aprobación internacional debido al tipo de frecuencia que estas utilizan como estándar para la transmisión y recepción de datos, para ello utiliza la banda de 2,4 GHz la cual en la gran parte del globo terráqueo se encuentra disponible, este tipo de tecnologías trabajan velocidades de 11 Mbps, 54 Mbps y 300 Mbps.
- También se encuentran las tecnologías wifi-basadas en IEEE 802.11ac o más conocido como Wifi 5, este utiliza una banda de operación de 5 GHz con el fin de operar sobre canales sin uso o limpios, lo cual garantiza baja intermitencia en la transmisión y recepción de los datos. De igual manera tiene una desventaja frente a las anteriores tecnologías debido a que al utilizar una banda de mayor frecuencia su alcance es menor aproximadamente en unos 10 metros³⁶.

Como se evidencia el Wifi cuenta con varias tecnologías para su funcionamiento, las cuales permiten realizar configuraciones como cifrado en el envío de la información y filtros, por medio de nodos de acceso y mediante este se conectan dispositivos a distancia de 20 metros en espacios interiores.

6.1.1.2. NFC

Por su siglas Near Field Communication, es una tecnología inalámbrica que es usada en IOT para la comunicación entre objetos, esta utiliza para la transmisión de datos una banda con frecuencia de 13,56 MHz y su alcance para recibir o enviar información es a una distancia máxima de 15 cm, los dispositivos que utilizan esta tecnología son denominados lectores o TAGs, estos pueden ser activos donde los chip intercambian información generando un campo electromagnético; o pasivos cuya característica de los dispositivos genera un campo electromagnético y el otro utiliza el campo para realizar el intercambio de información³⁷, alguna de sus características importantes de esta tecnología son:

³⁵ ROCA, Miguel. ¿Qué es Wifi?. 2013. Disponible en: <https://www.informeticplus.com/que-es-wifi>.

³⁶ COHELO, Fabian. Qué es Wifi. 2019. Disponible en: <https://www.significados.com/wifi/>.

³⁷ DEL VAYO, Alvarez. Qué es NFC: guía básica de 4 puntos para usarlo en el móvil. 2018. Disponible en: https://www.lespanol.com/elandroidelibre/tutoriales/20181212/nfc-guia-basica-puntos-usarlo-movil/360215751_0.html.

- Es una tecnología para comunicación de campo cercano.
- Mediante ondas de radio permite realizar la identificación de objetos.
- Cuenta con un sistema RFID el cual se compone de una etiqueta, una antena y un lector.

6.1.1.3. BLUETOOTH

Este tipo de tecnología realiza la transmisión de datos sin necesidad de utilizar algún medio físico como cables, llamada tecnología de corto alcance, esta permite que dos dispositivos realicen la conexión entre sí para cambiar datos, en otras palabras, este tipo de tecnología es un protocolo para redes inalámbricas con estándares en IEEE 802.15.1. Ofrece la posibilidad de crear pequeñas redes inalámbricas y facilitar la sincronización entre dispositivos, lo hace mediante un enlace de radiofrecuencia en una banda libre de los 2,4 GHz, su canal de comunicación utiliza una velocidad de 720 Kbits/s, con rangos de aproximadamente 10 metros³⁸, algunas de las características de este tipo de tecnología son:

- Conexión de hasta 8 dispositivos de manera simultánea, mediante el uso de frecuencias de espectro-ensanchado de salto.
- Utiliza tecnología de bajo costo.

Hay diferentes tipos de estándares y versiones de la tecnología bluetooth las cuales se mencionan a continuación:

- Bluetooth Versión 1.0 y 1.0 B: Este tipo de versión es obsoleta, tenía problemas debido a que enviaba la dirección privada de los dispositivos lo que no hacía las conexiones seguras y por tanto el dispositivo era más vulnerable
- Bluetooth Versión 1.1: Este tipo de versión trajo la corrección de su antecesor, se agregaron canales no encriptados y soportados, es decir que el usuario no debía ingresar su dirección para realizar una conexión, también añadió un indicador de señal el cual fue llamado RSSI.

³⁸ KHARKONGOR, Carynthia. ¿Qué es Bluetooth? Toda la información sobre el estándar inalámbrico. 2020. Disponible en: <https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-how/que-es-bluetooth/>.

- Bluetooth Versión 1.2: Esta versión realizó cambios tales como proporcionar una conexión y velocidad de transmisión más rápida y se añadió una resistencia a las interferencias de ondas de radio, también esta versión trae compatibilidad con USB 1.1 y por último se añadió una función de detección de otros dispositivos bluetooth.
- Bluetooth Versión 2.0: La particularidad de esta versión es el uso de la tecnología EDR, esta acelera la transferencia de datos entre los dispositivos, la velocidad máxima de transferencia de esta versión es de 3 Mbp, de igual manera mantuvo compatibilidad con las versiones anteriores.
- Bluetooth Versión 2.1: Trae consigo el aumento de la seguridad en la transferencia de datos, para ello añade Secure Simple Pairing (SSP), realizando un filtrado de los datos y realizando un cifrado superior, otras ventajas frente a las anteriores versiones es el mejoramiento del consumo de energía, así como el emparejamiento entre dispositivos.
- Bluetooth Versión 3.0: Incrementó la transferencia de datos alcanzando velocidades de hasta 24 Mbps e incluyó la opción de realizar transferencias de grandes paquetes de datos por medio de wifi.
- Bluetooth Versión 4.0: Esta versión realiza una combinación del bluetooth y wifi, con este tipo de integración se logró alcanzar transferencias de datos de hasta 32 Mbps, su desventaja es la incompatibilidad con las versiones anteriores.
- Bluetooth Versión 5.0: Esta versión lleva poco tiempo en el mercado, las novedades que tiene es su velocidad de transmisión, su rango de cobertura y mejor fidelidad que sus antecesores³⁹.

³⁹ CHITHRALEKHA, SoftwareLab. ¿Qué es el Bluetooth?. 2018. Disponible en: <https://softwarelab.org/es/bluetooth/>.

6.1.1.4. ZIGBEE

Esta tecnología es un protocolo de comunicación inalámbrica la cual se basa en el estándar IEEE 802.15.4, se caracteriza por tener un bajo consumo y una fácil integración con dispositivos inalámbricos, es decir que este tipo de tecnología se aplica en el campo de la domótica. Utiliza la banda ISM para su funcionamiento, este tipo de banda es utilizada en las áreas de la industria, medicina y científica, ocupa la frecuencia 2.4 GHz en la mayor parte del mundo, en Estados Unidos ocupa la banda 915 MHz y en Europa 868 MHz, esto cambia con la última versión de Zigbee 3.0 la cual solo maneja la banda 2.4 GHz para realizar comunicación entre los dispositivos⁴⁰. Esta tecnología cuenta con las siguientes características:

- Baja tasa de emisión de datos
- Bajo consumo de energía
- Permite la creación de topologías tipo Mesh
- Para su conexión se requiere tener dispositivos tales como: router zigbee, coordinador zigbee y dispositivo final
- Los dispositivos incluyen MAC y PHY⁴¹.

6.1.1.5. LORA

Es una tecnología como sus antecesoras que transmite información por medio inalámbrico, para ello utiliza la radiodifusión, muy parecida a la de los radios AM y FM. Fue creada para aplicaciones de IOT ya que esta permite conexiones rápidas y seguras, su consumo energético es el más bajo que otro tipo de tecnología inalámbrica, lo único necesario para poder tener este tipo de técnica, es realizar la instalación de un gateway el cual permitirá el acceso a internet y controlar los dispositivos, esto hace que sea ideal para realizar conexiones a grandes distancias, su aplicación principalmente es ser provisionada en lugares de poca cobertura celular o para realizar redes privadas⁴², algunas de las características de Lora son:

- Utiliza frecuencias de 433 MHz, 868 MHz y 915 MHz con diferentes velocidades de transmisión

⁴⁰ RAMÍREZ, Manuel. ZigBee, la tecnología barata para comunicación inalámbrica. 2015. Disponible en: <https://elandroidelibre.elespanol.com/2015/08/todo-sobre-zigbee-la-tecnologia-ultrabarata-para-comunicacion-inalambrica.html>.

⁴¹ FERNANDEZ, Yubal. Conectividad ZigBee de Amazon Echo Plus: qué es, cómo funciona y otros dispositivos compatibles. 2019. Disponible en: <https://www.xataka.com/basics/conectividad-zigbee-amazon-echo-plus-que-como-funciona-otros-dispositivos-compatibles>.

⁴² ALFA IOT. ¿Qué es LoRa?. 2018. Disponible en: <https://alfaiot.com/tecnologias-iot/lora/>.

- Distancia de cobertura de hasta 20 Km en buenas condiciones.
- Bajo Consumo
- Baja Transferencia de datos de hasta 255 bytes
- Conexión punto a punto⁴³.

6.1.1.6. SIGFOX

Este tipo de servicio es proporcionado por una empresa francesa la cual genera el servicio de red de cobertura amplia de bajo consumo, es decir este tipo de tecnología es inalámbrica de bajo consumo, la cual funciona con tecnología de transmisión UNB, esta emplea canales estrechos del espectro con el fin de canalizar grandes distancias con un requerimiento mínimo de energía, es decir su funcionamiento es muy similar a las redes de telefonía celular a partir de coalición de varias estaciones receptoras y transmisoras, donde cualquier estación puede recibir la información y transmitirla a la nube⁴⁴. Utiliza una banda pública que ocupa la frecuencia 200 KHz que para enviar un mensaje utiliza un ancho de banda de 100 KHz y puede ser transmitido a velocidades de 100 bits hasta 600 bits. Para resaltar esta red ya se encuentra disponible en el país de Colombia con cobertura en las ciudades principales, el operador que actualmente presta este servicio es Phaxsi⁴⁵.

6.1.2. TECNOLOGÍAS ALÁMBRICAS

Las tecnologías alámbricas se identifican como las tecnologías en telecomunicaciones que utilizan como medio de transmisión y recepción un cable sea eléctrico u óptico, estas tienen características tales como:

- Bajo consumo energético.
- Baja cantidad de pines.
- Alta tasa de transmisión de datos.
- Estandarización.
- Soporte y actualización constante.
- Flexibilidad

⁴³ SABAS. Haciendo IoT con LoRa. 2017. Disponible en: <https://medium.com/beelan/haciendo-iot-con-lora-cap%C3%ADtulo-1-qu%C3%A9-es-lora-y-lorawan-8c08d44208e8>.

⁴⁴ MONTI, Cecilia. Sigfox - The Global Communications Service Provider for the Internet of Things (IoT). 2017. Disponible en: <https://www.sigfox.com/en>.

⁴⁵ FOURTET, Christophe. SigFox, una alternativa a la red Wifi y de paradigma del IoT. 2017. Disponible en: <https://blog.330ohms.com/2017/05/11/que-es-sigfox-y-como-funciona/>.

- Soporte Embebido

Existen varios tipos de tecnologías las cuales se mencionan a continuación y que hacen parte de las tecnologías utilizadas para implementar IOT

- Ethernet Embebido
- I2C (inter integrated circuit)
- SPI (serial peripheral interface)
- USB (Universal Serial Bus)
- CAN (Controller Area Network)
- PLC (Power Line Communications)
- DALI (Digital Addressable Lighting Interface)

6.1.3. UNIDADES DE CONTROL PARA IOT

Existen diferentes tipos de dispositivos que se interconectan entre ellos, estos pueden ser sensores, que se encargan de detectar diferentes comportamientos físicos; de igual manera recolectan información que se utiliza para toma de decisiones en tiempo real o subir a la nube para almacenarlos y luego analizarlos. Para IOT se debe tener en cuenta que estos dispositivos de control deben tener un tamaño mínimo con el fin de acoplarlos a las necesidades del producto o servicio a implementar, esto mediante nanotecnología y sin afectar velocidad y rendimiento del hardware⁴⁶.

6.1.3.1. Sistema embebido

Se describe como la combinación de un Software y Hardware diseñado para cumplir y controlar de forma repetitiva el proceso sobre los ciclos necesarios para cumplir de forma adecuada una instrucción; la característica fundamental que describe su funcionalidad es la capacidad de reacción en tiempo real ante algún cambio en su entorno. Su estructura general se puede describir en tres componentes principales; un hardware que encierra los componentes físicos del sistema y que son controlados por un software, un aplicativo encargado de inspeccionar las operaciones del sistema y una interfaz externa encargada de monitorear el estado

⁴⁶ QUINTANILLA, Ricardo. Plataforma IoT para el Control y Monitoreo de Variables Físicas con Tecnología Open Hardware. El Salvador, 2019, 60. Escuela especializada en ingeniería itca-fepade dirección de investigación y proyección social, ELÉCTRICA Y SISTEMAS INFORMÁTICOS.

del sistema, además de ser capaz de arrojar un diagnóstico sobre el mismo.⁴⁷ Un microcontrolador debido a sus dimensiones puede estar físicamente unido al dispositivo al cual impera, tomando en cuenta las características de funcionamiento de un sistema embebido, este microcontrolador puede ser catalogado como un microcontrolador embebido.

6.1.3.2. Microcontroladores

Dispositivos electrónicos que en un solo circuito integrado contiene la unidad de proceso, memorias RAM y ROM y puertos de comunicación; elementos por los cuales se vale para poder realizar tareas o procesos lógicos. Estos dispositivos se utilizan un lenguaje de bajo y alto nivel para ser programados. A continuación, se describe la estructura general de los microcontroladores.

- **Procesador:** Es el elemento encargado de ordenar las instrucciones recibidas decodificando un código OP, el cual contiene la instrucción para realizar la operación descrita en el código.
- **Memoria:** Las memorias pueden ser de tipo ROM (Rad Only Memory,), las cuales tienen la característica de no ser Volátil y de solo lectura, es decir que la información contenida allí no se borrara si el aparato es desalimentado. Este tipo de memoria es utilizada para almacenar el código por el cual el microprocesador se vale para realizar las actividades programadas, esto describe una de las características de los microcontroladores, que no cuentan con un dispositivo de almacenamiento masivo al no tener la necesidad de contener más de un programa de trabajo para realizar la tarea programada. Esta clase de memoria se puede dividir en dos grandes grupos, por un lado, encontramos las memorias con características de borrado, grupo en el cual se ubican las memorias tipo EPROM, EEPROM y FLASH. Por otra parte, las memorias con características permanentes, grupo en el cual encontramos las memorias M-ROM y la memoria PROM

Otra clase de memoria es la RAM (Random Access Memory), la cual tiene como característica ser de tipo volátil permitiendo la lectura y escritura; la cual describe un tipo de memoria cuyos datos contenidos no están destinados a ser almacenados por una gran cantidad de tiempo, pues al ser desalimentada de su fuente de energía deja de almacenar los datos

⁴⁷ RAMOS, María Agustina. Introducción a los sistemas de tiempo real. 2015, 27. Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura.

contenidos en ella. Es por esta característica que es empleada para almacenar información de variables para ejecutar una acción e instrucciones de cambio en el programa. El acceso en una memoria RAM de lectura y escritura, inicia con el ingreso de un conjunto de bit que indican la dirección en la memoria, un decodificador se encarga de procesarla y apuntar hacia la dirección; allí de acuerdo con la información de control ingresada se realiza una acción de escritura transfiriendo información por el bus de datos a la dirección ingresada, o de lectura transfiriendo los datos por medio del registro de datos de salida.⁴⁸

- **Tipo de memorias ROM**

- **Memoria ROM de mascara:** Esta clase de memoria tiene la cualidad de que la información almacenada no puede ser eliminada o modificada, toda información una vez grabada será permanente en la memoria.
- **Memoria PROM:** Programmable Read Only Memory, Existen dos métodos por los cuales puede almacenar información; el método de fusible, que por medio de la configuración de dos diodos o transistores con un fusible en serie, al ingresar un pulso a una dirección de la memoria funde el fusible de celda, lo cual es leído como un cero lógico, el fusible cuya integridad no se compromete por medio del pulso será validado como un uno lógico. Por otro lado, está el método de destrucción de unión.⁴⁹
- **Memoria EPROM:** Erasable Read Only Memory, esta clase de memoria permite escribir, grabar y borrar la información, para realizar la eliminación de la información contenida en la memoria, se debe exponer la ventana de cuarzo por varios minutos a una luz ultravioleta; la información se encuentra grabada por cargas en las compuertas flotantes internas del dispositivo. Ahora, debido a características del material, al ser expuesta las compuertas a luz ultravioleta las cargas se dispersan, tomando las compuertas con un valor de 1 lógico. Un aspecto negativo de estas clases de memorias es, para eliminar la información, esta debe ser extraída del circuito electrónico.
- **EEPROM, E2PROM** (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory). Esta memoria una vez implementada a un circuito integrado,

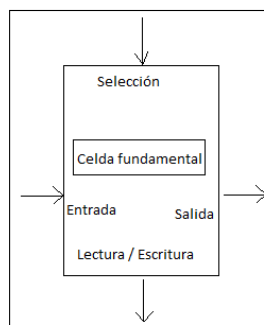
⁴⁸ SORIA, Walter Fabián. Memorias electrónicas. San Miguel de Tucumán, 2018, 18. Universidad Tecnológica Nacional, Regional Tucumán.

⁴⁹ *Ibíd.*, p.9.

permite realizar acciones de escritura y depuración que, por medio de cargas negativas, elimina las cargas contenidas en las compuertas flotantes que a diferencia de las compuertas de la memoria EPROM no son fotosensibles. Para eliminar la información contenida en la memoria no hay necesidad de ser extraída, esto gracias a los denominados grabadores de circuito.

- **FLASH:** Memorias que pueden alcanzar una gran capacidad de almacenamiento más rápida a comparación de la memoria EEPROM. Este tipo de memoria junto con la EEPROM tiene una cantidad finita en las cuales se permite realizar la escritura y la eliminación de archivos en la memoria, lo cual suma un gran valor en la implementación de los circuitos integrados al permitir la escritura y sobre escritura de archivos sin necesidad de ser retirado del sistema, lo cual permite realizar la reprogramación del dispositivo embebido.
- **Tipos de memoria RAM**
 - **Memoria RAM Estática:** De manera general, está compuesta de celdas fundamentales como se visualiza en la figura 1, con pines biestables, su estructura comprende de un pin de entrada, un pin de selección, un pin de lectura y escritura y un pin de la salida de datos. Si al pin de selección ingresa un 1 lógico, es habilitado el pin de lectura y escritura; ahora si al pin de lectura ingresa un 1 lógico, será una operación de lectura, si por el contrario ingresa un 0 lógico, se trata de una operación de escritura, teniendo en cuenta el ejemplo relacionado en la tabla 2.

Figura 1 Celda Fundamental



Fuente: SORIA, Walter Fabián

Tabla 2 Tabla de la verdad de una memoria tipo RAM estática

Selección	Lectura /Escritura	Acción
0	1	Operación de lectura
0	0	Operación de escritura
1	x	Deshabilitada

Fuente: SORIA, Walter Fabián

Por medio de una alimentación continua en las celdas, se mantiene el valor lógico de 1 o 0, esto describe por qué esta clase de memoria es denominada de tipo volátil. Puede tener características asincrónicas, lo cual indica que no depende de la sincronización con el reloj del sistema para transmitir datos; o sincrónica la cual si necesita una sincronización del sistema para funcionar.

La memoria RAM estática Maneja una velocidad de acceso más rápida que la memoria RAM dinámica.

- **Memoria RAM Dinámica** Esta clase de memorias se valen de un condensador para almacenar un bit de dato, lo cual indica que cada determinado periodo de tiempo necesita ser re almacenado el bit en el condensador. Utilizando un transistor tipo MOSFET como interruptor, si se ingresa un 0 lógico por medio de la línea de lectura y escritura, en este caso se entenderá como una actividad de escritura, desactivado los buffers de salida y habilitando los buffers de entrada.

Para escribir se debe ingresar un 1 lógico al sistema por medio de la línea *fila*, el transistor entra en *el punto de trabajo*, conectando al condensador con la línea de *bit*, cargándolo positivamente lo que es equivalente a un 1 lógico. Por el contrario, si se descarga el condensador su valor es equivale a un 0 lógico. Cuando la línea de fila vuelve a un estado lógico de 0, el transistor sale de su *punto de trabajo*, desconectando al condensador de la línea de bit y conteniendo la carga en el condensador.

Por medio de la conmutación por parte del transistor, se puede realizar la acción de escritura o lectura. Una vez ingresado la carga positiva al condensador. Esta clase de memoria tiene la característica de tener más

capacidad de almacenamiento con un consumo menor de potencia. Si se ingresa un 1 lógico por medio de la línea de lectura y escritura, en este caso se entenderá como una actividad de lectura, activando los buffers de salida y deshabilitando los buffers de entrada. Cuando a la línea de fila ingresa un 1 lógico el transistor entra en su punto de trabajo uniendo el condensador con el buffer de salida.

Para refrescar el valor en el condensador, el valor de la línea de *fila* y la línea de *refresco* deben estar en 1 lógico; el transistor entra en estado *activo* con la línea de *bit* y por medio del buffer de salida habilita a una tensión de línea de *bit* con el valor almacenado. Este tipo de memoria tiene un tiempo de acceso más alto a comparación de la memoria RAM estática.

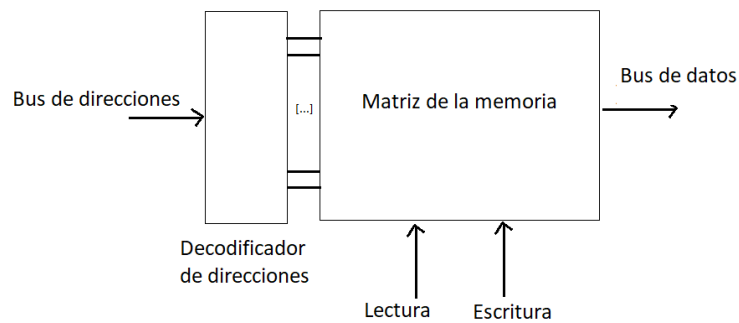
- **Puertos de comunicación:** Son los pines de entrada y salida que actúan como los canales de transferencia y control de información, por medio de señales con la interfaz u otros dispositivos.
- **Reloj principal:** Señal digital oscilante de forma cuadrada, empleada para realizar la sincronización de todas las actividades que se estén realizando en el sistema.
- **Direccionamiento:** Entendiendo una unidad como un bit y un byte, es decir, la unión de 8 unidades, una palabra está conformada mínimo por un byte. Una memoria está compuesta por celdas en las cuales se puede almacenar un 0 o 1 lógico, estas celdas conforman matrices de celdas que de acuerdo con las posiciones en número de filas y columnas se direcciona el contenido; generalmente, las filas contienen las palabras almacenadas en la matriz y son las columnas las que determina el tamaño o capacidad de las palabras que se almacenan. La cantidad del número de filas y columnas entendiéndose como la capacidad de palabras que se pueden almacenar en la memoria es determinada por una potencia de 2^n .

La dirección es la posición por la cual se puede identificar una unidad de datos y es enviada por medio del bus de direcciones y decodificada, si la memoria es 3D este utilizara un decodificador independiente para el número de fila y para el número de columna. De acuerdo con ello existen memorias 2D como se observa en la figura 2 en donde cada celda almacena un solo bit por lo tanto se puede acceder a un bit o a un grupo de bits de acuerdo con la dirección y 3D en donde cada celda es capaz de almacenar una palabra; en

este caso a la mínima cantidad de bit a la que se puede acceder es el equivalente a un byte.

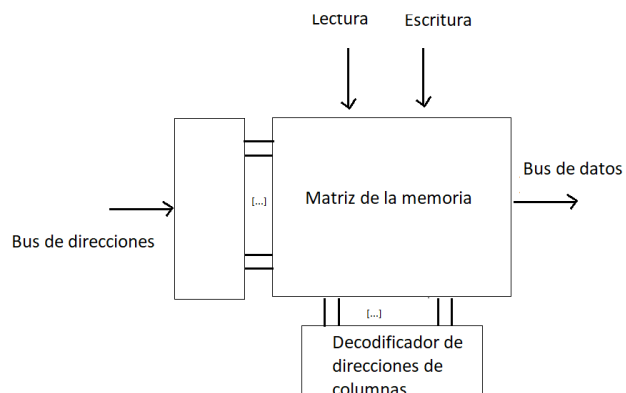
Describiendo un poco las actividades que se desarrollan en una memoria, la lectura extrae los datos que están ubicados en una dirección específica de la matriz de celdas. Por medio del *bus de datos*, la escritura ubica una cantidad de 1 y 0 lógicos en una determinada dirección en la matriz de celdas. Para una memoria 2D, el número de hilos que la conforma va de acuerdo con el número de bits por el cual está conformando la frase como se evidencia en la figura 2. Para una memoria 3D el número de hilos va de acuerdo a la potencia de 2^n , es decir de acuerdo con su capacidad como se visualiza en la figura 3.

Figura 2 Memoria 2D



Fuente: SORIA, Walter Fabián

Figura 3 Memoria 3D



Fuente: SORIA, Walter Fabián

6.1.3.3. SENSORES

El sensor es un dispositivo encargado de realizar mediciones de reacciones físicas o químicas, permitiendo sensar información importante para realizar un proceso o tomar decisiones en el mismo en variables como temperatura, humedad y posición⁵⁰. En el campo de IOT los sensores cumplen un papel importante ya que mediante estos se recolecta información que luego será transmitida por el dispositivo a la red y que por medio de esta puede ser interpretadas por dispositivos conectados a la misma red. Los sensores cuentan con un tipo de características como:

- Condiciones de trabajo
- Precisión de la medición
- Rango de medición
- Ciclo de vida

La elección de los sensores necesarios para determinados trabajos se debe tener en cuenta aspectos como la rapidez con la que se necesita que el sensor de una respuesta de medición, el alcance, rangos y fiabilidad, según sea el espacio en el cual se realice la medición, diferencia de potencial eléctrico y amperaje necesario de tener característica activa⁵¹. Además, características como:

- Sensibilidad: diferencia en la relación de acuerdo con los datos internos y externos del sensor
- Error: desviación de la medición arrojada con respecto al valor real.
- Repetitividad: diferencia de medidas arrojadas por el sensor, en relación con las mismas circunstancias de medición expuestas
- Precisión: Valor máximo errado que se espera
- Resolución: mínima variación esperada de la magnitud que puede ofrecer el sensor como dato de respuesta en su medición⁵²
- Curva de calibración: Grafica proporcionada por el datasheet que brinda la información necesaria sobre el rango de funcionamiento ideal, importante

⁵⁰ ASHTON, Kevin. Dispositivos (I) Internet de las cosas (IoT): Capitulo 14 | Guía de Industria 4.0. 2019. Disponible en: <https://ticnegocios.camaravalencia.com/servicios/tendencias/caminar-con-exito-hacia-la-industria-4-0-capitulo-14-dispositivos-i-internet-de-las-cosas-iot/>.

⁵¹ SERNA RUIZ, Antonio. Guía Práctica de Sensores. 1. España. Creaciones Copyright SL. 2010. 225.

⁵² *Ibíd.*, p.6.

para realizar su calibración de ser necesario⁵³

- **Histéresis:** Es la diferencia de los valores generados de forma ascendente y descendente, en la lectura de un rango determinado⁵⁴.

Se pueden clasificar de acuerdo con:

- Su funcionamiento:
 - **Activos:** Esta clase de sensor necesita de una alimentación exterior de energía para poder operar de acuerdo con sus características.
 - **Pasivos:** Esta clase de sensor no necesita de una alimentación de energía para poder operar de acuerdo con sus características, es operante con las condiciones medioambientales necesarias para realizar la medición de variables.

- Su señal:
 - **Analógicos:** Su principal característica es que los valores de lectura arrojados durante el rango de medición sobre una variable, registra los saltos de un valor a otro, tomando todos los valores intermedios.
 - **Digitales:** Su principal característica es que los valores arrojados durante el rango de medición de una variable, registra los saltos de un valor a otro sin tomar todos los valores intermedios

- De acuerdo con su condición natural de funcionamiento:
 - **Posición:** utilidad en función de cambios de posición de un objeto o cuerpo.
 - **Humedad:** utilidad en función de cambios de humedad en un espacio.
 - **Temperatura:** utilidad en función de cambios de temperatura en un espacio
 - **Químicos:** utilidad en función de cambios de en agentes químicos
 - **Movimiento:** utilidad en función de alguna actividad física
 - **Magnéticos:** utilidad en función de campos magnéticos

⁵³ BARBERA, Javier. Estudio de los sensores para la detección de obstáculos aplicables a robots móviles. 2018, 79. Universitat Oberta de Catalunya, Ingeniería de Telecomunicaciones.

⁵⁴ *Ibíd.*, p.9.

- Fotoeléctrico: utilidad en función de cambios de luminosidad incidente
- Presión: utilidad en función de cambios de presión

- Según su fabricación:

- Semiconductores: Materiales semiconductores
- Capacitivos: Condensadores
- Inductivos: Bobinas
- Mecánicos: Contactos mecánicos que se accionan abriéndose o cerrándose
- Resistivos: Componentes resistivos
- Piezoeléctricos: Cristales

A continuación, en la tabla 3, se presentan algunas aplicaciones para algunos sensores de acuerdo con su funcionamiento:

Tabla 3 Aplicaciones para algunos sensores de acuerdo con su funcionamiento

Sensores más utilizados de acuerdo con su función	
Aplicación	Sensores
Iluminación	Foto resistivos (LDR), Fotoeléctricas
Temperatura	Termo resistores (PTC, NTC, semiconductores)
Humedad	Resistivos, Capacitivos
Posición/Inclinación	Mecánicos, Resistivos, Acelerómetros, Magnéticos
Presencia	Magnéticos, Infrarrojos, Ultrasonido
Distancia	Infrarrojo ultrasonido
Presión	Piezoeléctricos, Resistivos
Caudal	Piezoeléctricos, Magneto resistivos
Frio/Calor	Células Termoeléctricas (Peltier)
Químicos	Detectores de gas y humos

Fuente: SERNA RUIZ, Antonio

Existen diferentes tipos de sensores los cuales se mencionan a continuación y que

son aplicados a IOT⁵⁵.

Sensor de Temperatura

Este tipo de sensor es utilizado en IOT para medir la cantidad de energía térmica de un objeto, persona, animal y convertir estos datos sensados para luego enviarlos a un dispositivo, es decir que este tipo de señales producen cambios en un sistema electrónico con el fin de que se tome decisiones frente a los datos suministrados, estos se pueden usar en aires acondicionados, dispositivos electrónicos, máquinas de procesos, entre otros⁵⁶.

Termocuplas:

Son dos placas de diferente material haciendo contacto, que produce una diferencia de potencial que depende de la temperatura. Esto se conoce como efecto Seebeck. Los materiales seleccionados para conformar los sensores van de acuerdo con la "linealidad, repetibilidad, un amplio rango de temperatura y precisión"⁵⁷.

Estos sensores están estandarizados por capacidad de voltaje y temperatura de funcionamiento y suelen ser encapsulados para protegerlos de los exteriores. Estos se pueden dividir en:

- **Estándar:** Se han estandarizado las normas ANSI, DIN, BS y NF, obteniendo como resultado una correlación de temperatura y fuerzas electromagnéticas.⁵⁸
- **No estándar:** de acuerdo a que su estructura está determinada por materiales no convencionales, las aplicaciones para este tipo de sensores son especiales⁵⁹.

⁵⁵ SALVADOR, David. Sensores IoT: tipos y aplicaciones. 2019. Disponible en: <https://www.nespra.net/blog/sensores-iot-tipos-y-aplicaciones/>.

⁵⁶ OMEGA, . Sensor de temperatura. 2017. Disponible en: <https://es.omega.com/prodinfo/medicion-temperatura.html>.

⁵⁷ MELO, Leonimer F. Sensores de Temperatura: Termopares. 2016. Disponible en: <http://www.uel.br/pessoal/leonimer/termopares.pdf>.

⁵⁸ *Ibíd.*, p.10

⁵⁹ *Ibíd.*, p.25

Termistores:

Resistor térmico que vienen acondicionados en su estructura para protegerlos del medio donde opera, siendo las sondas, discos y glóbulos los más usados. Tiene como características principales que su no linealidad y alta sensibilidad puede incluir rangos aproximados de -50°C a 150° llegando inclusive a 450°C , con variaciones de $100\ \Omega$ a $30\ \text{K}\ \Omega$. pero, su rango de medición en espacios muy amplios es limitada Estos pueden ser:

- **Coefficiente de Temperatura Negativa (NTC):** Moldeados en una estructura normalmente cerámica, tiene por característica que, al aumentar su temperatura, su capacidad resistiva disminuye; es capaz de capturar variaciones de temperaturas pequeñas a causa de que el elemento es sensible a cualquier alteración que afecte a la regularidad de disipación, pero no ofrece exactitud ni estabilidad. Para lograr una curva en la medición entregada de la temperatura (linealización), se puede colocar una resistencia en paralelo con el sensor⁶⁰.
- **Coefficiente de Temperatura Positiva (PTC):** Tiene por característica que al aumentar la temperatura, el material adquiere propiedades que aumentan su capacidad resistiva. Al alcanzar un umbral de temperatura, su coeficiente adquiere valores positivos. Por el contrario, al encontrarse por debajo de dicho umbral, su valor es negativo, casi cero⁶¹.

Termómetros infrarrojos:

De acuerdo con sus características, es ideal para temperaturas superiores a los 1000°C , su rango de medición general obedece a un rango de -50°C a 3000°C . No necesita estar en contacto con el objetivo para medir, son capaces de realizar la medición capturando la radiación electromagnética en el espectro infrarrojo emitido por el cuerpo objeto de medición. Tiene aplicaciones como Hornos, gases calientes, meteorológicos, biológicos, alimenticios, aparatos digitales, forjado, fundición, entre otros⁶².

⁶⁰ SERNA RUIZ, op. cit, p.111

⁶¹ Ibíd., p.200

⁶² BAUSÀ ARAGONÉS, Jesus. SENSORES DE TEMPERATURA. 2017. Disponible en: <https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/1/349/1259/6572/6629/78932.pdf>.

Termo-Resistencia (RTD):

Sensor cuya temperatura varía de igual manera lo hace su resistencia, esto sucede de acuerdo con sus características de conductores metálicos. Las más comunes se conforman de dos alambres que están apoyados en un material aislante, la configuración según el tipo de alambre puede ser:

- **Bifilar:** Los alambres utilizados para su conexión es tan corto, que la resistencia para este caso, en los cables será cero.
- **Trifilar:** Conectados en un sistema puente de Wheatstone. Si los cables usados para la conexión tienen las mismas características de longitud las resistencias manejadas en los mismos se anulan.
- **Cuatrifilar:** De buena exactitud si los cables usados para la conexión tienen las mismas características de longitud, sección y material.⁶³.

Termómetro Digital:

Es un Microcontrolador que permite administrar los datos ingresados y circuito integrado con funciones de termómetro, que permite acceder a funciones adicionales como almacenamiento de datos tomados, imprimir las medidas tomadas en un display, ajuste del rango de medición⁶⁴.

- **LM35:** Calibrado en grados centígrados, de entrada y salida analógica, un rango de medida entre los -55°C y 150° , precisión de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ y aplicaciones como Gestión de baterías, fuentes de alimentación, climatización, accesorios, entre otros.
- **TC74:** Sensor de temperatura digital, con protocolo I2C y una alimentación de 3.3V o 5V. Capaz de enviar el dato medido en una frase de 8 bits, un rango de medida entre los -40°C a 125°C y una precisión entre ± 2 a ± 3 grados centígrados.
- **DHT11:** Sensor digital que integra también la variable de medición de humedad en el cual existen librerías ideales para conectar a una tarjeta de

⁶³ *Ibíd.*, p.24

⁶⁴ BAUSÀ ARAGONÉS, *op. cit*, p.32

desarrollo Arduino. Se presenta de dos formas en el mercado, con o sin resistencia pull up, resistencia de 5K Ω y circuito integrado que facilita la conexión con el microcontrolador. Su rango de temperatura comprende desde 0 a 50°C, presentando los datos en grados centígrados como mínimo cada 0,5 segundos. Su Voltaje de operación va de 3V a 5,5 V, con una precisión de $\pm 2^\circ\text{C}$ y con una resolución de 8 bits.

- **DHT22:** Sensor digital de alta fiabilidad y estabilidad que integra también la variable de medición de humedad en el cual existen librerías ideales para conectar a una tarjeta de desarrollo Arduino. Su Voltaje de operación va de 3V a 5,5 V, con una precisión de $\pm 0,5^\circ\text{C}$ y con una resolución de 16 bits y presentando los datos en grados centígrados y cada 0,5 segundos mínimo.

Sensores de proximidad

Estos sensores se encargan de detectar el movimiento de objetos, personas y animales sin necesidad de tener contactos con los mismos esto lo hace mediante ondas electromagnéticas que este emite y el retorno de estas hace la detección de los objetos, este tipo de señales de fácil lectura se envían al dispositivo con el fin de que este ejecute una acción dependiendo de los datos recibidos⁶⁵.

Existen sensores de proximidad que se mencionaran a continuación:

- **Sensores de proximidad por contacto Físico:** Esta clase de sensores de acuerdo con la ejecución de una fuerza externa se interrumpe el flujo de corriente eléctrica en el orden de microsegundos. Estos pueden ser los finales de carrera, cuya salida es binaria, es decir uno lógico o cero, y potenciómetros cuya salida es binaria o análoga⁶⁶.
- **Finales de carrera:** Estos pueden tener características mecánicas, que al ser accionado puede reaccionar provocando o no un flujo eléctrico, esto dependiendo de las características del circuito (normalmente abierto o normalmente cerrado); de forma neumática, que al ser accionado reacciona ejerciendo o no presión, esto dependiendo de las características del circuito

⁶⁵ LATAM, Mecatrónica. Sensor de proximidad. 2019. Disponible en: <https://www.mecatronicalatam.com/es/tutoriales/sensores/sensor-de-proximidad/>.

⁶⁶ FERNÁNDEZ. Clase 2. Sensores y detectores. 2020. Disponible en: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/18433/1/Tema%202_Sensores%20y%20Detectores.pdf.

(normalmente abierto o cerrado)⁶⁷.

- **Potenciómetro:** Son transductores que varían su valor resistivo de acuerdo con su posición y cuyo uso es amplio no siempre como sensor- Ajustando de acuerdo con su posición un nivel de salida traducido en una funcionalidad como ajuste del volumen de un reproductor de sonido o la velocidad de un motor⁶⁸.
- **Sensores de proximidad sin contacto Físico:** Sensores de uso doméstico e industrial que permiten realizar mediciones con relación a un objeto que este dentro un perímetro (rango de operación), cuya acotación va de acuerdo con las características del instrumento ⁶⁹. Estos pueden ser:
 - Sensores inductivos.
 - Sensores Capacitivos.
 - Sensores Magnéticos.
 - Sensores ópticos.
 - Sensores de Ultrasonido⁷⁰.
- **Inductivos:** Sensores de proximidad que reaccionan ante piezas de composición ferrosas, produciendo una atenuación de la señal magnética⁷¹ a causa de una corriente inducida como respuesta de conmutación que puede estar en el rango de 10Hz a 5000 Hz, máximo 20KHz, que será detectada por un demodulador para realizar la respectiva acción de alerta. En general, tiene un rango de 0.8 mm a 250 mm según sea el tamaño de la bobina⁷².
- **Capacitivos:** Sensor de proximidad que, de acuerdo con un condensador conformado por dos electrodos metálicos, miden la variación capacitiva⁷³ cuando varía el circuito RC, esto de acuerdo a la aproximación de un objeto al rango activo que de manera general varía entre 5 mm y 20 mm llegando

⁶⁷ BARBERA, op. cit, p.40

⁶⁸ BARBERA, op. cit, p.65

⁶⁹ FERNÁNDEZ, op. cit, p.20

⁷⁰ BARBERA, op. cit, p.32

⁷¹ FERNÁNDEZ, op. cit, p.15

⁷² BARBERA, op. cit, p.55

⁷³ FERNÁNDEZ, op. cit, p.18

en algunas ocasiones a 60 mm, produce una corriente inducida que es captada por un demodulador para posteriormente realizar la acción de alerta.

- **Sensores ópticos:** Altamente sensible al polvo y suciedad. Tiene como característica la emisión en línea recta de luz infrarroja (que logra un mayor rango activo del sensor) o roja por medio de un emisor de luz LED a un receptor óptico para ser evaluada electrónicamente. Estos pueden ser:
 - **De barrera:** Para su funcionamiento se necesitan de un emisor y receptor óptico. El Diodo envía un haz de luz que es enviado al receptor que es capaz de acuerdo con la cantidad de luz recibida, calcular la proximidad del cuerpo una vez que este no sea transparente. Fiable y de alto alcance, puede tener un rango activo de 100 metros. Esto, porque el emisor y el receptor deben llevar circuitos por aparte⁷⁴. Pero, necesita de dos conexiones y puede tomar valores erróneos en caso de la ausencia del emisor⁷⁵
 - **De retro reflexión:** Para su funcionamiento se necesita de un elemento reflector, pues sobre el mismo eje se encuentra instalado emisor y receptor; toda diferencia o ausencia de luz es utilizada por el dispositivo que, a partir de la diferencia, calcula la presencia del objeto una vez que este no sea transparente o tenga características reflectantes. El rango activo regularmente puede alcanzar valores de 10 m.⁷⁶
 - **De reflexión directa:** Luz que se refleja en un objeto hasta llegar al receptor óptico (difusión), que está ubicado en el mismo eje del emisor. Las características refractantes del objeto y el ángulo de incidencia de la onda de luz sobre el mismo, influye en el funcionamiento del sistema, pues si el objeto tiene una inclinación puede desviar por completo del rango activo del receptor, además de ser importante el fondo donde refleja. El rango activo del dispositivo puede variar de manera general entre los 50 mm hasta los 2 m. No es de característica lineal.

- **Sensores de proximidad Magnética:** Sensor de proximidad que de acuerdo dos laminas, reacciona a un campo magnético externo, produciendo que las

⁷⁴ BARBERA, op. cit, p.62

⁷⁵ FERNÁNDEZ, op. cit, p.25

⁷⁶ BARBERA, op. cit, p.68

dos placas tengan contacto eléctrico. Si las láminas son compuestas por material magnético, es un sensor reed. Un objeto con característica magnética e imantada que ingrese al rango activo del sensor provocara la conmutación en las placas, dicha distancia varia de manera general hasta 100mm. La corriente que circula por el sensor debe ser de un bajo valor, de lo contrario se puede producir un arco de descarga.

- **Sensores de proximidad Ultrasónicos:** A tonos inaudibles para el ser humano, se emite una frecuencia a un receptor, de alto rango, se puede utilizar en espacios abiertos y dadas a sus características físicas, su zona de detención es considerable teniendo presente que la zona de contacto no es dirigida como un sensor óptico y más costosos, sin embargo, en superficies acostadas se da un error de desvío del sonido⁷⁷, realiza el cálculo de la distancia con relación al tiempo que se demora en ir y volver, el sonido emitido. Su rango puede variar desde los 50 mm a los 10 m. a medida que el trayecto de propagación de la onda acústica aumenta, los errores de medición aparecen, de acuerdo a que su emisión de la onda tiene que ser más larga para vencer la atenuación de la onda en el medio de propagación, este tiempo puede cruzarse con el eco de la onda transmitida⁷⁸.

Sensores de humedad

Estos dispositivos se encargan de medir el nivel de líquido o humedad en un espacio, tanto en interiores como exteriores. Existen dos tipos de sensores, análogos y digitales⁷⁹.

Smart tags

Más conocidas como etiquetas inteligentes, estas basan su funcionamiento por medio de radiofrecuencia, recopilando datos para analizarlos y luego enviarlos utilizando el aire como medio de transmisión Este tipo de lectura se hace sin contacto alguno con el objeto en movimiento, esta se compone de un chip que contiene la información que se quiera transmitir del objeto. De igual manera consta de una antena la cual realiza la transmisión de la información, soportada por el chip

⁷⁷ FERNÁNDEZ, op. cit, p.32

⁷⁸ BARBERA, op. cit, p.59

⁷⁹ KOURO, Samir. Sensores De Humedad. , 2011, 25. Universidad Técnica Federico Santa María, Electrónica.

y la etiqueta⁸⁰. Este tipo de etiquetas puede funcionar en redes LAN donde intercambian con servidores datos del producto para que sea transmitido. No utiliza batería para su funcionamiento debido a que el lector envía un pulso de 134,2 KHz, esta señal tiene un tiempo de duración de 50 ms y es recibida por la antena, es decir que mediante esta señal se envía energía suficiente para alimentar el dispositivo, para que la información pueda ser enviada a una tasa de transferencia de 128 bps.⁸¹

Sistemas de control embebidos

Este tipo de sistema se puede definir como una tarjeta electrónica que está compuesta por un microprocesador y varios componentes que se encargan de realizar la ejecución de un software y así ejecutar unas acciones en tiempo real dependiendo del tipo de configuración, este tipo de sistemas son pequeños con el fin de minimizar recursos sin perder la capacidad de una maquina con la misma funcionalidad pero a grandes dimensiones, para ello se debe considerar en el diseño y desarrollo del sistema una solución en hardware y software adecuado para su funcionamiento.

6.1.4. ULTRASONIDO

Realiza la transmisión de datos por medio de ondas de sonido que no son percibidas por el oído humano, utiliza una frecuencia de transmisión y recepción por encima de los 20 KHz, lo cual permite que los dispositivos realicen comunicación entre sí y cambien información debidamente, su funcionamiento en emitir ondas de ultrasonido y detectar el eco de las mismas con el fin de lograr identificar objetos y transmitir la información a un monitor o simplemente capturarla. Este tipo de tecnología se utiliza en el campo de la medicina para realizar diferentes tipos de diagnósticos y visualizar órganos vitales dentro del cuerpo humano. Existen otros usos como capturar imágenes de objetos, realizar comunicaciones en el mar para verificar si hay un objeto cerca de un barco, entre otros campos.⁸²

⁸⁰ GLARIA, Jaime. Etiquetas inteligentes: nuevas expectativas. 2019. Disponible en: <http://www.packaging.enfasis.com/notas/64005-etiquetas-inteligentes-nuevas-expectativas>.

⁸¹ BOTERO, Hector. Definición, tipos y proyecciones de las etiquetas inteligentes RFID. 2014. Disponible en: <https://www.elempaque.com/temas/ABC-de-las-etiquetas-inteligentes+5031051>.

⁸² FAHEY. Ultrasonido. 2019. Disponible en: <https://www.nibib.nih.gov/espanol/temas-cientificos/ultrasonido>.

6.1.5. MODALIDADES DE ROBO EN BOGOTÁ

Bogotá es una de las ciudades con más habitantes en el país, los cuales desarrollan actividades diarias como estudio, trabajo, entre otras. Para ello deben transportarse por medios de transporte público, o particular donde son vulnerables al hurto, bajo diferentes modalidades de robo como el atraco a mano armada, cosquilleo, raponazo y fleteo⁸³, los cuales se describen a continuación:

- **Atraco a mano armada:** Es una modalidad común utilizada por los ladrones en la cual estos personajes abordan a las personas en el lugar donde estas se están movilizandoy exigen la entrega de sus objetos personales, este tipo de modalidad los ladrones pueden utilizar diferentes tipos de armas o no.⁸⁴
- **Cosquilleo:** En este tipo de robo no se usan armas para cometer el delito, el victimario simplemente sustrae los objetos personales de la víctima sin que esta se dé cuenta, este tipo de hurtos se presentan en lugares donde hay bastante afluencia de personas, es en ese caso donde el victimario aprovecha las circunstancias para cometer el acto delictivo.⁸⁵
- **Raponazo:** Esta modalidad se da cuando la víctima lleva sus objetos personales en la mano un ejemplo puede ser celular, billetera u objeto de valor que el victimario puede ver a simple vista. En este caso el victimario hurta el objeto y sale en la huida para no ser alcanzado por la víctima⁸⁶.
- **Fleteo:** Es una modalidad de robo muy particular donde un grupo de individuos tienen un plan para realizar el robo a las víctimas que se encuentran sacando sumas considerables de dinero de entidades bancarias, luego de identificar a la víctima realizan seguimiento de esta hasta que llega a su lugar de domicilio

⁸³ EL TIEMPO. Las seis modalidades de hurto que han disminuido este año. 2019. Disponible en: <https://www.eltiempo.com/justicia/delitos/hurto-en-colombia-ha-subido-en-general-pero-seis-tipos-de-robo-han-bajado-391352>.

⁸⁴ ASOBANCARIA. Estas son las modalidades de hurto más comunes. 2012. Disponible en: <https://www.sabermassermas.com/estas-son-las-modalidades-de-hurto-mas-comunes/>.

⁸⁵ ACSEGURIDAD. Las 6 modalidades más usadas de robos en Bogotá. 2018. Disponible en: <https://www.acmaseguridad.com.co/las-6-modalidades-mas-usadas-de-robos-en-bogota/>.

⁸⁶ SEMANA. Las modalidades de robo más comunes a locales comerciales, ¿cómo prevenirse? 2017. Disponible en: <https://www.semana.com/pais/articulo/modalidades-de-robo-a-locales-comerciales-en-colombia/247154/>.

donde es abordada y despojada de la suma de dinero.⁸⁷

6.1.6. ENERGÍAS RENOVABLES

Se definen como las fuentes o recursos limpios e inagotables que provienen de la naturaleza y con las cuales se puede producir energía. Estas se basan en el uso de recursos naturales como el agua, el sol, el viento, la biomasa animal o vegetal, es decir que este tipo de energía se pueden renovar ilimitadamente. Los dispositivos inteligentes requieren de alimentación energética y potencia necesaria para su operatividad, esto conlleva a que se encontraran con un sistema capaz de utilizar fuentes renovables y autónomas, que sustituyera las fuentes convencionales teniendo en cuenta que estas no contaban con alta duración y su costo de remplazo era muy elevado.

6.1.6.1. Actualidad

La Agencia Internacional de Energía IEA creada en 1974 (fruto de la denominada crisis de petróleo producto de la decisión de la Organización de países Árabes exportadores de petróleo, de bloquear la exportación de petróleo a países occidentales), es una organización internacional que tiene como principal directriz promover recomendaciones sobre políticas energéticas en aras a la “confiabilidad, la asequibilidad y la sostenibilidad de la energía, cooperando con la seguridad energética, datos y estadísticas, análisis de políticas energéticas, eficiencia energética y el uso creciente de tecnologías de energía limpia.”⁸⁸, publicó en marzo del 2019 el Informe de estado mundial de energía y CO2 2019; en donde aseguran, que el aumento en la demanda energética en el mundo, cuyos registros en el año 2018 fueron del 2.3 %, casi el doble de acuerdo con el cumulo de crecimiento registrado desde el año 2010. La causal de casi la mitad del crecimiento total de las necesidades energéticas con un total de 43.5% de crecimiento en la demanda de energía, proviene del gas natural, quien tuvo un crecimiento mundial del 4.6 %; por otra parte, la demanda mundial de petróleo creció en un 1.3 % y el carbón un 0.7%. Las energías renovables significaron la cuarta parte del total de la demanda de las energías primarias, lo que significa un crecimiento de más del 4 % y un 45% en cuanto a la generación de la electricidad; por último, la energía nuclear creció un 3.3 %, significando un 7 % en el aumento de la demanda energética en cuanto a las tendencias regionales. Dentro de los países con más demanda, está en primer lugar China quien tuvo un aumento del 3.5% siendo el país que registro mayor aumento

⁸⁷ URZUA, Alfonso. Modalidades de robo más comunes. Edición 62. Revista Criminalidad. Abril, 2020. 160.

⁸⁸ IEA. The IEA works with governments and industry to shape a secure and sustainable energy future for all. 2020. Disponible en: <https://www.iea.org/about/mission>.

de la producción energética por medio de energía solar y eólica. En segundo lugar, se encuentra Estados Unidos con 3.5 % e India con 4 % en cuanto a generación de energía primaria, lo que significa un aumento del 11 % en la demanda al nivel mundial.⁸⁹

6.1.6.2. Colombia

En Colombia, el ministerio encargado de generar e implementar todas las políticas necesarias en el sector público en materia de recursos mineros y energéticos de forma sostenible, es el Ministerio de Minas y Energía (MME), el cual se vale de la Unidad adscritas la Unidad de Planeación Minero-Energética UPME, para desarrollar y planear métodos de aprovechamiento de los recursos produciendo y divulgando la información necesaria para ello.⁹⁰ Por otra parte, la comisión reguladora de energía y gas (CREG), controla el suministro de servicios públicos en usuarios y empresas en cuanto a los recursos de energía eléctrica, combustibles gas y tipo líquidos; regulando, vigilando e incentivando la competencia y las necesidades de acuerdo con la vigente ley.⁹¹

El Centro Nacional de Despacho CND creado por la Ley 143 de 1994 es un organismo el cual no está adscrito al Estado, el cual tiene la competencia de garantizar por medio de aspectos técnicos la seguridad en las operaciones del sistema interconectado Nacional.⁹²

De acuerdo con el artículo publicado en International Journal of Energy Economics and Policy, llamado A look to the Electricity Generation from Non-Conventional Renewable Energy Sources in Colombia, el mercado eléctrico colombiano estaba conformado por sesenta y dos generadores de energía, noventa y seis distribuidores, treinta y uno operadores de red y doce operadores de transmisión.

Las energías renovables se pueden dividir en: energía solar, energía eólica,

⁸⁹ IEA. Global Energy & CO2 Status Report 2019 – Analysis. 2019. Disponible en: <https://www.iea.org/reports/global-energy-co2-status-report-2019>.

⁹⁰ UPME. Plan de desarrollo minero-energético. 2017. Disponible en: <https://www1.upme.gov.co/Entornoinstitucional/NuestraEntidad/Paginas/Quienes-Somos.aspx>.

⁹¹ CREG. Regulación de Energía y Gas. 2017. Disponible en: <https://www.creg.gov.co/creg-infantil/que-es-la-creg/mision-y-vision>.

⁹² CNO. Operación del sector eléctrico. 2016. Disponible en: <https://www.cno.org.co/content/quienes-somos>.

biomasa, biogás, energía de hídrica.⁹³

- **Energía solar:** Se considera energía solar al aprovechamiento de energía que es emitida por la luz solar, la captura de esta se hace por medio de paneles los cuales se pueden utilizar para generar energía térmica o energía eléctrica. Este tipo de energía se puede aprovechar debido a que esta genera reacciones de fusión nuclear en el sol y estas son aprovechadas por los paneles solares, es decir que son captadas por las células fotoeléctricas que estos poseen.⁹⁴
- **Energía eólica:** Este tipo de energía se obtiene del viento es decir que es producida por la energía cinética que es causada por las corrientes de aire, el aire pesa aproximadamente 1,225 gramos con lo que se puede concluir que este peso hace que las turbinas de los molinos produzcan energía mediante los generadores eléctricos, es decir que este tipo de sistema tiene un regulador con el cual se puede brindar energía eléctrica a lugares remotos donde no cuentan con suministro de Luz y se puede implementar este tipo de suministro.⁹⁵
- **Energía hidráulica:** Este tipo de energía se genera a partir del movimiento del agua, funciona mediante un mecanismo donde se basa en la corriente del agua mediante compuertas de una central hidráulica la cual empuja una cuchilla y esta gira por la fuerza de esta, actualmente en la gran mayoría de regiones es utilizada esta técnica de energía para la generación de suministro eléctrico.⁹⁶

⁹³ TWENERGY. ¿Qué son las energías renovables?. 2019. Disponible en: <https://twenergy.com/energia/energias-renovables/que-son-las-energias-renovables-516/>.

⁹⁴ PLANAS, Orion. Energía solar. 2019. Disponible en: <https://solar-energia.net/>.

⁹⁵ ROUSAUD, Emili. Energía eólica. Qué es, cómo funciona, ventajas y desventajas. 2018. Disponible en: <https://www.factorenergia.com/es/blog/eficiencia-energetica/energia-eolica/>.

⁹⁶ IDEA. Energías renovables. 2018. Disponible en: <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables>.

7. METODOLOGÍA

Para desarrollar el proyecto y alcanzar los objetivos propuestos, se planteó la siguiente metodología dividida en recopilación y análisis de la información, diseño, implementación y validación del dispositivo. A continuación, se explica con más detalle cada uno de los puntos.

7.1. CONSULTA ESTRUCTURADA DE TECNOLOGÍAS

Recopilación de información

Para esta búsqueda y recopilación de información, se consultó diferentes fuentes de información; bases de datos disponibles como lo son ScienceDirect, Scopus y Google scholar, en donde por medio de artículos, investigaciones, encuestas y estadísticas aplicadas se alimentará la búsqueda; Además se consultará diferentes páginas Web gubernamentales en donde se presente información relevante al nivel nacional como el Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. Toda información que permita identificar las necesidades cotidianas dentro de los ambientes escolares; se evaluó desde los dos roles que interactúan en un aula de clase, es decir, los profesores y los estudiantes. Para ello se buscó información en el rango de tiempo entre los años 2015 a 2019, de acuerdo con el cambio actual que se presenta en las aulas con modalidad semipresencial.

Segmentación de la información

Para encontrar las principales necesidades comunes ante el olvido de objetos personales, se presentó la información por medio de tablas donde se indican los datos relevantes de estudiantes y profesores. Se suministró la mayor cantidad de características que describían el ambiente cotidiano en el cual se desenvuelve el estudiante.

Analizar información

De acuerdo con la información presentada con los datos que describen las necesidades de los estudiantes, en relación con los materiales necesarios para cumplir con las diferentes actividades académicas, además de estadísticas sobre entornos visuales implementadas en aplicaciones móviles, orientadas a la población de interés y características descriptivas que permitan identificar tendencias de los usuarios a la hora de adquirir una maleta; se planteó las posibles necesidades frente al olvido de objetos en el ámbito escolar, interfaces amigables para el público de interés y las características relevantes por parte del usuario a la hora de adquirir

una maleta. La presentación de estos datos se realizó por medio del software Microsoft Excel, con el apoyo de recursos visuales proporcionados por la herramienta tecnológica para exponer los resultados.

7.2. DISEÑO

De acuerdo con la consulta de las tecnologías IOT, análisis de la población y las observaciones de las variables del dispositivo identificadas en la etapa anterior, se realizó el diseño del proyecto. Esta tuvo su desarrollo de la siguiente manera:

7.2.1. Selección de componentes.

Se eligieron los sensores necesarios para la medición de las variables identificadas previamente. También se seleccionaron los módulos adecuados para la elaboración del prototipo, teniendo en cuenta la investigación realizada sobre tecnologías existentes en IoT y seguridad. Además, se escogió el tipo de comunicaciones que requiere el sistema, su alimentación, energía renovable y consumo total de corriente esto se puede evidenciar en el anexo 2.

7.2.2. Diseño físico y electrónico.

Se seleccionaron los diferentes componentes electrónicos, su tipo de comunicación y protocolos, teniendo en cuenta los criterios realizados en la sección de recopilación y análisis de la información. Aspectos como el consumo de voltaje y corriente de cada elemento, capacidad de almacenamiento de datos, distancia mínima y máxima entre los componentes para su adecuada comunicación, compatibilidad de protocolos y comunicación entre el dispositivo y la interfaz, frecuencia de funcionamiento de los componentes, medidas (cm) de cada elemento electrónico que conforme el dispositivo y tamaño como dispositivo final. Esta fase también requiere el diseño de los diagramas de circuitos que muestran la interconexión entre los diferentes componentes, en donde se acotó las especificaciones requeridas; para realizar estos diagramas, se consultaron los correspondientes datasheet. Los diagramas comprendieron a la comunicación, las entradas y salidas del sistema, el detalle estructural de los componentes y sus conexiones electrónicas.

7.2.3. Diseño de la interfaz de usuario.

Se diseñó una interfaz de usuario en la cual se le presento al cliente la información de interés identificada en la fase anterior, características de la APP como tamaño,

compatibilidad con el sistema operativo seleccionado, almacenamiento de los datos, diseño de colores y características visuales para un entorno agradable en la presentación de los datos.

7.2.4. Diseño del diagrama de flujo.

Se hizo un diagrama de flujo que permitió describir el funcionamiento del dispositivo.

7.2.5. Validación del diseño.

La validación del diseño mediante herramientas de software de simulación estuvo sujeta a la disponibilidad de uso por parte de la universidad y a la existencia de este tipo de herramientas en modalidad open source.

7.3. IMPLEMENTACIÓN

Al tener establecido el diseño del prototipo, se realizó la implementación física de los componentes.

7.3.1. Conexión física.

Una vez establecidas las debidas conexiones entre los sensores y el módulo central para su posterior configuración, se configuro los protocolos de comunicación frente al módulo que conformo el dispositivo.

7.3.2. Programación de la unidad de control.

De acuerdo con los componentes seleccionados, las librerías establecidas para la programación en la unidad de control. Se implemento la configuración para la comunicación dispuesta entre los sensores y la unidad de control, a su vez, entre la unidad de control y la aplicación dispuesta.

7.3.3. Montaje aplicación.

Se desarrolló la aplicación para el sistema operativo seleccionado en un entorno de creación de software. Así mismo se estableció las respectivas comunicaciones entre el dispositivo y la interfaz de usuario.

7.3.4. Dispositivo e interfaz.

Inicialmente, se realizó las pruebas de los componentes electrónicos que conforman el dispositivo. Se revisaron los sensores y la presentación de los datos de acuerdo con las especificaciones planteadas en el diseño del dispositivo. Además de realizar las pruebas verificando la debida comunicación con el dispositivo y la presentación de los datos con la interfaz.

7.4. VALIDACIÓN DEL DISPOSITIVO.

7.4.1. Aplicación

Se evaluó el funcionamiento de la aplicación en diferentes dispositivos móviles (Huawei, Motorola, Samsung) con sistemas operativos compatibles a través de pruebas manuales y automatizadas. Estas se indicaron y evidenciaron de manera individual, de acuerdo con cada avance realizado en la programación. Se realizaron pruebas funcionales a partir de la integración entre los avances previamente realizados, permitiendo descubrir regresiones (errores) o mejoras durante su elaboración. Posteriormente se realizaron pruebas automatizadas en herramientas disponibles de manera libre, en donde se verifica la fiabilidad de los flujos propuestos desde el punto de vista del usuario final.

7.4.2. Funcionalidad

La validación del dispositivo se evaluó en cuanto a su funcionalidad entre los diferentes módulos que lo componen y en diferentes niveles. La división de los componentes del dispositivo estuvo compuesta de cinco partes, estos son el sistema de control de ingreso de elementos, medición de la capacidad de la maleta, medición de temperatura del usuario y el módulo de seguridad implementado; estos cuatro aspectos tuvieron convergencia con la quinta parte que conforma el almacenamiento de los datos generados.

Se realizaron pruebas por separado de los diferentes módulos compuestos, analizando su correcto funcionamiento en cuanto a la generación de datos, correcta comunicación de los elementos con respecto al módulo de control y una prueba física en donde se sometió a un estrés la estructura y su incidencia en la funcionalidad de los elementos.

Una vez superada las pruebas individuales por cada módulo, se realizaron registros masivos de información generada por los diferentes módulos descritos

anteriormente, se evaluará la fiabilidad de estos en conjunto con el sistema en su totalidad y su comportamiento durante la transmisión inalámbrica desde el módulo de control a la interfaz dispuesta por el usuario.

8. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

8.1. CONSULTA ESTRUCTURADA DE TECNOLOGÍAS

La consulta de las tecnologías vigentes en el mercado para el desarrollo del prototipo, se indican en el capítulo 6, donde se encuentran las secciones referentes a tecnologías alámbricas, tecnologías inalámbricas y los diferentes términos que recoge esta investigación. Sin embargo, se recopiló información necesaria para identificar las necesidades cotidianas dentro de los ambientes escolares como presento en el siguiente ítem.

8.1.1. Recopilación de Información

De acuerdo con la investigadora y fisioterapeuta Verónica Tamayo Montoya de la Universidad Ces-Uam Medellín, los factores que influyen a la hora de realizar la compra de una maleta escolar son:

- Moda
- Diseños llamativos
- Costo
- Comodidad

Teniendo en cuenta lo anterior, se define la forma general los tipos de mochilas empleados de acuerdo a sus características físicas. Tipo morral que se entiende como aquella maleta que está compuesta de dos tirantas que distribuye el peso de los objetos contenidos en los dos hombros del usuario, tipo manos libres los cuales están compuestos de un solo tirante apoyado en un solo hombro y bolso de mano generalmente de tamaño pequeño.⁹⁷

Por medio de la Ley 1269 las listas de materiales educativos, que incluyen útiles, uniformes y textos que exigen los establecimientos educativos deben estar previamente aprobada por el Consejo Directivo, en el cual están representados padres, estudiantes y exalumnos.⁹⁸ Las familias son participes en la aprobación de

⁹⁷ DANE. Boletín Técnico Educación Formal (EDUC) 2018. 2018. Disponible en: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/educacion/bol_EDUC_18.pdf.

⁹⁸ MINISTERIO DE EDUCACIÓN. Útiles, uniformes y otros cobros. 2018. Disponible en: https://www.mineducacion.gov.co/1759/w3-article-219219.html?_noredirect=1.

las listas escolares, a través de su representante en el consejo directivo del colegio o jardín.⁹⁹

De acuerdo con el diario La República en su artículo “Regreso a clases y Navidad aumentan 40% las ventas de maletas Samsonite”¹⁰⁰ en la navidad del 2017 las ventas sobre maletas tienen un aumento de hasta el 40% debido a que es considerado un buen regalo como elemento de viaje y el pronto reingreso al año escolar por parte de los jóvenes; Además, de acuerdo con la directora de merchandising de maletines de y accesorios de Samsonite Beatriz Lizcano, la empresa Totto controla más de la mitad en las ventas en el mercado de morrales escolar. Algunas de las recomendaciones realizadas por Totto “para elegir un morral adecuado para el regreso a clases”, habla sobre el peso neto de la maleta el cual no debe superar el 15% con relación al peso completo del usuario. Además, para manejar una buena distribución del peso debe ubicarse en la parte frontal de la maleta los objetos más livianos y en la posterior los objetos con el peso, esto con el ánimo de no afectar el equilibrio ergonómico; esta elección va entorno de la talla, clasificándola de la siguiente manera:

- Talla S de 38 a 46 cm
- Talla M de 46 a 51 cm
- Tallas L/XL desde 51 cm.

Finalmente concluye que es una buena opción para lidiar con el peso excesivo para los usuarios más pequeños utilizar maletas con ruedas¹⁰¹.

De acuerdo con la última encuesta nacional de la Federación Nacional de Comerciantes (Fenalco) los sitios donde masivamente se realizan las compras escolares está en primer lugar las papelerías, en segundo lugar, los supermercados

⁹⁹ MINISTERIO DE EDUCACIÓN. Recomendaciones sobre materiales educativos y uniformes escolares. 2018. Disponible en: https://www.mineducacion.gov.co/1759/w3-article-365891.html?_noredirect=1.

¹⁰⁰ LA REPUBLICA. Recomendaciones de Totto para elegir un morral adecuado para el regreso a clases. 2020. Disponible en: <https://www.larepublica.co/empresas/recomendaciones-para-elegir-un-morral-adecuado-para-el-regreso-a-clases-2951067>.

¹⁰¹ DATOS ABIERTOS. ESTADÍSTICAS EN EDUCACIÓN EN PREESCOLAR, BÁSICA Y MEDIA POR DEPARTAMENTO. 2019. Disponible en: https://www.datos.gov.co/Educacion/MEN_ESTADISTICAS_EN_EDUCACION_EN_PREESCOLAR-B-SICA/ji8i-4anb/data.

de cadena y en tercer lugar las ferias escolares¹⁰². Para Fenalco, los cuadernos son el artículo más vendido, estiman que en Colombia se venden unos 16 millones de cuadernos en la temporada del calendario A. Igualmente, afirman que en la lista de los más vendidos se encuentran los bolígrafos y las resmas de papel para fotocopia e impresora.¹⁰³

De acuerdo con el diario La República en una consulta por las principales empresas de útiles escolares en donde las categorías más vendidas son cuadernos y papelería. Supermercados de cadena como Jumbo presentan aumento del 90% sobre sus ventas en la temporada escolar el cual se da en el primer trimestre del año. Su kit escolar más vendido contiene los siguientes elementos:

- Cuadernos
- Set de bolígrafo, lápiz, tajalápiz, borrador y mini regla
- Resma de papel
- Colores
- Corrector
- Regla
- Marcador¹⁰⁴

Por otro lado, la comparación realizada entre los principales supermercados de cadena como éxito, Panamericana, Jumbo y Colsubsidio, comparten los siguientes elementos escolares dentro del kit escolar básico ofrecido:

- Cuaderno cosido
- Colores
- Bolígrafo
- Lápiz
- Borrador
- Tajalápiz

¹⁰² LA REPUBLICA. La mayoría de las familias gastará \$300.000 en compras de la temporada escolar. 2019. Disponible en: <https://www.larepublica.co/empresas/la-mayoria-de-familias-gastara-300000-en-compras-de-la-temporada-escolar-2821359>.

¹⁰³ PORTAFOLIO. Pulso en el mercado de los útiles escolares. 2017. Disponible en: <https://www.portafolio.co/negocios/pulso-en-el-mercado-de-los-utiles-escolares-502843>.

¹⁰⁴ LA REPUBLICA. Venta de útiles escolares aumenta 40% en temporada escolar entre enero y febrero. 2020. Disponible en: <https://www.larepublica.co/empresas/venta-de-utiles-escolares-aumenta-40-en-temporada-escolar-entre-enero-y-febrero-2956199>.

- Corrector
- Regla

De acuerdo con Nielsen, para las cadenas como Grupo Éxito y Cencosud, las categorías más vendidas durante la temporada de compras en el regreso a clase, casi el 50% pertenece a los cuadernos, seguidos de colores y bolígrafos.¹⁰⁵

De acuerdo con el kit escolar entregado por el ministerio de educación para apoyar los procesos de educación se encuentra:

- Maleta
- Diccionario
- Colores y lápices
- Borradores
- Tajalápiz
- Marcadores.¹⁰⁶

Mediante el Acuerdo Distrital 571 de 7 de diciembre de 2014, el Concejo de Bogotá estableció la entrega de un kit escolar gratuito para los estudiantes matriculados en las Instituciones Educativas Oficiales del Distrito Capital ¹⁰⁷. El kit está compuesto por:

- Lápices.
- Borrador.
- Cuadernos.
- Carpeta.
- Kit de cartuchera.
- Morral de lona.

La búsqueda de los elementos escolares en los padres de familia, tiene en primer lugar a las mochilas, en segundo lugar los cuadernos y en tercer lugar loncheras y

¹⁰⁵ CAMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ. El inicio de la temporada escolar aumenta ventas del sector en 40% en promedio. 2019. Disponible en: <https://www.ccb.org.co/Clusters/Cluster-de-Comunicacion-Grafica/Noticias/2019/Enero-2019/El-inicio-de-la-temporada-escolar-aumenta-ventas-del-sector-en-40-en-promedio>.

¹⁰⁶ MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. ¿Qué contiene el kit?. 2021. Disponible en: <https://www.mineducacion.gov.co/1621/w3-article-260989.html>.

¹⁰⁷ ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTA. Boletín Diciembre 2019. 2019. Disponible en: https://matricula.educacionbogota.edu.co/porta1_matriculas/sites/default/files/inline-files/PW_BOLETIN%20KITS%20ESCOLARES%20-%20diciembre%202019.pdf.

lápices.¹⁰⁸ Por otra parte, de acuerdo con La Cámara Colombiana del Libro, durante el año 2018 el 93 % de los libros vendidos en la categoría escolar fueron impresos, lo cual indica que ante la demanda de recursos tecnológicos y virtuales como herramienta de aprendizaje escolar, los libros impresos siguen siendo de prioridad para las instituciones¹⁰⁹, así lo confirma el ministerio de educación, generando una guía para los docentes en el año 2020, en el cual establecía como recursos principal para el desarrollo de las clases Guías, textos escolares, talleres y materiales impresos diseñados por los docentes¹¹⁰; mecanismo impulsado varias veces por el ministerio, ya que en el año 2015 genero por medio del programa todos aprender 2.0, una guía en la cual reconoce para los docentes y tutores como material indiscutible la guía de enseñanza para el docente como y cuadernillo para el estudiante. Estas actividades dentro del aula de clase, se ha de acompañar con carteleras, videos y fotocopias de acuerdo a la ficha o pensum académico acordado por la institución.¹¹¹ El libro en el aula de clase es un elemento capaz de controlar por medio del contenido el avance individual del aprendizaje, reduciendo en cierta manera la presencialidad absoluta del profesor, permitiendo al docente evaluar el avance individual del alumno, hacer consciente al estúdiante de su aprendizaje y autoaprendizaje, además de servir como elemento regulador entre maestro y los padres de familia de acuerdo al contenido avanzado por el estudiante.¹¹²

8.1.2. Segmentación de la información

De acuerdo con los datos recogidos en la secretaria de educación, alcaldía de Bogotá, Fenalco, encuestas en supermercado de cadenas, se encuentra que en primer lugar los cuadernos encabezan las listas escolares, ventas y donaciones de kits escolares. En las aulas de clase, de acuerdo con el artículo de prácticas y

¹⁰⁸ EDITORIAL LA REPÚBLICA. Disminuyó el gasto para canasta de útiles escolares para el regreso a clases. 2019. Disponible en: <https://www.larepublica.co/alta-gerencia/disminuyo-el-gasto-para-canasta-de-utiles-escolares-para-el-regreso-a-clases-2896154>.

¹⁰⁹ CORTÉS BERNAL, VALERIA. Disminuyó el gasto para canasta de útiles escolares para el regreso a clases. 2020. Disponible en: <https://www.elespectador.com/economia/la-lista-de-utiles-en-tiempos-digitales-articulo-902665/>.

¹¹⁰ COLOMBIA APRENDE. STS II.1.A (MATERIAL SÓLO PARA FORMADORES Y TUTORES). 2015. Disponible en: http://aprende.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/naspublic/protocolo_matematicas_-_sts_ii-1-a.pdf.

¹¹¹ *Ibíd.*, p.8

¹¹² VELÁSQUEZ APONTE, Days. El texto escolar: investigaciones sobre sus perspectivas y uso en la ciudad de Bogotá. 2015. Disponible en: <http://biblioteca.clacso.edu.ar/Colombia/fce-unisalle/20170131041229/elttexto.pdf>.

discursos por parte de la Universidad Nacional del Noroeste, el cuaderno, ejerce en las aulas de clase como elemento de seguimiento educacional de la formación de los alumnos, por medio del cual se realiza una trazabilidad de elementos como desarrollo intelectual, temas desarrollados en clase, metodologías y conceptos, los elementos que se dificultan en aprendizaje del alumno y son elementos de evaluación.¹¹³

Por otra parte, se encuentra que los elementos como los bolígrafos, lápiz, borrador, corrector, colores, marcadores están presentes en las principales ventas de supermercado de cadena, kit escolares más vendidos y donados. De acuerdo con las distintas actividades desarrolladas en el aula de clase estipuladas en el pensum y metodología pedagógica empleada por el educador, se concluye que estos recursos son empleados en gran parte en cuadernos, libros, textos y guías escolares, actividades y materiales impresos; elementos incluidos en las estrategias entregadas por parte del ministerio de educación con programas como todos aprender.

El material impreso, guías, textos escolares y actividades de acuerdo con la carga académica propuesta en el aula de clase, posicionan entre las compras más comunes de los supermercados de cadena y kit escolar elementos de papelería; en primer lugar, a resmas de papel presentes en las compras de supermercados de cadenas, paquetes de cartulina y carpetas presente en los kits escolares entregados.

8.1.3. Análisis de la información

Teniendo en cuenta la segmentación de la información tenida en el capítulo 8.1.2 se realizó un resumen de los materiales que son más utilizados en las aulas de clase, como se evidencia en la tabla 4.

¹¹³ DIALNET. De Prácticas y Discursos: Cuadernos de Ciencias Sociales. 2017. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/revista?codigo=22431>.

Tabla 4 Elementos sobresalientes en el ámbito escolar

Mercado	Elemento	Profesores	Padres
Ministerio de educación.	*Maleta. *diccionario. *Colores y lápices. *Borrador. *Tajalápiz. *Marcadores.	*Libros.	*Mochila. *Cuadernos. *Loncheras. *Lápices.
Alcaldía de Bogotá.	* Lápices. *Borrador. *Cuadernos. *Carpeta. *Kit de cartuchera. *Morril de lona.	*Guías. *Textos Escolares *Talleres. *Materiales impresos. *Actividades.	
Fenalco.	* Papelería. *Supermercados. *Ferias escolares.		
	*Cuadernos. *Bolígrafos. *Resmas de papel.		
Jumbo.	*Cuadernos. *Set de bolígrafos. *Resma de papel.		
*Éxito. *Panamericana. *Jumbo. *Colsubsidio.	*Cuadernos. *Colores. *Bolígrafos. *Lápices. *Borrador. *Tajalápiz. *Corrector. *Regla.		
Nielsen.	*Cuadernos. *Colores. *Bolígrafos.		

Fuente: CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ

8.2. DISEÑO

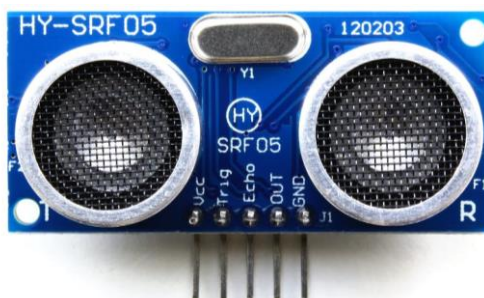
8.2.1. Selección de Componentes

Para el desarrollo del proyecto y teniendo en cuenta la metodología y el marco teórico, se realiza la selección de componentes. Se elaboró una tabla comparativa entre los diferentes componentes a seleccionar, donde se verifico las variables similares y se escogieron teniendo en cuenta los criterios deseados para el diseño.

8.2.1.1. HY-SSRF05

Este tipo de sensor es un ultrasónico como se puede ver en la figura 4, el cual va a permitir medir la variable distancia dentro del maletín para ello se realiza una breve descripción, así como el tipo de interfaz de control.

Figura 4 Sensor Ultrasonido HY-SSRF05



Fuente: HEPTRO

- **Descripción**

Este sensor funciona con una alimentación de 5 voltios, cuenta con una terminal de pulso donde se debe enviar una excitación mediante un pulso de 10 μ s con el fin de que este mediante su pin de salida envíe 8 pulsos a 40 KHz, este tipo de sensor tiene un alcance de 2 cm a 3 m el cual se acopla a las distancias que se tendrán en el maletín 40 cm de alto , otra de sus características es que este tipo de sensor mide el tiempo en que tarda la señal en llegar al objeto y volver y es de esta manera con la cual determina la distancia en la que está el objeto.

- **Interfaz control:**

La interfaz de control de este sensor es:

- **VCC:** Tensión de alimentación a 5V.
 - **TRIG:** Entrada de inicio de una nueva medida, en la cual se aplica un pulso con una duración mínima de 10µs.
 - **ECHO:** Salida del pulso cuya anchura determina el tiempo del recorrido de la señal ultrasónica.
 - **OUT:** Sin conexión se selecciona el modo 1 de compatibilidad con SRF04. Conectado a GND se selecciona el modo 2 de trabajo.
 - **GND:** Puesta a tierra
- **Características Técnicas:**
 - Tensión de Alimentación de 5V
 - Frecuencia de trabajo 40 KHz
 - Rango máximo 4 m
 - Ángulo del sensor: < 15 grados
 - Rango mínimo 1.7 cm
 - Precisión: ~2 mm
 - Duración mínima del pulso de disparo (nivel TTL) 10 µS
 - Duración del pulso eco de salida (nivel TTL) 100-25000 µS
 - Tiempo mínimo de espera entre una medida y el inicio de otra, 20 ms

8.2.1.2. RFID

- **Descripción**

La tarjeta RFID maneja un sistema de modulación y demodulación de 13.56 MHz, el cual soporta el protocolo ISO 14443A / MIFARE. Está en la capacidad de realizar la actividad de lectura y escritura, acción que solo puede ser modificada por un controlador, a una distancia máxima de 5 cm. Además, trae la función de temporizador programable; la frecuencia de su oscilador interno de cuarzo es de 27,12 MHz¹¹⁴ una imagen del módulo RFID se puede evidenciar en la figura 5.

¹¹⁴ PHILIPS. MFRC522. 2007. Disponible en: <https://www.elecrow.com/download/MFRC522%20Datasheet.pdf>.

Figura 5 Modulo RFID



Fuente: PHILIPS. MFRC522

El módulo RFID es capaz de implementar la comunicación con interfaces tipo SPI con una velocidad de transferencia de hasta 10 Mbit/s, UART e I2C que maneja dos modos de transferencias, modo rápido y modo de alta velocidad. De acuerdo al tipo de interfaz host a la cual se comunica, este se reinicia y comprueba el tipo de interfaz del host identificando por medio de los niveles lógicos en los pines de control. La tabla 5, muestra la configuración para la comunicación SPI:

Tabla 5 Comunicación SPI

Módulo RC522	Conexión
SDA(SS)	21
SCK	18
MOSI	23
MISO	19
IRQ	
GND	-
RST	3
2,5 a 3,3 V	-

Fuente: PHILIPS. MFRC522

En esta comunicación, el esclavo es la tarjeta MFRC522, recibe datos del host externo para la configuración por medio del pin MOSI, que inicia la comunicación con un flanco ascendente en la línea del reloj y envió de los

registros y datos para la comunicación en la interfaz RF, por medio de la línea MISO quien realiza el envío, iniciando con un flanco descendente.

- **Lectura**

En la tabla 6, el primer Byte enviado tiene la información del modo y dirección y esta lectura tiene el tamaño de n Byte, el primer bit enviado es el bit más significativo y este debe estar en estado de 1 lógico; los demás bits de la frase del byte, es decir del 6 a 1, definen la dirección y el LSB debe ponerse a 0 lógico.

Tabla 6 Estructura Byte de lectura

7	6	5	4	3	2	1	0
MSB	Dirección						LSB
1							0

Fuente: PHILIPS. MFRC522

- **Escritura**

Para realizar la escritura en el módulo, el primer Byte enviado tiene la información del modo y dirección y esta escritura tiene el tamaño de n Byte, el primer bit enviado es el bit más significativo y este debe estar en estado de 0 lógico; los demás bits de la frase del byte, es decir del 6 a 1, definen la dirección y el LSB debe ponerse a 0 lógico, como se visualiza en la tabla 7.

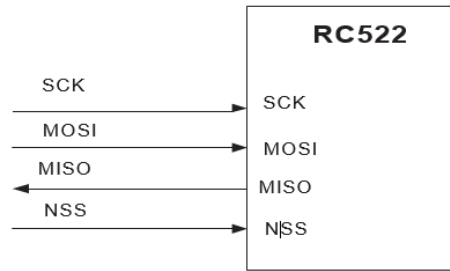
Tabla 7 Estructura byte de escritura

7	6	5	4	3	2	1	0
MSB	Dirección						LSB
0							0

Fuente: PHILIPS. MFRC522

La sincronización del reloj SPI SCK va por parte del maestro, el microcontrolador DFR0478. Para ello se visualiza mediante las conexiones con la tarjeta MFRC522 en la figura 6 que esta contiene el pin SCK encargado de la sincronización

Figura 6 Conexión al microcontrolador por puerto SPI



Fuente: PHILIPS. MFRC522

De igual manera se evidencia en la tabla 8 que actualmente la transmisión del Puerto SCK cuenta con unos parámetros de ancho de pulso teniendo en cuenta el tipo de sincronización a realizar.

Tabla 8 Parámetros protocolo SPI

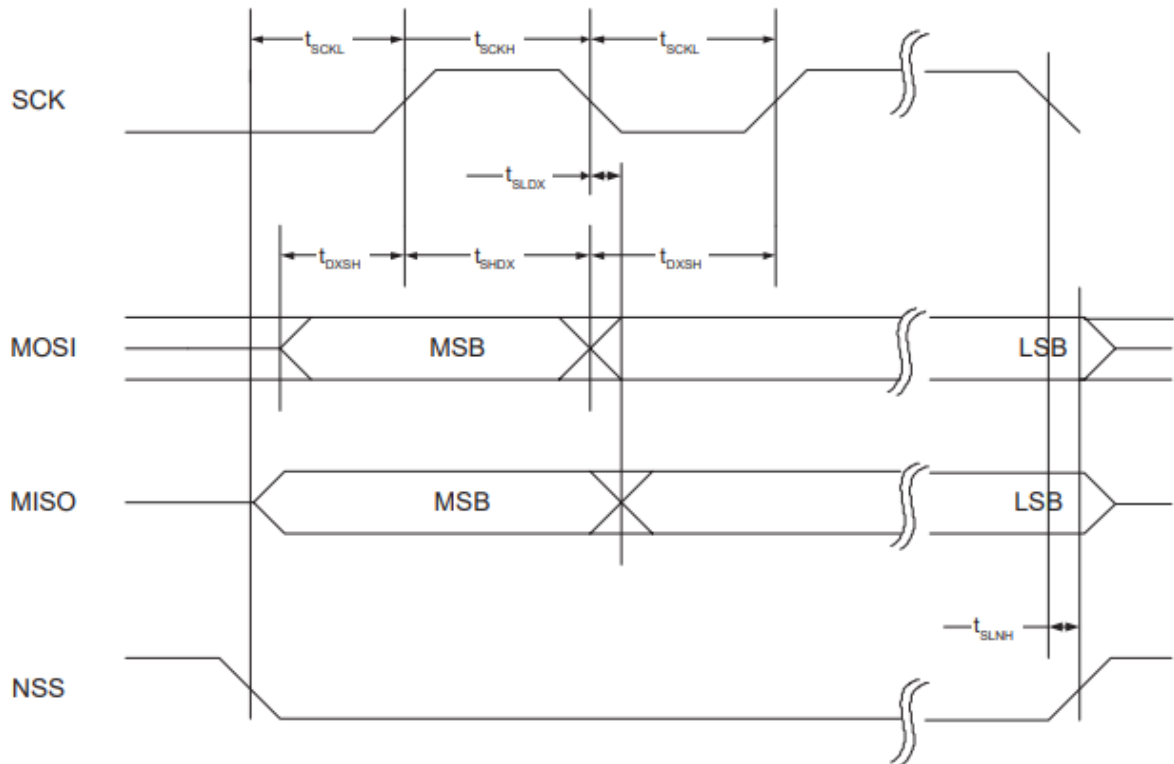
	Parámetro.	Min.	Max.	Unidad.
t_{SCKL}	SCK ancho de pulso bajo	50		ns
t_{SCKh}	SCK ancho de pulso alto	50		
t_{SHDX}	SCK alto a cambio de datos	25		
t_{DXSH}	Cambio de altos a SCK alto	25		
t_{SLDX}	SCK bajo a cambio de datos	-	25	
t_{SLNH}	SCK bajo a NSS alto	0		

Fuente: PHILIPS. MFRC522

Se puede evidenciar en la figura 7, que la señal NSS tiene que estar baja para poder enviar varios bytes en un flujo de datos. Para enviar más de un flujo de datos, la señal NSS debe estar en el nivel ALTO entre los flujos de datos.¹¹⁵

¹¹⁵ *Ibíd.*, p.90

Figura 7 Transmisión SPI



Fuente: PHILIPS. MFRC522

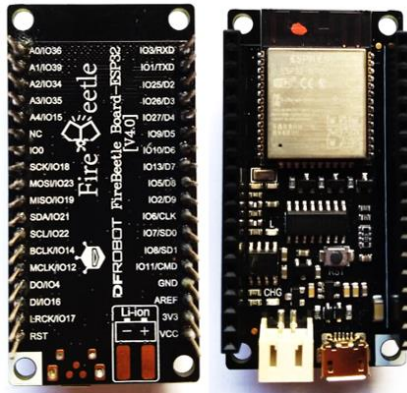
8.2.1.3. Modulo DFR0478

Para el caso de la selección del microcontrolador se tuvo en cuenta características tales como:

- Voltaje de operación.
- Consumo de corriente.
- Memoria del dispositivo.
- Arquitectura.
- Tipo de conexiones.
- Procesador.
- Tarjeta Wifi.
- Tarjeta Bluetooth.

Teniendo en cuenta estas características para la elección que se encuentra en el anexo 5, se seleccionó el módulo DFR0478 el cual se puede ver en la figura 8

Figura 8 Modulo DFR0478



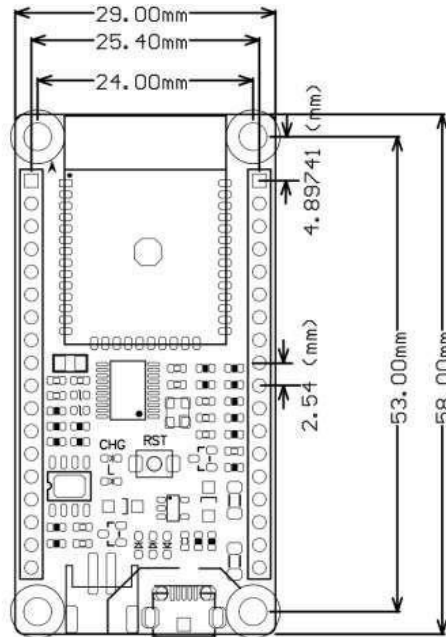
Fuente: Autores.

- **Especificación**

A continuación, se presenta una serie de especificaciones del módulo DFR0478 las cuales son:

- Voltaje de operación 3.3V y su voltaje de salida se da entre los 3.3 y 5 Voltios.
- La corriente de descarga máxima alcanza hasta los 600 mA.
- Tiene un procesador de doble núcleo Tensilica LX6 que maneja una frecuencia de 240MHz, uno para la conexión de alta velocidad y otro para una programación independiente).
- Maneja una memoria SRAM con capacidad de 520KB, una memoria ROM de 448 KB y una memoria Flash con un tiempo de transmisión de hasta 16Mbit.
- Maneja los protocolos Wi-Fi: 802.11 (versiones b, g, n, d, e, l, k y r), con un rango e frecuencia de 2,4~2,5 GHz.
- Tiene un módulo Bluetooth integrado el cual cumple con los estándar BR/EDR/BLE de Bluetooth v4.2, de un rango de frecuencias de 2,4~2,5GHz
- Maneja un reloj de 40MHz y un cristal de 32.768 KHz.
- Tiene una temperatura de trabajo de -40°C~+85°C
- Sus dimensiones son 24 x 53 mm.
- Cuenta con comunicación ADC, I2C, I2S, SPI, UART entre otros y es compatible con Arduino IDE.

Figura 9 Plano Modulo DFR0478



Fuente: PHILIPS.

El módulo DFR0478 cuenta con unos pines definidos por el fabricante el cual cumplen ciertas funciones a la hora de realizar las conexiones con los diferentes periféricos o módulos los cuales se evidencian en la figura 9, a continuación, se relaciona el listado de pines para este módulo:

- | | |
|--------------|--|
| - IO3/RXD | RX Serial. |
| - IO1/TXD | TX Serial. |
| - IO25 | Pin digital GPIO y pin de salida PWM. |
| - IO26 | Pin digital GPIO y el pin de salida PWM. |
| - IO27 | Pin digital GPIO y el pin de salida PWM. |
| - IO9 | Pin digital GPIO y el pin de salida PWM. |
| - O10 | Pin digital GPIO y el pin de salida PWM. |
| - IO13 | Pin digital GPIO y el pin de salida PWM. |
| - IO5 | Pin digital GPIO y el pin de salida PWM. |
| - IO2 | Pin digital GPIO y el pin de salida PWM. |
| - CLK | Pin de reloj. |
| - Puerto SD0 | |
| - SD1 | |
| - CMD | |
| - GND | Línea de alimentación a tierra. |
| - AREF | Voltaje de entrada para la referencia. |
| - 3,3V | Corriente de salida máxima 600mA. |

- 5V	por USB y 3,7V carga por batería de litio.
- IO36	Entrada analógica.
- IO39	Entrada analógica.
- IO34	Entrada analógica.
- IO35	Entrada analógica.
- IO15	Entrada analógica.
- NC	No conectado.
- IO0	Interfaz digital.
- SCK	Pin de reloj de SPI.
- MOSI	Cable de datos SPI.
- MISO	Cable de datos SPI.
- SDA	Hilo de datos I2C.
- SCL	Reloj de I2C.
- BCLK	Reloj de I2S.
- MCLK	Reloj de I2S.
- DO	Cable de datos de I2S.
- DI	Cable de datos de I2S.
- LRCK	Hilo de datos de I2S.
- RST	Puerto de reinicio de bajo nivel.

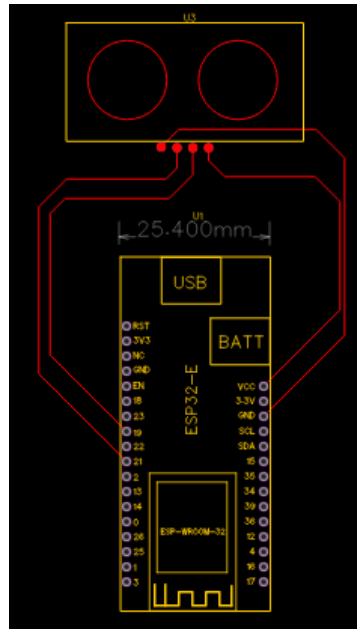
- **Procesador de ultra bajo consumo**

El procesador ULP y la memoria RTC siguen encendidos así este activo el modo Deep-sleep, lo que permite almacenar algún programa en el procesador de ultra bajo consumo en la memoria lenta RTC, habilitando para acceder a los dispositivos periféricos.

8.2.2. Diseño Físico y electrónico

Para realizar el diseño del circuito impreso se empleó como herramienta el software open source EasyEDA. A continuación, se ilustra por medio de un plano CAD la conexión entre el microcontrolador DFR0478 y el sensor de distancia HY-SSRF05 como se visualiza en la figura 10. La transmisión se da por medio de sus conexiones digitales.

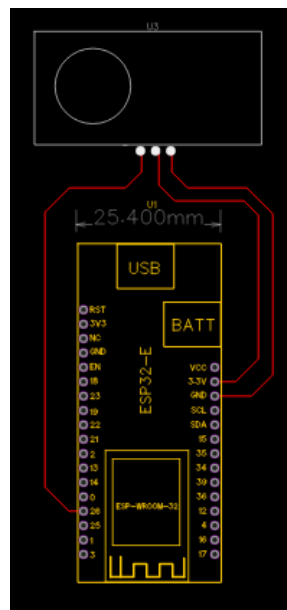
Figura 10 Diseño Físico y Electrónico sensor HY-SSRF05



Fuente: EASYEDA.

En la figura 11, se presenta el plano CAD con las conexiones necesarias para la comunicación digital entre el microcontrolador DFR0478 el módulo electroimán.

Figura 11 Diseño físico y Electrónico módulo electroimán



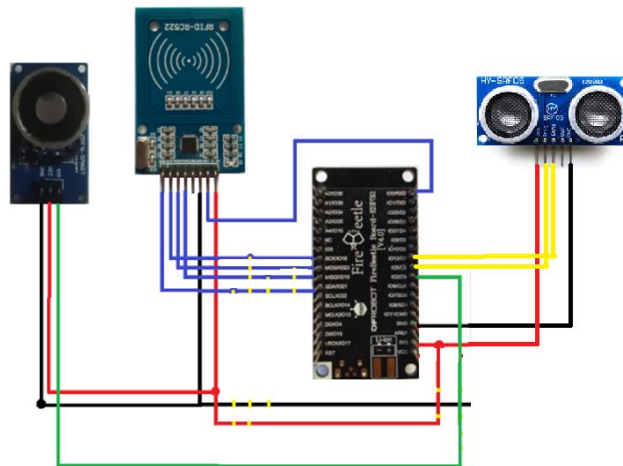
Fuente: EASYEDA.

Además, se realiza la conexión física de los elementos electrónicos seleccionados para el proyecto. A continuación, en la Figura 12 se presenta al módulo DFR0478 conectado con los periféricos mencionados de izquierda a derecha como se muestra en la siguiente lista:

- 1 electroimán Open-Smart Electromagnet.
- 2 RFID rc522.
- 1 microcontrolador DFR0478
- 1 sensor de distancia HY-SSRF05.

En el apartado número de los 9.3.1 conexiones físicas, se puede encontrar el número de pines empleados para cada conexión.

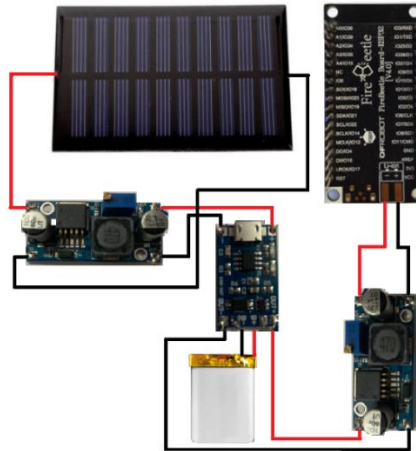
Figura 12 Conexión entre los elementos de control



Fuente: Autores

La alimentación del dispositivo se plantea por medio del Panel solar ZW138X82 el cual puede entregar una carga máxima de 5V y 300 mA. La estructura general del módulo de alimentación se compone de dos reguladores de voltaje LM2596S DC-DCWF-101 ubicados en la entrada y salida de alimentación del módulo de batería TP 4056. Como se muestra en la figura 13.

Figura 13 Modulo de alimentación



Fuente: Autores

8.2.3. Diseño de la interfaz de usuario.

El diseño de la interfaz de usuario se realizó teniendo en cuenta las diferentes aplicaciones en el mercado, así como cuál es el objetivo de la aplicación, el público al que va dirigido entre otros factores que se mencionaran a continuación.

- **Interfaz:** La interfaz para la aplicación debe ser amigable teniendo en cuenta la población a la cual está dirigido el proyecto, de igual manera su uso debe ser fácil e intuitivo a la hora de ejecutar una tarea con el dispositivo, se tuvieron en cuenta interfaces como Rapi, Mercado libre, entre otras para lograr un contexto parecido y que cumpliera con las características de funcionalidad del dispositivo, con colores llamativos al público teniendo en cuenta la información recopilada en el capítulo 8.1.
- **Objetivo de la aplicación:** La aplicación va a ser muy importante a la hora de utilizar el dispositivo ya que mediante esta se va a dar instrucciones de ingreso de artículos al listado, monitoreo de apertura y espacio en la maleta, así como la recordación de los objetos.
- **Funcionalidad:** Para esta sección se realizó el diseño de un diagrama de flujo que se encuentra en el anexo 5 donde se secciona las funciones de la

aplicación, así como las posibles respuestas que pueda tener en caso de algún uso inadecuado por parte del usuario.

8.2.4. Diseño del diagrama de flujo

8.2.4.1. Modulo RFID

Para iniciar con el desarrollo del diseño se realizaron las respectivas pruebas del sistema RFID en la cual se utilizó:

- Microcontrolador FireBeetle ESP32
- Tarjeta RFID

Las pruebas iniciales en las cuales se da el contexto del RFID se basaron en una estructura de verificación, para este caso se utilizó el diagrama de flujo que se encuentra en el anexo 3, donde se tuvo los siguientes pasos:

- a. Sensor Modulo Lector RFID:** En esta sección se inicializa el módulo RFID el cual entra en modo de espera, atento a la lectura de una tarjeta.
- b. ¿Accede una tarjeta?:** Se realiza la pregunta donde se realiza la validación si se ha acercado la tarjeta en caso afirmativo se continua con el proceso, en caso negativo vuelve al paso a.
- c. Lectura de datos de la tarjeta:** En este punto se realizan las lecturas de los datos de la tarjeta o los tags, donde se recibe el número de identificación de este.
- d. ¿Tarjeta activa en el sistema?:** Se realiza la pregunta si los datos de lectura de esta tarjeta están en el sistema mediante un If que se encuentra en código para el microcontrolador, si para este caso la tarjeta se encuentra dentro del acceso continua con el paso e, en caso contrario imprime un mensaje de *tarjeta no encontrada* y termina el ciclo.
- e. Asignación de variable a datos de la tarjeta:** Luego de confirmar que la tarjeta se encuentra activa, se procede asignar una variable a la tarjeta teniendo en cuenta el objeto que se va a ingresar (cartuchera, cuaderno, etc).

- f. Impresión de variable obtenida:** En este caso se realiza la impresión de la variable asignada con lo cual finaliza la lectura de la tarjeta.

Luego de realizar el esquema de funcionamiento del módulo RFID se agrega al diagrama de flujo un paso adicional frente a la conexión Wifi los cuales se describen a continuación:

- g. Inicialización de la interfaz WIFI:** En este paso se inicializa la interfaz Wifi del microcontrolador conectándose a la red mediante un nombre y una contraseña.
- h. Lectura de datos a transmitir:** Se realizan las lecturas de los datos a transmitir por parte del dispositivo y se guardan en una variable para subirlos a la nube.
- i. Impresión y transmisión de variable obtenida:** En este caso se realiza la impresión de la variable asignada y transmitida a la plataforma en la nube con lo cual finaliza la lectura de la tarjeta.

8.2.4.2. Modulo distancia HY-SSRF05

Para iniciar con el desarrollo del diseño se realizaron las respectivas pruebas del Sensor de distancia en la cual se utilizó:

- Microcontrolador ESP32
- Sensor HY-SSRF05

Las pruebas iniciales del sensor de distancia se basaron en una estructura de verificación, para este caso se utilizó el Diagrama de flujo que se encuentra en el anexo 4, donde se realizaron los siguientes pasos:

- j. Sensor Modulo lector de distancia:** En esta sección se inicializa el sensor de distancia para proceder con la medición de objetos.
- k. Lectura de datos de sensor Distancia.** En este apartado se inicia la lectura de datos del sensor de distancia con los cuales realiza captura de datos de espacio.
- l. Transmisión de dato obtenido:** en este punto del diagrama se realizan pruebas de transmisión del sensor e impresión de los datos mediante el monitor serial donde se evidencia la distancia de lectura del sensor.

Luego de realizar el esquema de funcionamiento del Sensor de distancia se agrega al diagrama de flujo un proceso adicional frente a la conexión de WiFi los cuales se describen en el paso h, i, j del punto 8.2.4.1

8.2.4.3. Modulo distancia Electroimán

Para iniciar con el desarrollo del diseño se realizaron las respectivas pruebas del módulo electroimán en la cual se utilizó:

- Microcontrolador ESP32
- Modulo electroimán.

Las pruebas iniciales del electroimán se dieron en una estructura de verificación, para este caso se utilizó el diagrama de flujo que se encuentra en el anexo 3, donde se tuvo los siguientes pasos:

- m. ¿La maleta está abierta?:** Se realiza la pregunta donde se realiza la validación si se ha abierto la maleta la tarjeta en caso afirmativo se continua con el proceso, en caso negativo vuelve al proceso inicial de la pregunta.
- n. Imprimir un mensaje "Maleta abierta":** En este punto se envía un mensaje al usuario donde se indica que la maleta se encuentra abierta.

8.2.5. Validación del diseño.

Se buscó realizar la validación del diseño mediante herramientas software de simulación, sin embargo, dentro del software open source actuales no es posible emular el microcontrolador con cada uno de los componentes propuestos. Para este caso se intento verificar el esquemático mediante los softwares Proteus, Tinkercad, fritzing (versión paga por un mes), sin embargo, dentro de estos programas no se encuentran los elementos necesarios o similares para lograr una simulación del dispositivo.

8.3. IMPLEMENTACIÓN

8.3.1. Conexiones Físicas

Para el diseño propuesto del prototipo a implementar, se realizó la verificación de las conexiones físicas de cada uno de los componentes, teniendo en cuenta que

estos dispositivos ocupan un espacio en los puertos del microcontrolador, para ello se indica las conexiones físicas del microcontrolador y de cada uno de los módulos.

Conexiones físicas utilizadas en el microcontrolador Firebeetle ESP32.

Pines

- IO3/RXD RX Serial.
- IO25 Pin digital GPIO y pin de salida PWM.
- IO26 Pin digital GPIO y el pin de salida PWM.
- CLK Pin de reloj.
- GND Línea de alimentación a tierra.
- 3,3V Corriente de salida máxima 600mA.
- 5V por USB y 3,7V carga por batería de litio.
- SCK Pin de reloj de SPI.
- MOSI Cable de datos SPI.
- MISO Cable de datos SPI.
- SDA Hilo de datos I2C.
- SCL Reloj de I2C.

Conexiones físicas utilizadas en el Módulo RFID - RC522

- SDA.
- SCK.
- MOSI.
- MISO.
- GND.
- RST.
- 3.3V.

Conexiones físicas utilizadas en el Módulo Electroimán

- SIG.
- GND.
- Vcc.

Conexiones físicas utilizadas en el sensor HY-SSRF05

- TRIG.
- Echo.

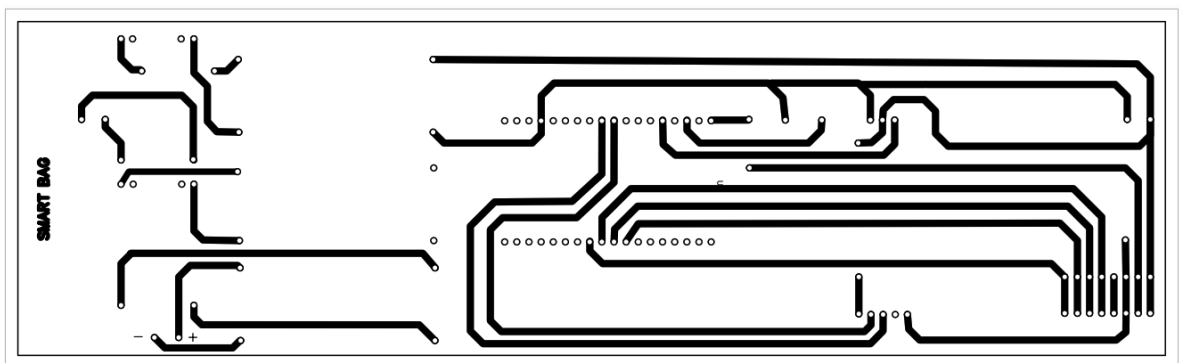
- Vin.
- GND.

Teniendo en cuenta lo anterior se procede a realizar las conexiones de los respectivos módulos para hacer las pruebas correspondientes con el siguiente resultado en la figura 12. En este caso se evidencia que las conexiones para los módulos comparten puertos los cuales se manejan mediante software para su transmisión y recepción de datos, de igual manera para las pruebas físicas que se

Para los módulos de alimentación se planteó la conexión física que se visualizan en la figura 13, las cuales alimentaran el dispositivo, regularan el voltaje de entrada del panel solar y realizaran la carga de la batería, donde se efectuaron pruebas.

Luego de realizar conexiones en la protoboard con cada uno de los elementos y teniendo en cuenta cada uno de los puertos que va a utilizar se procede a diseñar de la PCB con la cual se ensamblarán los módulos respectivos, así como el microcontrolador esto mediante el software gratuito Easyeda, esto se puede evidenciar en la figura 16.

Figura 14 Diseño PCB



Fuente: EASYEDA.

En este esquema de circuito electrónico se evidencia las conexiones descritas anteriormente sobre la PCB con la cual se realizó la elaboración, los materiales utilizados para esta labor son: Baquelita, papel térmico, cloruro ferroso, entre otros. Partiendo del diseño de la figura 16, se procede a realizar el circuito impreso, para ello se imprime el esquemático sobre papel térmico y se hace planchado para marcar sobre la placa de cobre.

Luego de tener el planchado del esquema circuital se procedió a dejar la baquelita en proceso con el cloruro férrico para que este dejara solo las pistas deseadas y

desvaneciera el cobre sobrante. Al finalizar el proceso de la baquelita en la solución de cloruro férrico se obtuvo un resultado el cual se dio en un tiempo estimado de 6 horas para dejar los caminos de cobre totalmente realizados.

Para descubrir las pistas del papel y dejar listo el circuito impreso se procedió a dar brillo y limpieza con esponja de acero. Luego se procede a ensamblar los dispositivos en el circuito impreso obteniendo el siguiente resultado como se ve en la figura 17

Figura 15 Ensamble de componentes electrónicos



Fuente: Autores

Teniendo en cuenta lo anterior se procede, realizar el proceso de montaje de aplicación e interfaz del usuario la cual se ve en el capítulo 8.3.3.

8.3.2. Programación de la unidad de control

Para iniciar la programación de la unidad de control y teniendo en cuenta la selección de componentes que se encuentra en el punto 9.2.1, se procede a realizar la búsqueda de librerías que se encarga del control y comunicación de los dispositivos. Una librería es un programa que se encarga de facilitar la comunicación y las funciones que se le pueden dar a ciertos módulos sensores y se programan en el microcontrolador¹¹⁶, para este caso los módulos a controlar son los encargados del funcionamiento del dispositivo. Las librerías utilizadas para la unidad de control son:

¹¹⁶ PROMECTEC. Guía a la programación de Arduino III - Librerías | Tienda y Tutoriales Arduino. 2019. Disponible en: <https://www.prometec.net/funciones-iii/>.

- **Wifi.h:** Esta biblioteca permite que el microcontrolador se conecte a internet mediante su interfaz inalámbrica, de igual manera hace posible que el microcontrolador funcione como servidor es decir que acepte conexiones entrantes o en caso contrario como cliente y realice conexiones a la red¹¹⁷, para ello dentro del prototipo e implementación del proyecto se genera el uso de esta librería para realizar una comunicación hacia una red Wifi inalámbrica.
- **HTTPClient.h:** Esta biblioteca realiza solicitudes de protocolos de conexión a servidores Web como HTTP, GET, POST, y PUT¹¹⁸, la cual permite conectar el microcontrolador como cliente, para este caso se realiza la solicitud de conexión hacia la red Wifi y se inicia la transmisión de datos al programa thingspeak.
- **SPI.h:** Esta librería utiliza un protocolo de datos el cual es utilizado por los microcontroladores para la comunicación con uno o varios periféricos¹¹⁹, para el prototipo esta librería se utiliza en la comunicación de los módulos SD y RFID teniendo en cuenta que este es el protocolo de comunicación que utiliza estos tipos de modulo para transmitir la información.
- **MFRC522.h:** Esta biblioteca realiza la conexión de la tarjeta RFID, realizando la declaración de los puertos SPI, inicializando la tarjeta e interpretando los datos a transmitir en las variables correspondientes, teniendo en cuenta los datos de las tarjetas leídas.

Dentro de la programación de la unidad de control se tiene en cuenta el diagrama de funcionamiento del dispositivo el cual se encuentra en el anexo 5 para realizar el uso de librerías y conexiones físicas presupuestadas para el funcionamiento del dispositivo.

¹¹⁷ ARDUINO. WiFi library. 2019. Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/Reference/WiFi>.

¹¹⁸ ARDUINO. HttpClient - Arduino Reference. 2019. Disponible en: <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/httpclient/>.

¹¹⁹ ARDUINO. SPI. 2019. Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/reference/SPI>.

En este punto se realizan prueba de cada uno de los programas de la siguiente manera:

Módulo RFID: Se realizó la verificación de lectura de tarjeta y conexión a la red de internet para subir los datos, para ello las pruebas se hicieron mediante el monitor serie de Arduino como se muestra en la figura 22.

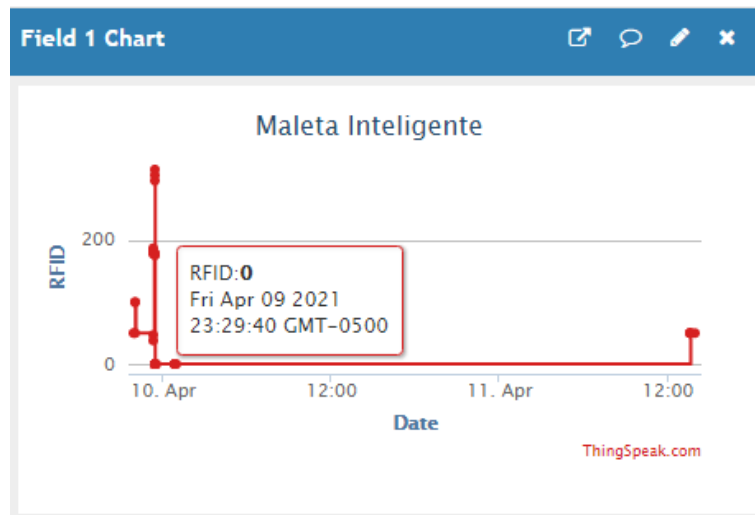
Figura 16 Resultados Modulo RFID



Fuente: Autores. Arduino IDE

En la figura 23, se verifica los datos en la nube los cuales son:

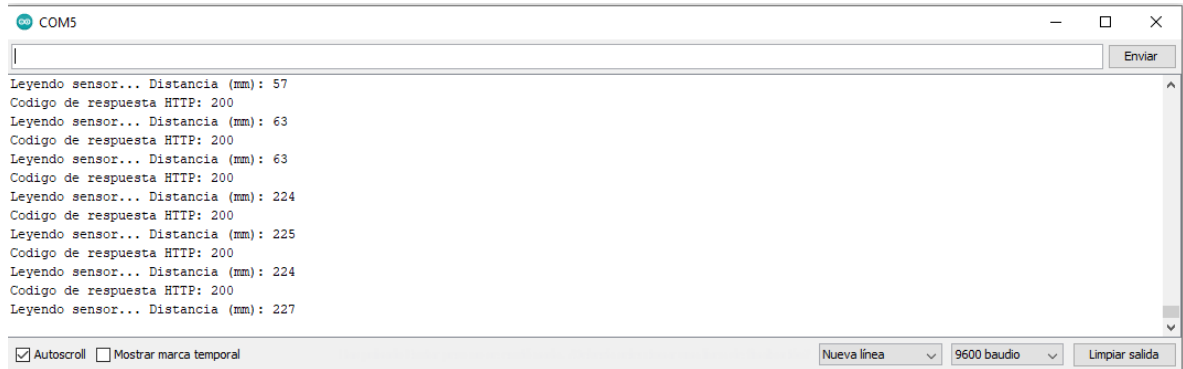
Figura 17 Resultados Modulo RFID, en la nube



Fuente: Autores. Thinkspace

Sensor distancia HY-SSRF05: Se realizó verificación mediante el monitor serie de Arduino teniendo los siguientes resultados frente a las mediciones en la figura 24

Figura 18 Resultados Modulo Distancia

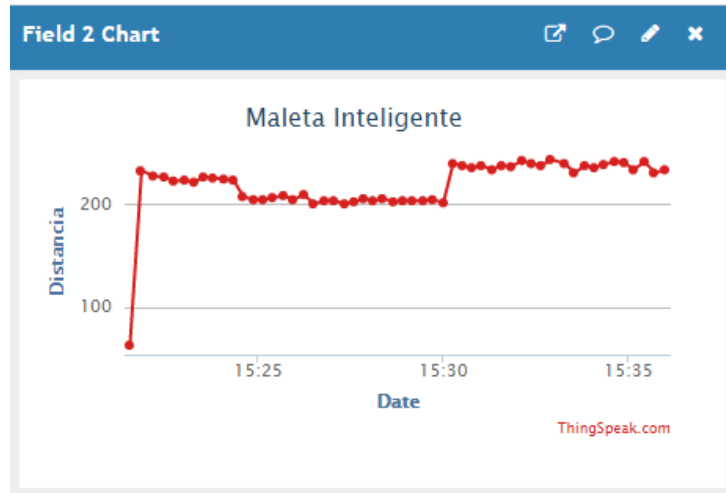


```
COM5
Leyendo sensor... Distancia (mm): 57
Codigo de respuesta HTTP: 200
Leyendo sensor... Distancia (mm): 63
Codigo de respuesta HTTP: 200
Leyendo sensor... Distancia (mm): 63
Codigo de respuesta HTTP: 200
Leyendo sensor... Distancia (mm): 224
Codigo de respuesta HTTP: 200
Leyendo sensor... Distancia (mm): 225
Codigo de respuesta HTTP: 200
Leyendo sensor... Distancia (mm): 224
Codigo de respuesta HTTP: 200
Leyendo sensor... Distancia (mm): 227
```

Fuente: Autores. Arduino IDE

En la figura 25, se verifica los datos en la nube los cuales son:

Figura 19 Resultados Modulo Distancia, en la nube



Fuente: Autores. Thinkspace

8.3.3. Montaje de aplicación

Para el montaje de la aplicación y teniendo en cuenta las características descritas en el capítulo 8.2.3, se procede a realizar el diseño de la interfaz con la ayuda del

programa Apphive, el cual es un creador de aplicaciones móviles avanzado sin requerir previo conocimiento de código para realizar este desarrollo.

El desarrollo de la aplicación empieza indagando en el mercado las diferentes opciones disponibles. De acuerdo con anteriores contactos con desarrollos de interfaces en los cuales se visualizaban datos transmitidos por medio alámbrico, se determinó que herramientas Open Source como ThinSpeak el cual permite almacenar y procesar información por medio de protocolos HTTP a través de una LAN o internet, no son lo suficientemente robusta para la interfaz propuesta para este proyecto. Por otra parte, la aplicación fue destinada a sistemas operativos tipo Android, debe ser capaz de sostener una comunicación bluetooth y permitir seleccionar la versión del sistema operativo.

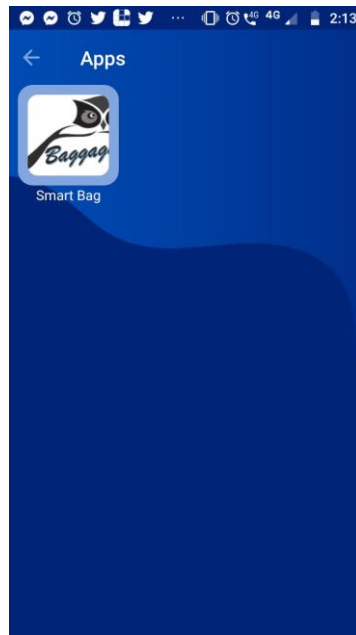
Las características más relevantes por parte de la aplicación son:

- Analizador APK.
- Emulador rápido.
- Editor de código inteligente.
- Lenguaje Kotlin, Java y C / C ++.
- Entorno unificado para el desarrollo disponible para todos los dispositivos Android.

Para este caso se realizó uso de la herramienta la cual nos permitió visualizar las siguientes secciones:

- **Icono de aplicación:** Para este ítem el usuario encontrará el icono con el cual inicia la aplicación e iniciar el control del dispositivo como se muestra en la figura 26.

Figura 20 *Icono de aplicación*



Fuente: Autores. Apphive

- **Página de Inicio:** En esta sección el usuario encontrara la bienvenida a la aplicación, así como el logo y un botón de comenzar ahora como se muestra en la figura 27.

Figura 21 *Página de inicio de la aplicación*



Fuente: Autores. Apphive

- **Opciones de funciones:** En esta sección el usuario encontrara la opción para incluir artículos o verificar la lista creada como se muestra en la figura 28.

Figura 22 Pantalla de opciones de funciones



Fuente: Autores. Apphive

- **Artículos:** En esta sección el usuario encontrara la opción para incluir artículos a la maleta mediante el icono como se visualiza en la figura 29, he indicara cuantos artículos ha incluido hasta el momento.

Figura 23 Pantalla de Articulos

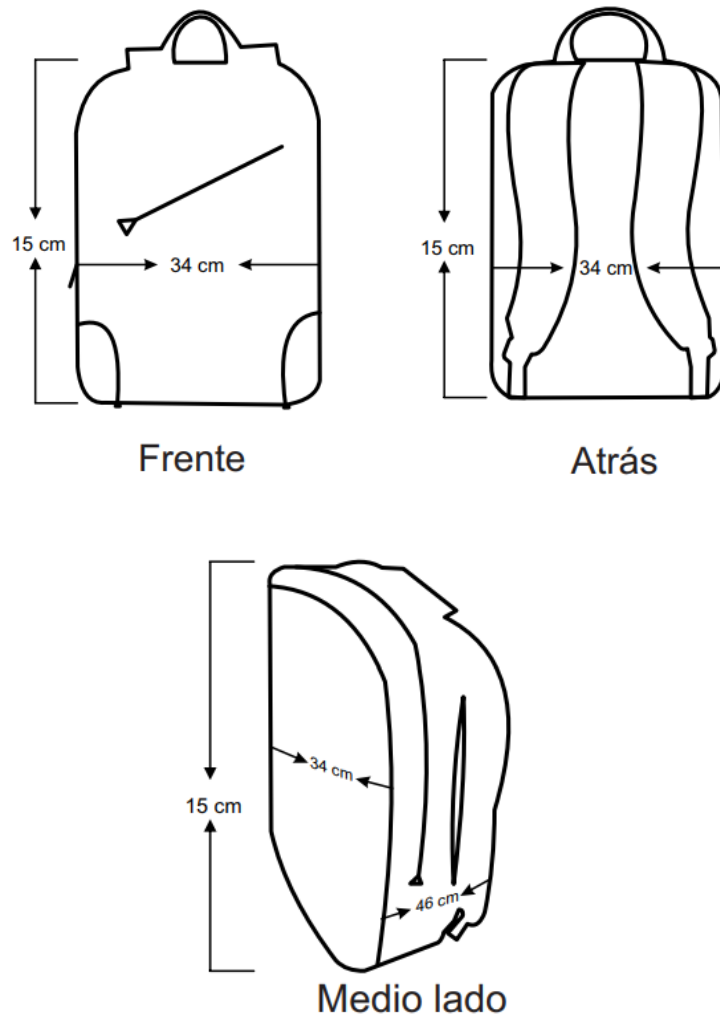


Fuente: Autores. Apphive

8.3.4. MONTAJE FÍSICO

Para el montaje del físico, se compró la maleta Mochila Lenovo casual para equipos portátiles. A continuación, en la figura 24 se encuentra sus respectivas características:

Figura 24 Planos de la Maleta



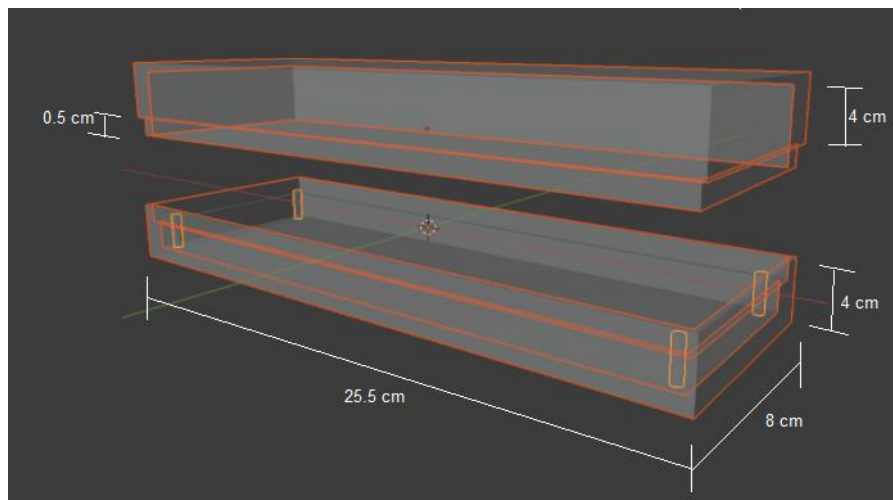
Fuente: Autores.

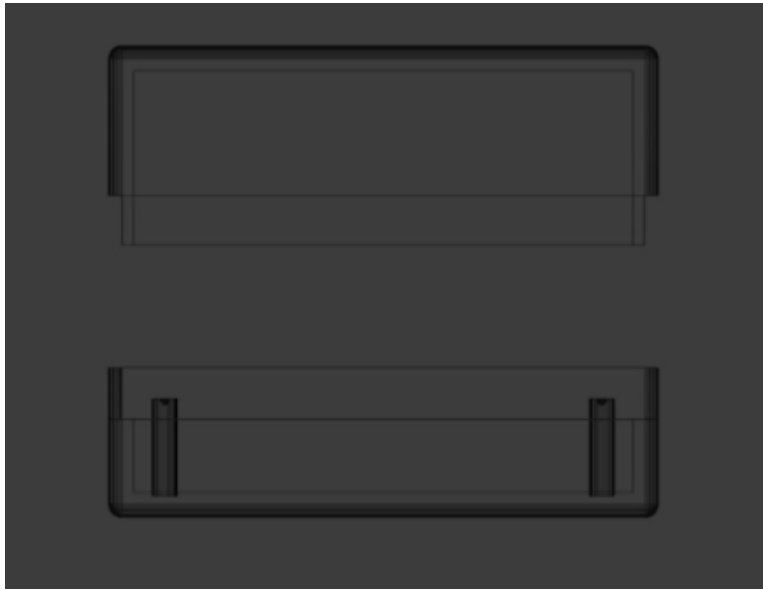
- Marca Lenovo.
- Tela a prueba de agua.

- Color gris.
- Peso 453 gramos.
- Altura de 455 mm.
- Largo 340 mm.
- Profundidad 150 mm.
- Material polyester.

Para realizar su adaptación, se realizó varias modificaciones sobre la maleta. Para adaptar el sistema electrónico, compuesto por la PCB y sus elementos electrónicos, baterías, porta baterías, modulo carga de batería, reductores de voltajes y reductor de corriente, se realizó por medio de modelado 3D un contenedor protector, el cual está compuesto por el material plástico PLA. A continuación, en la figura 26 se presentan los planos realizados por la empresa ARROW:

Figura 25 Planos 3D cobertura de PCB



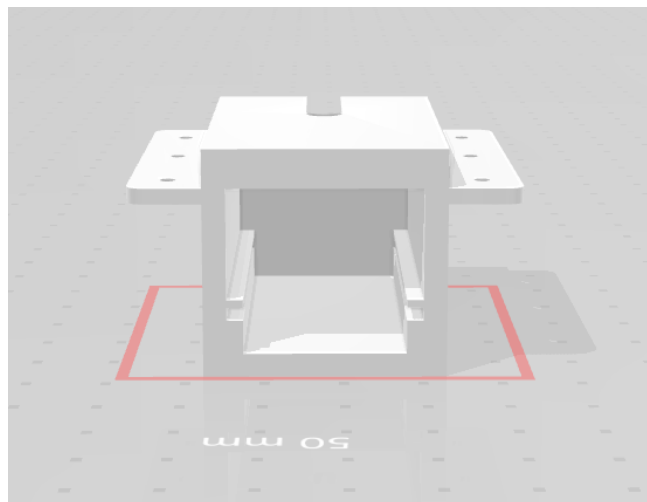
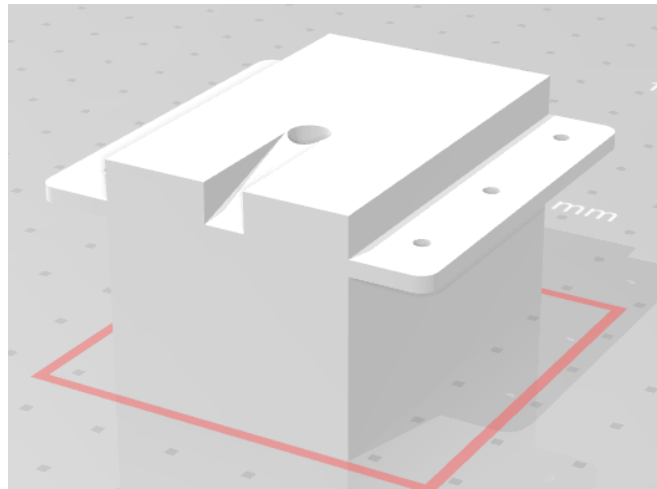


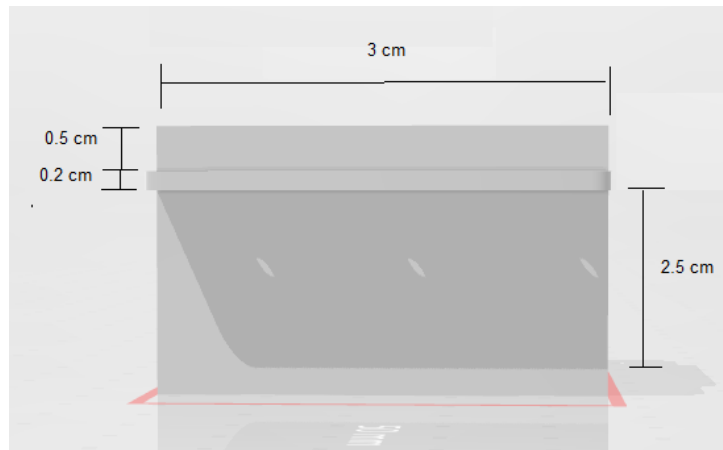
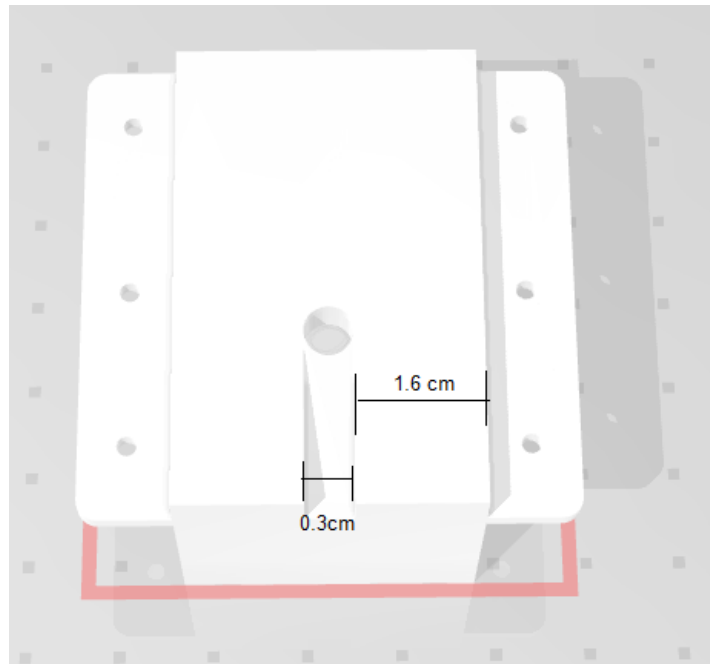
Fuente: Autores.

Esta se adaptó en la parte superior de la maleta. Para ello se realizó la primera modificación de la medida original entre el espaldar de la maleta y el inicio de la cremallera de 4 cm, espacio insuficiente para su adaptación, extendiéndolo a 11 cm. La cremallera original no fue reemplazada. Para sostener dicho contenedor, se empleó velcro y se realizó un bolsillo para este.

Para la seguridad de la maleta, se diseñó un elemento como se ve en la figura 27, en el cual encajara el electroimán dispuesto para el proyecto. Dispone de una rampa la cual sirve de guía para el pin el cual encaja en el agujero para posteriormente ser asegurado magnéticamente por el electroimán.

Figura 26 Cobertura de electroimán

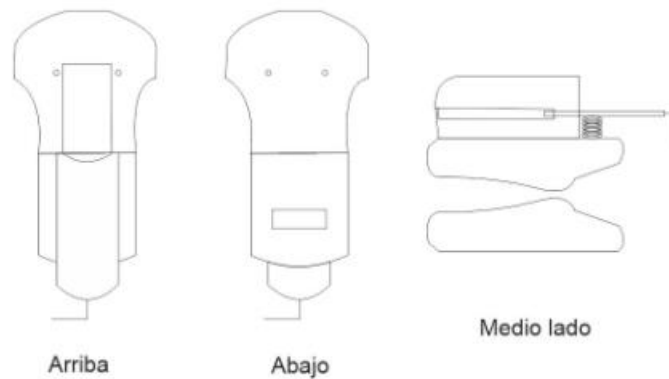




Fuente: Autores.

En la cremallera se adaptó un pin de metal, el cual es atraído magnéticamente por el electroimán y que, gracias al elemento de seguridad diseñado anteriormente, no permitirá realizar el recorrido de cremallera, como se visualiza en la figura 28.

Figura 27 Esquema de Cremallera



Fuente: Autores.

La maleta fue adaptada de tal manera que se agregó un bolsillo externo el cual cubierto de plástico aloja el panel solar. En su interior se adaptaron bolsillos por los cuales se encuentra el cableado desde la parte superior de la maleta, donde se encuentra el contenedor protector hasta el elemento de seguridad dispuesto con el electroimán y cremallera, panel solar y un bolsillo dispuesto en el bolsillo principal de la maleta para la RFID.

A continuación, en las figuras 29 y 30 se presenta las anteriores modificaciones mencionadas, implementadas físicamente.

Figura 28 Modificaciones Externas de la Maleta



Fuente: Autores.

Figura 29 Modificaciones Internas de la Maleta



Fuente: Autores.

La elaboración de la caja para la protección de la placa PCB, se realizó en las mismas fechas que se realizaron las modificaciones de la maleta, comprometiendo su adaptación a la estructura del maletín, lo que llevo a realizar nuevas modificaciones frente a el almacenamiento de esta caja protectora dentro de la maleta, causando retraso en los tiempos de implementación.

8.4. VALIDACIÓN DE DISPOSITIVO

En esta sección se realizó la verificación del funcionamiento del dispositivo desde la interfaz del usuario y el manejo del prototipo el cual se verá a continuación.

8.4.1. Aplicación

Android studio, permite dos lenguajes de programación Java y su evolución Kotlin, al iniciar la programación, permite seleccionar el tipo de sistema operativo. De acuerdo con la información brindada por la aplicación se encuentra que se puede desarrollar aplicaciones para sistema operativos Android con versiones 4.1 hasta 11.0. Las pruebas realizadas en los distintos módulos programados se realizaron en los dispositivos Huawei GR5 con una versión de sistema operativo de 5.1 y Motorola G 5s Plus con una versión de sistema operativo de 8.1.

Figura 30 Sistemas operativos móviles utilizados

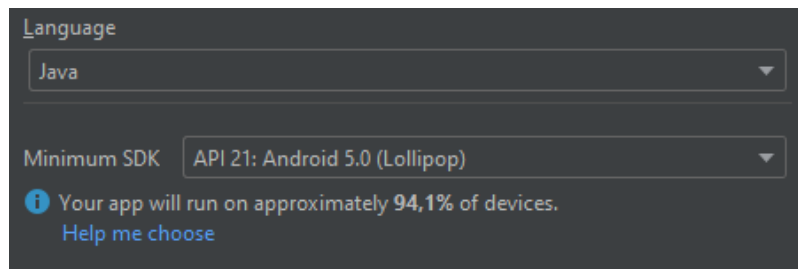
Modelo	Moto G ^{5S} Plus
Canal de Software	retla
Información de hardware	
Versión de Android	8.1.0

Número de modelo	HUAWEI KII-L23
Número de compilación	KII-L23CHLC25B141
CPU	64 bit octa-core
RAM	2,0 GB
Memoria interna	1,78 GB libre/s 16,00 GB en total
Resolución	1080 x 1920
Versión de Android	5.1.1

Fuente: Autores. Android movil

Se determinó que la aplicación funcionara para versiones de sistemas operáticos de 5.0 en adelante, el cual tiene una cobertura de aproximadamente un 94.1% sobre los dispersivos.

Figura 31 Interfaz Android Studio



Fuente: Autores. Android Studio

En Android Studio, se pueden realizar pruebas del código por medio de un celular, el cual permite observar los resultados en la pantalla. Habilitando el modo desarrollo en los dispositivos móviles y su depuración por medio de USB, se carga el código desarrollado.

Figura 32 Opcion desarrollador dispositivo Movil

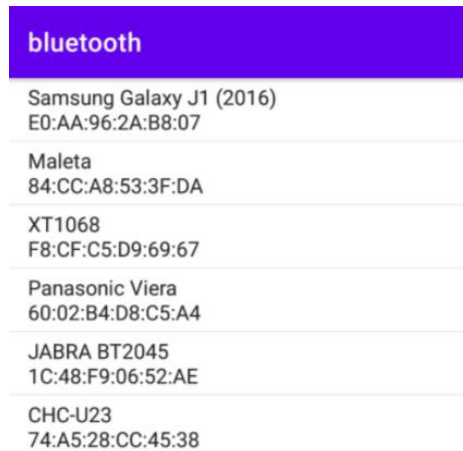


Fuente: Autores. Android movil

En Android Studio se trabaja los proyectos a través de módulos, en los cuales se puede crear las diferentes páginas o vistas que se requiere para la aplicación y sus características. De acuerdo con lo anterior, se creó la bienvenida de la aplicación en la cual se muestra un saludo al usuario. Posteriormente se creó otro modulo en el cual se observa las opciones iniciales de navegación, visualizando las opciones “incluir un artículo” y “observar los objetos listados”.

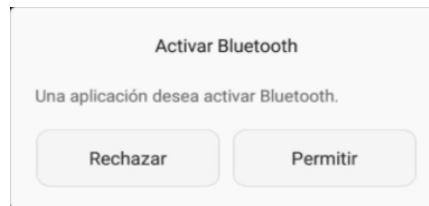
A continuación, se realizó otro modulo dispuesto para visualizar los dispositivos vinculados. Este permitió enviar al usuario una ventana emergente preguntando si se autoriza encender o no la comunicación bluetooth. Si el usuario imprime una negativa en la aplicación, ésta no se ejecuta. Por otro lado, si este imprime una respuesta afirmativa la aplicación lista los dispositivos.

Figura 33 Interfaz Bluetooth



Fuente: Autores. Android Studio

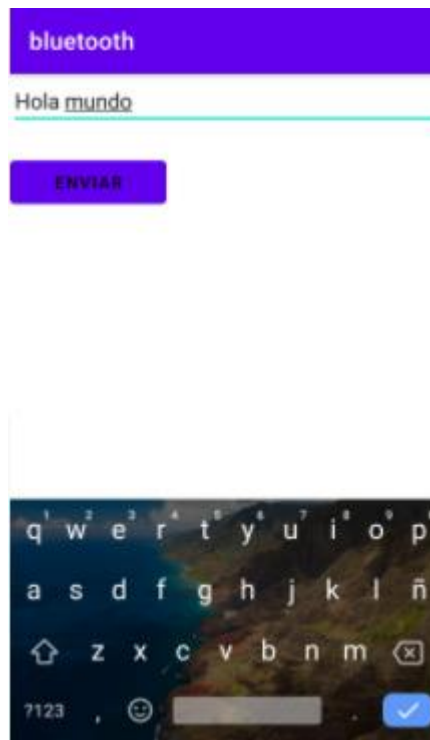
Figura 34 Activación de periféricos móviles



Fuente: Autores. Android Studio

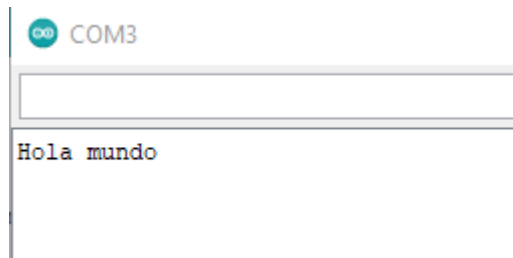
Para realizar las pruebas sobre la conexión bluetooth se empleó en otro modulo más, en el cual se dispuso de un botón de envío del mensaje escrito y un cuadro de vista en donde se visualiza los caracteres escritas. Para esta prueba se emplearon colores aleatorios en la interfaz. Se logró entablar la comunicación desde la aplicación hasta el Arduino, visualizando los datos enviados por medio del monitor serial de Arduino. En este módulo se dispuso de “text view” para observar los datos ingresados por medio del monitor serial, el cual no se visualizó en la interfaz. Android Studio realiza una retroalimentación de los errores o mejoras de programación que se pueden implementar; estos fueron solucionados sin un resultado positivo a la hora de imprimir los datos recibidos por los dispositivos móviles en la comunicación. Para la programación de la comunicación bluetooth se empleó la librería bluetoothjt.h.

Figura 35 Prueba de intercambio de mensaje



Fuente: Autores. Android Studio

Figura 36 Recepción mediante Arduino



Fuente: Autores. Arduino

De acuerdo con la irregularidad de la librería empleada, se decidió emplear otra clase de programación en la cual no se empleaba el uso de librerías. En esta se logró enlistar nuevamente los dispositivos vinculados en los móviles y establecer la

comunicación bluetooth, pero la transición entre el módulo de los dispositivos enlistados al módulo dispuesto para la transmisión de datos no permitió su acceso. Nuevamente se realiza la corrección de las fallas entregadas por la retroalimentación de Android Studio obteniendo el mismo resultado.

Figura 37 Error al ejecutar la aplicación



Fuente: Autores. Arduino

Para el lenguaje de programación java, todos los objetos deben ser listados y referenciados de manera adecuada en los diferentes módulos y su vez, en las distintas actividades (archivos) .mlx y .java que le dan característica; de acuerdo a lo anterior se asume que la variable dependiente del textView encargado de la visualización de los datos está mal empleada.

El programa App Inventor permite trabajar los proyectos a través de módulos, se caracteriza por su simplicidad permitiendo programar aplicaciones por medio de bloques. De acuerdo con lo anterior se creó las opciones iniciales con las cuales el usuario va a realizar la navegación sobre la aplicación en esta vista, se muestran las opciones de incluir un artículo y observar los objetos enlistados.

Figura 38 Interfaz Bluetooth



Fuente: Autores. App Inventor

Para realizar las pruebas sobre de seguridad, se empleó en otro modulo un botón para abrir y cerrar el dispositivo el cual accionaba el electroimán desde la interfaz de la aplicación; además, se logró entablar la comunicación desde el Arduino hasta la aplicación, visualizando en la pantalla los objetos listados de acuerdo al ingreso de los objetos en la maleta.

Figura 39 Interfaz Aplicación Usuario



Fuente: Autores. App Inventor

9. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Uno de los primeros inconvenientes que se tuvo en la programación de los sensores, fue el conflicto de las comunicaciones I2C y SPI. De acuerdo con el desarrollo se había seleccionado el sensor VL53L0X el cual maneja una comunicación I2C. Este sensor se comporta como maestro en la comunicación con el microprocesador embebido Firebeetle ESP32; dando como resultado un constante tráfico ininterrumpido por medio de la línea de transmisión de datos SDA, pin que también emplea la comunicación SPI para enviar y recibir datos en la comunicación. De acuerdo con las características del módulo central, solo se dispone de un pin SDA para realizar la comunicación con los periféricos. Las soluciones que se intentaron implementar para solventar este conflicto son:

- Interrupciones por evento de hardware e interrupciones por software
- Uso de etiquetas de programación

Tras realizar pruebas con estos recursos, se evidencio al momento de inicializar la comunicación I2C en void setup, de acuerdo con la característica de la librería empleada para el sensor, permanecía ocupando la línea SDA dentro del bucle void loop. Posteriormente se implementaron diferente comando para intenta cerrar la comunicación, pues de acuerdo al flujo de trabajo del sensor en el sistema, este solo arrojaría datos en momentos específicos como segundos después de bloquear la maleta en una determinada configuración de tiempo al día y por periodos muy pequeños, no superiores a los 10 segundos. El resultado más próximo obtenido a la solución requerida fue inicializar la comunicación, realizar un ciclo y cerrar la comunicación. Pero el fallo radicaba en reiniciar la comunicación. De acuerdo con la búsqueda de información realizada para la solución del problema, se encontró sensor VL53LXX-V2 el cual traía la característica de un pin, capaz de permutar la comunicación configurando en el sensor en fuera de rango. Finalmente, después de más de 4 días de pruebas sobre el sensor y la comunicación SPI por parte de los módulos RFID se optó por el reemplazo del sensor VL53LXX-V2 a el sensor digital HY-SSRF05 el cual había sido empleado en ocasiones anteriores. Este cambio se justificó por el conflicto de comunicaciones, precio y accesibilidad; pues además de ser más económico en el mercado, su precisión tiene un error de 2 mm lo cual para la característica de funcionalidad en el sistema es aceptable y su disponibilidad inmediata.

Una vez superado este inconveniente se implementó los dos RFID los cuales controlan el acceso a los elementos de la maleta. De acuerdo con la comunicación

y por las características físicas del controlador, la conexión debe ser tipo cascada. Esta clase de conexión demanda una mayor cantidad de voltaje para los elementos ya que los elementos están conectados en serie. Esta clase de consumo provocaba una respuesta de lectura lenta en uno de los RFID y una lectura nula en el siguiente RFID. Planteado el escenario anterior, se decidió implementar un sistema de alimentación externa. A continuación, las características generales que confirman la alimentación externa:

- 2 pilas de Litio:

Esta tiene una capacidad de 4.2 voltios y 6800 mA.

Voltaje de descarga de 2.5 Voltios.

Altura 64,5 mm.

Ancho 18.mm

Profundidad 18. Mm.

Peso 45 gramos.

- Cargador de batería de 2 celdas:

A este nuevo sistema de alimentación externo, se unió el electroimán empleado para el bloqueo de seguridad de la maleta, de acuerdo con sus especificaciones de consumo de 5 Voltios y 300 miliamperios. Para garantizar el suministro y equilibrio del sistema se emplea un reductor de voltaje.

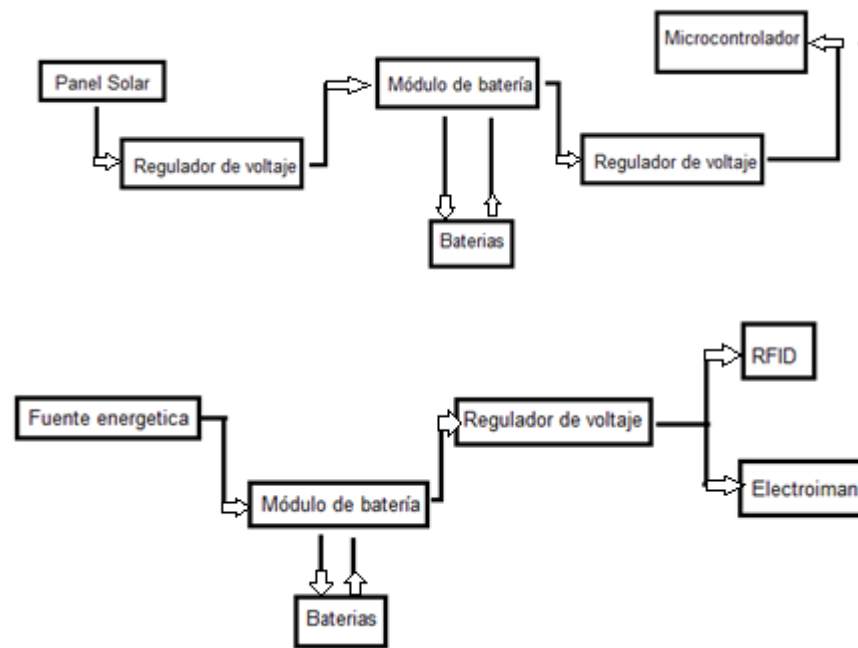
Por último, el sistema de alimentación propuesto para el módulo microcontrolador, está compuesto por:

- Panel solar con una capacidad de 5 Voltios y 300 miliamperios.
- Reductores de voltaje.
- Módulo de carga de batería.
- Batería de Lipo de 3.7 Voltios y 500 miliamperios.

Al realizar la respectiva prueba se evidenció que la capacidad de almacenamiento de voltaje entregada por la batería de Lipo es insuficiente, debido a que el mínimo voltaje requerido para el funcionamiento del módulo de baterías teóricamente es de 2.5 Voltios y experimentalmente es de 3.1 Voltios. Al realizar las pruebas con una fuente de alimentación se evidenció que consumo adecuado desde el módulo de batería hasta la salida del reductor de voltaje de 3.7 voltios y 500 miliamperios. Se decidió emplear al igual que el sistema de alimentación externo, una batería de lipo con capacidad de 4.2 voltios y 4000 Amperios para garantizar el consumo y un

mayor tiempo de suministro de energía por parte de la batería debido a su capacidad superior con referencia a la batería de litio. A continuación, se presenta en la figura 30 el diagrama de los sistemas de alimentación implementados:

Figura 40 Diagrama de sistema de alimentación



Fuente: Autores.

Para la aplicación en sistemas operativos tipo Android, se empleó el programa open source Android Studio versión 4.1.3. En ella se logra establecer una comunicación bidireccional. De acuerdo con las limitaciones logísticas provocada por la pandemia COVID 19, no se pudo avanzar y realizar pruebas con el sistema embebido realizado y la aplicación.

De acuerdo con lo anterior, se consideró emplear otra herramienta de desarrollo la cual permita el trabajo conjunto en un contexto virtual, tomando en cuenta las limitaciones de los recursos de cómputo. Con la herramienta de desarrollo app inventor, se obtuvo resultados favorables a la hora de realizar la lectura de los objetos y el control de acceso como se puede evidenciar en la figura 33 del punto 8.3.3. La herramienta, permitió trabajar de manera conjunta su configuración y pruebas. Para lo último, se debió adquirir un módulo microprocesador embebido Firebeetle ESP32, RFID 522, electroimán arruino y sensor de distancia HY-SSRF05

para eliminar el cuello de botella a la hora de realizar las pruebas; aumentando los costos del proyecto.

CONCLUSIONES

En este primer prototipo, se implementó el monitoreo por medio de 2 tarjetas RFID, solamente al bolsillo principal de la maleta. Sus respectivas pruebas y validaciones se realizaron sobre el montaje de la PCB sin ser instaladas completamente en la maleta, esto debido a las dificultades que se presentaron a la hora de recoger los elementos realizados en modelado 3D; pues las distancia entre los puntos a recorrer comprendían trayectos de más de una hora en horarios laborales.

En el desarrollo del proyecto se presentaron algunas actividades que limitaron el mismo. Las cuarentenas implementadas en la ciudad, más las constantes manifestaciones y los hechos en materia seguridad no permitieron el desplazamiento oportuno para la adquisición de los elementos e implementación. La espera de los elementos electrónicos requeridos, las diferentes soluciones implementadas para solventar la no presencialidad en los laboratorios, como la elaboración de una fuente de voltaje y las evidentes dificultades físicas que limita el avance del proyecto al no desarrollar de manera conjunta, retrasaron el cronograma presupuestado.

En el desarrollo de la interfaz requerida para la notificación, alistamiento de los elementos y acción de bloqueo / desbloqueo remoto por parte del usuario final, se vio comprometida por las anteriores dificultades descritas. Además, de acuerdo con las recomendaciones entregadas por parte del entorno de desarrollo oficial de Android de los equipos de cómputo disponibles para el desarrollo, solo uno de los recursos cumplía con las características lo cual impidió las pruebas conjuntas finales. Esta primera entrega se realizó con la herramienta de desarrollo App Inventor, pero los avances realizados por medio de la herramienta Android Studio denotan mejores resultados, al tener una mayor cantidad de recursos para aumentar su funcionalidad.

Los protocolos de comunicación SPI e I2C empleados por los sensores, comparten conexiones físicas de acuerdo con las especificaciones técnicas del microcontrolador, lo cual ocasiono conflictos en la comunicación. Por medio de software se intentó realizar la programación de transmisión maestro a esclavo, multiplexando la información emitida por los sensores dato a dato. Sin embargo, no se logró realizar las interrupciones adecuadas para la comunicación I2C y SPI con el fin de enviar la información a través del mismo puerto; esto conlleva hacer cambios en la selección de componentes.

Teniendo en cuenta las características de los electroimanes, como el consumo y alimentación que este tiene frente al módulo de control, no es posible la

implementación de este elemento sin una alimentación independiente a la que provee el sistema de control. Los elementos que se incluyeron en el sistema de alimentación son los módulos RFID y el electroimán de baja potencia y consumo, ocasionando un bloqueo mecánico por medio de un pin adaptado a la cremallera. De acuerdo al consumo de estos dispositivos, se debió seleccionar otras baterías en el mercado con más capacidad

Frente a la etapa de alimentación, inicialmente se seleccionó una batería de 3.7v a 500mA para cubrir la alimentación del dispositivo de control. Debido a que se agregaron más dispositivos, se reevaluó la capacidad de alimentación por una batería de litio de 4.2 V a 6800 mA. En consecuencia, en unas de las respectivas pruebas de la batería seleccionada para el microcontrolador, un pico de corriente causó una sobre carga dañando el módulo ESP32 Fire Beetle y los puertos USB del computador en el cual se estaba programando. Lo anterior comprometió aún más el ritmo de trabajo al reducirse a un solo equipo de cómputo las actividades. Se concluye que la batería de lipo seleccionada no cumplió con las funcionalidades necesarias para la alimentación del prototipo. Por otra parte, el sistema por su consumo requiere de alto suministro de corriente por parte de la batería, lo cual se logró por medio de las baterías de litio. El sistema requiere de reguladores de voltaje y corriente para la protección de los elementos. Se concluye que el sistema de seguridad implementado es poco eficiente y debe ser modificado para lograr un sistema equilibrado.

De acuerdo con los datos que se encontraron en el mercado de elementos escolares, recomendaciones del Ministerio de educación, Cámara de comercio de Bogotá, DANE y Alcaldía Bogotá, se evidencio que los elementos más relevantes en los entornos educativos son los libros académicos, cuadernos, set de cartuchera (bolígrafos, lapice, borrador, colores, etc.), loncheras y material impreso.

Frente a las dimensiones de la maleta, se realizó modificaciones físicas con relación a la estructura del circuito impreso y de los componentes necesarios dentro del maletín. En este prototipo no se logró garantizar de una manera efectiva la seguridad de los componentes del sistema frente al uso inapropiado del usuario.

RECOMENDACIONES FUTURAS

- Para el caso de seguridad se recomienda realizar mejoras en el sistema de debido a que este aunque es funcional , puede correr el riesgo de quedarse sin suministro de energía para el funcionamiento del mecanismo, debido a que la carga de la batería estaría a cargo del usuario y no está conectada mediante el panel solar, esto conllevaría a que el sistema no funcionara por falta de alimentación, para futuros proyectos se debe buscar o implementar un sistema con la capacidad energética suficiente proporcionada por el panel solar para la carga de las baterías que alimentan el mecanismo.
- Teniendo en cuenta la situación actual de pandemia por COVID 19 en la cual se desarrolló el proyecto, se recomienda realizar la recopilación de información de las necesidades de la población estudiantil mediante encuesta en planteles de educación pública y privada.
- Mediante la búsqueda y selección de los componentes se logró establecer la comunicación del dispositivo, sin embargo, para futuras implementaciones se pueden realizar selecciones de mayor alcance que garanticen un funcionamiento adecuado y mejore las funcionalidades del prototipo, así como las características propuestas en el mismo.

BIBLIOGRAFÍA

ABCDELESTRES. EL ESTRÉS SEGÚN LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. 2015. Disponible en: <https://abcdelestres.wordpress.com/2015/05/13/el-estres-segun-la-organizacion-mundial-de-la-salud/>.

ACCIONA, BUSINESS AS UNUSUAL. La importancia de las energías renovables. 11 Octubre 2020. Disponible en: <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/>.

ACSEGURIDAD. Las 6 modalidades más usadas de robos en Bogotá. 2018. Disponible en: <https://www.acmaseguridad.com.co/las-6-modalidades-mas-usadas-de-robos-en-bogota/>.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ. Boletín Diciembre 2019. 2019. Disponible en: https://matricula.educacionbogota.edu.co/portal_matriculas/sites/default/files/inline-files/PW_BOLETIN%20KITS%20ESCOLARES%20-%20diciembre%202019.pdf.

ALDANA GONZÁLEZ, Gabriela. Las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) como alternativa para la estimulación de los procesos cognitivos en la vejez. Edición 14. Revista de Investigación Educativa. Octubre 2012. 34.

ALFA IOT. ¿Qué es LoRa?. 2018. Disponible en: <https://alfaiot.com/tecnologias-iot/lora/>.

ALVEAR PUERTAS, Vanessa Estefanía. Sistema electrónico con aplicación IOT para monitoreo facial que brinde estimadores de desconcentración del estudiante universitario en el aula a escala de laboratorio. Ecuador, 2016, 145. Universidad técnica del norte, facultad de ingeniería en ciencias aplicadas.

ARDILA GUEVARA, Andrés Felipe. Marco de referencia para la implementación de energías renovables no convencionales dentro del sistema eléctrico colombiano. 2019. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/77146/1098663531.2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

ARDUINO. HttpClient - Arduino Reference. 2019. Disponible en: <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/httpclient/>.

ARDUINO. SPI. 2019. Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/reference/SPI>.

ARDUINO. WiFi library. 2019. Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/Reference/WiFi>.

ASHTON, Kevin. Dispositivos (I) Internet de las cosas (IoT): Capitulo 14 | Guía de Industria 4.0. 2019. Disponible en:

<https://ticnegocios.camaravalencia.com/servicios/tendencias/caminar-con-exito-hacia-la-industria-4-0-capitulo-14-dispositivos-i-internet-de-las-cosas-iot/>.

ASOBANCARIA. Estas son las modalidades de hurto más comunes. 2012. Disponible en: <https://www.sabermassermas.com/estas-son-las-modalidades-de-hurto-mas-comunes/>.

BARBERA, Javier. Estudio de los sensores para la detección de obstáculos aplicables a robots móviles. 2018, 79. Universitat Oberta de Catalunya, Ingeniería de Telecomunicaciones.

BARILLARO, Sebastián. Diseño de sistema IoT de monitoreo y alarma para personas mayores. Argentina, 2020, 5. Universidad Nacional de la Matanza/, Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas.

BAUSÀ ARAGONÉS, Jesus. SENSORES DE TEMPERATURA. 2017. Disponible en: <https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/1/349/1259/6572/6629/78932.pdf>.

BELTRÁN LÓPEZ, Rafael. Internet de las cosas para fomentar la autonomía de las personas con demencia en la etapa temprana. Centro de estudios de Posgrado, Departamento de informática.

BERRÍO GARCÍA, Nathaly. Estrés Académico. Edición 3. Revista de Psicología Universidad de Antioquia. Julio 2011. 65-82.

BOTERO, Hector. Definición, tipos y proyecciones de las etiquetas inteligentes RFID. 2014. Disponible en: <https://www.elempaque.com/temas/ABC-de-las-etiquetas-inteligentes+5031051>.

CAMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ. El inicio de la temporada escolar aumenta ventas del sector en 40% en promedio. 2019. Disponible en: <https://www.ccb.org.co/Clusters/Cluster-de-Comunicacion-Grafica/Noticias/2019/Enero-2019/El-inicio-de-la-temporada-escolar-aumenta-ventas-del-sector-en-40-en-promedio>.

CARBONELL, Carmen Gloria. El trastorno por estrés postraumático: una consecuencia de los asaltos. Edición 7. Revista médica de Chile. Julio, 2014.

CHITHRALEKHA, SoftwareLab. ¿Qué es el Bluetooth?. 2018. Disponible en: <https://softwarelab.org/es/bluetooth/>.

CNO. Operación del sector eléctrico. 2016. Disponible en: <https://www.cno.org.co/content/quienes-somos>.

COHELO, Fabian. Qué es Wifi. 2019. Disponible en: <https://www.significados.com/wifi/>.

COLOMBIA APRENDE. STS II.1.A (MATERIAL SÓLO PARA FORMADORES Y TUTORES). 2015. Disponible en: http://aprende.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/naspublic/protocolo_maticas_-_sts_ii-1-a.pdf.

CONSEJO DE BOGOTÁ D.C. Altas cifras de robos en Bogotá. 23 Enero 2019. Disponible en: <http://concejodebogota.gov.co/altas-cifras-de-robos-en-bogota/cbogota/2019-01-23/084055.php>.

CORTÉS BERNAL, VALERIA. Disminuyó el gasto para canasta de útiles escolares para el regreso a clases. 2020. Disponible en: <https://www.elespectador.com/economia/la-lista-de-utiles-en-tiempos-digitales-article-902665/>.

CREG. Regulación de Energía y Gas. 2017. Disponible en: <https://www.creg.gov.co/creg-infantil/que-es-la-creg/mision-y-vision>.

DANE. Boletín Técnico Educación Formal (EDUC) 2018. 2018. Disponible en: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/educacion/bol_EDUC_18.pdf.

DANE. Indicadores demográficos y tablas abreviadas de mortalidad nacional y departamental. 30 Junio 2020. Disponible en: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/seriesp85_20/IndicadoresDemograficos1985-2020.xls.

DATOS ABIERTOS. ESTADÍSTICAS EN EDUCACIÓN EN PREESCOLAR, BÁSICA Y MEDIA POR DEPARTAMENTO. 2019. Disponible en: https://www.datos.gov.co/Educacion/MEN_ESTADISTICAS_EN_EDUCACION_EN_PREESCOLAR-B-SICA/ji8i-4anb/data.

DEL VAYO, Alvarez. Qué es NFC: guía básica de 4 puntos para usarlo en el móvil. 2018. Disponible en: https://www.lespanol.com/elandroidelibre/tutoriales/20181212/nfc-guia-basica-puntos-usarlo-movil/360215751_0.html.

DIALNET. De Prácticas y Discursos: Cuadernos de Ciencias Sociales. 2017. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/revista?codigo=22431>.

EDITORIAL LA REPÚBLICA. Disminuyó el gasto para canasta de útiles escolares para el regreso a clases. 2019. Disponible en: <https://www.larepublica.co/altas-cifras-de-robos-en-bogota>.

gerencia/disminuyo-el-gasto-para-canasta-de-utiles-escolares-para-el-regreso-a-clases-2896154.

EDITORIAL LA REPÚBLICA. Para 2022, 12% de toda la energía generada será de fuentes no convencionales. 2020. Disponible en: <https://www.larepublica.co/especiales/colombia-potencia-energetica/para-el-ano-2022-el-12-de-la-energia-generada-sera-de-fuentes-no-convencionales-2966295>. <https://www.larepublica.co/especiales/colombia-potencia-energetica/para-el-ano-2022-el-12-de-la-energia-generada-sera-de-fuentes-no-convencionales-2966295>.

EL ESPECTADOR. En promedio, cerca de 1.136 personas son víctimas de hurto cada día en Colombia. 23 Julio 2019. Disponible en: <https://www.elespectador.com/noticias/nacional/en-promedio-cerca-de-1136-personas-son-victimas-de-hurto-cada-dia-en-colombia/>.

EL ESPECTADOR. Homicidios y hurto de bicicletas, los delitos que han aumentado en Bogotá en los últimos seis meses. 2 Julio 2020. Disponible en: <https://www.elespectador.com/noticias/bogota/bogota-cifras-de-seguridad-primer-semester-de-2020/>.

EL TIEMPO. Aumento de robos en colegios del norte de Bogotá. 28 Octubre 2017. Disponible en: <https://www.eltiempo.com/bogota/aumento-de-robos-en-colegios-del-norte-de-bogota-145768>.

EL TIEMPO. Las seis modalidades de hurto que han disminuido este año. 2019. Disponible en: <https://www.eltiempo.com/justicia/delitos/hurto-en-colombia-ha-subido-en-general-pero-seis-tipos-de-robo-han-bajado-391352>.

FAHEY. Ultrasonido. 2019. Disponible en: <https://www.nibib.nih.gov/espanol/temas-cientificos/ultrasonido>.

FERNANDEZ, Yubal. Conectividad ZigBee de Amazon Echo Plus: qué es, cómo funciona y otros dispositivos compatibles. 2019. Disponible en: <https://www.xataka.com/basics/conectividad-zigbee-amazon-echo-plus-que-como-funciona-otros-dispositivos-compatibles>.

FERNÁNDEZ. Clase 2. Sensores y detectores. 2020. Disponible en: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/18433/1/Tema%202_Sensores%20y%20Detectores.pdf.

FOURTET, Christophe. SigFox, una alternativa a la red Wifi y de paradigma del IoT. 2017. Disponible en: <https://blog.330ohms.com/2017/05/11/que-es-sigfox-y-como-funciona/>.

GARCÍA GONZÁLEZ, Jesús. IoT: Dispositivos, tecnologías de transporte y aplicaciones, 2017, 73. Universitat Oberta de Catalunya, Telemática.

GARCÍA, María. IoT - Internet Of Things. 2020. Disponible en: <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/technology/articles/loT-internet-of-things.html>.

GLARIA, Jaime. Etiquetas inteligentes: nuevas expectativas. 2019. Disponible en: <http://www.packaging.enfasis.com/notas/64005-etiquetas-inteligentes-nuevas-expectativas>.

GONZALEZ TOLEDO, Maximiliano. Diseño de sistema IoT de monitoreo y alarma para personas mayores. Buenos Aires, 2018, 120. Universidad de San Andrés, Escuela de Administración y Negocios Máster in Business & Technology.

IDEA. Energías renovables. 2018. Disponible en: <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables>.

IEA. Global Energy & CO2 Status Report 2019 – Analysis. 2019. Disponible en: <https://www.iea.org/reports/global-energy-co2-status-report-2019>.

IEA. The IEA works with governments and industry to shape a secure and sustainable energy future for all. 2020. Disponible en: <https://www.iea.org/about/mission>.

KHARKONGOR, Carynthia. ¿Qué es Bluetooth? Toda la información sobre el estándar inalámbrico. 2020. Disponible en: <https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-how/que-es-bluetooth/>.

KOURO, Samir. Sensores De Humedad. , 2011, 25. Universidad Técnica Federico Santa María, Electrónica.

LA REPUBLICA. La mayoría de las familias gastará \$300.000 en compras de la temporada escolar. 2019. Disponible en: <https://www.larepublica.co/empresas/la-mayoria-de-familias-gastara-300000-en-compras-de-la-temporada-escolar-2821359>.

LA REPUBLICA. Recomendaciones de Tutto para elegir un morral adecuado para el regreso a clases. 2020. Disponible en: <https://www.larepublica.co/empresas/recomendaciones-para-elegir-un-morral-adecuado-para-el-regreso-a-clases-2951067>.

LA REPUBLICA. Venta de útiles escolares aumenta 40% en temporada escolar entre enero y febrero. 2020. Disponible en: <https://www.larepublica.co/empresas/venta-de-utiles-escolares-aumenta-40-en-temporada-escolar-entre-enero-y-febrero-2956199>.

LATAM, Mecatrónica. Sensor de proximidad. 2019. Disponible en: <https://www.mecatronicalatam.com/es/tutoriales/sensores/sensor-de-proximidad/>.

MELO, Leonimer F. Sensores de Temperatura: Termopares. 2016. Disponible en: <http://www.uel.br/pessoal/leonimer/termopares.pdf>.

MENDOZA, Leticia. Factores que ocasionan estrés en Estudiantes Universitarios. Edición 3. Revista Ene de Enfermería 4. Diciembre, 2016. 46.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. ¿Qué contiene el kit?. 2021. Disponible en: <https://www.mineducacion.gov.co/1621/w3-article-260989.html>.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN. Recomendaciones sobre materiales educativos y uniformes escolares. 2018. Disponible en: https://www.mineducacion.gov.co/1759/w3-article-365891.html?_noredirect=1.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN. Útiles, uniformes y otros cobros. 2018. Disponible en: https://www.mineducacion.gov.co/1759/w3-article-219219.html?_noredirect=1.

MONTI, Cecilia. Sigfox - The Global Communications Service Provider for the Internet of Things (IoT). 2017. Disponible en: <https://www.sigfox.com/en>.

MURDO, Dowds. Electronic Reminding Technology Following Traumatic Brain Injury: Effects on Timely Task Completion. 5. The Journal of Head Trauma Rehabilitation 26. Octubre 2011. 47.

MURILLO RENDÓN, Santiago. Impacto de IoT en la prevención, asistencia, detección y rehabilitación de pacientes con deterioro cognitivo: una revisión. Edición 17. Entre Ciencia e Ingeniería 9. 2015. 25-32.

OMEGA. Sensor de temperatura. 2017. Disponible en: <https://es.omega.com/prodinfo/medicion-temperatura.html>.

OROS, Laura. Eventos que generan estrés en la infancia: diferencias por sexo y edad. Buenos Aires, 2016, 17. Universidad Adventista del Plata, Facultad de Humanidades, Educación y Ciencias Sociales.

PALACIO CHAVARRIAGA, Catalina. El Estrés escolar en la Infancia: Una reflexión Teórica. Edición 2. Cuadernos de Neuropsicología / Panamerican Journal of Neuropsychology 12. Octubre 2020

PÉREZ GUEVARA, Brandon Jesús. Diseño e implementación de una aplicación móvil Android orientada al adulto mayor para apoyar la adherencia al tratamiento médico. Perú, 2019, 294. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Facultad de ingeniería.

PÉREZ LOZANO, Pablo. SafeWalks: aplicación móvil de supervisión de pacientes de Alzheimer, 2015, 10. Universidad de Málaga.

PHILIPS. MFRC522. 2007. Disponible en: <https://www.elecrow.com/download/MFRC522%20Datasheet.pdf>.

PLANAS, Orion. Energía solar. 2019. Disponible en: <https://solar-energia.net/>.

PORTAFOLIO. Pulso en el mercado de los útiles escolares. 2017. Disponible en: <https://www.portafolio.co/negocios/pulso-en-el-mercado-de-los-utiles-escolares-502843>.

PROMECTEC. Guía a la programación de Arduino III - Librerías | Tienda y Tutoriales Arduino. 2019. Disponible en: <https://www.prometec.net/funciones-iii/>.

QUINTANILLA, Ricardo. Plataforma IoT para el Control y Monitoreo de Variables Físicas con Tecnología Open Hardware. El Salvador, 2019, 60. Escuela especializada en ingeniería itca-fepade dirección de investigación y proyección social, ELÉCTRICA Y SISTEMAS INFORMÁTICOS.

RAMÍREZ, Manuel. ZigBee, la tecnología barata para comunicación inalámbrica. 2015. Disponible en: <https://elandroidelibre.elespanol.com/2015/08/todo-sobre-zigbee-la-tecnologia-ultrabarata-para-comunicacion-inalambrica.html>.

RAMOS, María Agustina. Introducción a los sistemas de tiempo real. 2015, 27. Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura.

RESTREPO, Omar. Así son los robos en Bogotá. 18 Mayo 2018. Disponible en: <https://bogotacomovamos.org/asi-son-los-robos-en-bogota/>.

RICO BAUTISTA, Dewar. IOT: una aproximación desde ciudad inteligente a universidad inteligente. Edición 13. REVISTA INGENIO UFPSO. Mayo, 2017. 9.

RIVERA BAÑOS, Judith. Investigación sobre estrés, enfoque a estrés infantil. Edición 2. Revista en Ciencias Sociales y Humanidades Apoyadas por Tecnologías 2. Agosto 2013. 58.

ROCA, Miguel. ¿Qué es Wifi?. 2013. Disponible en: <https://www.informeticplus.com/que-es-wifi>.

ROUSAUD, Emili. Energía eólica. Qué es, cómo funciona, ventajas y desventajas. 2018. Disponible en: <https://www.factorenergia.com/es/blog/eficiencia-energetica/energia-eolica/>.

SABAS. Haciendo IoT con LoRa. 2017. Disponible en: <https://medium.com/beelan/haciendo-iot-con-lora-cap%C3%ADtulo-1-qu%C3%A9-es-lora-y-lorawan-8c08d44208e8>.

SALVADOR, David. Sensores IoT: tipos y aplicaciones. 2019. Disponible en: <https://www.nespra.net/blog/sensores-iot-tipos-y-aplicaciones/>.

SEMANA. El 60 % de los robos en Transmilenio es por cosquilleo. 22 Diciembre 2016. Disponible en: <https://www.semana.com/policia-capturo-en-2016-a-2020-personas-por-robos-en-transmilenio/510243/>.

SEMANA. Las modalidades de robo más comunes a locales comerciales, ¿cómo prevenirse? 2017. Disponible en: <https://www.semana.com/pais/articulo/modalidades-de-robo-a-locales-comerciales-en-colombia/247154/>.

SERNA RUIZ, Antonio. Guía Práctica de Sensores. 1. España. Creaciones Copyright SL. 2010. 225.

SHUBHANGI K, Gawali. Energy Autonomy in IoT Technologies. Edición 5. International Conference on Power and Energy Systems Engineering. Septiembre, 2018. 5.

SORIA, Walter Fabián. Memorias electrónicas. San Miguel de Tucumán, 2018, 18. Universidad Tecnológica Nacional, Regional Tucumán.

TWENERGY. ¿Qué son las energías renovables?. 2019. Disponible en: <https://twenergy.com/energia/energias-renovables/que-son-las-energias-renovables-516/>.

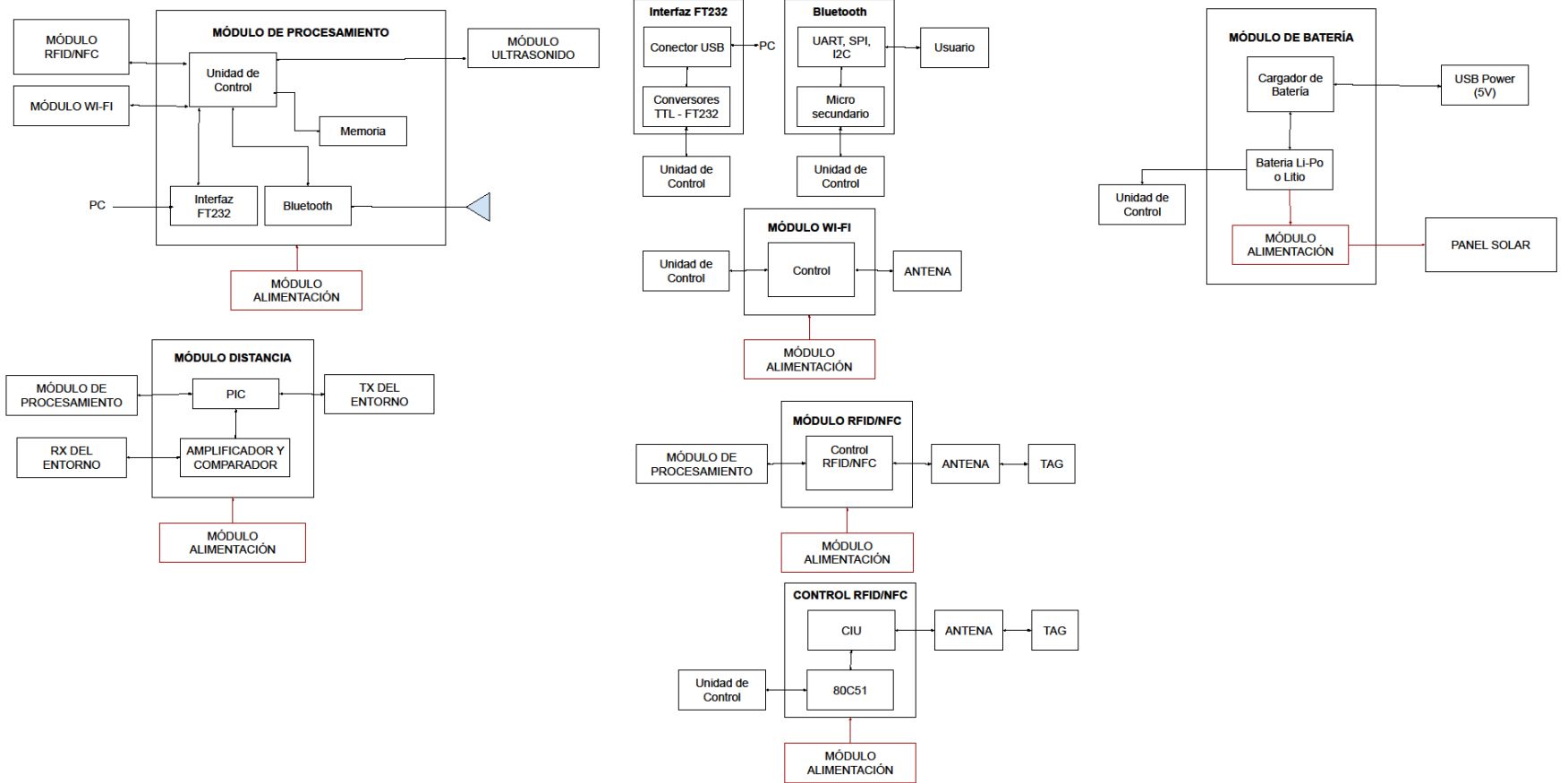
UPME. Plan de desarrollo minero-energético. 2017. Disponible en: <https://www1.upme.gov.co/Entornoinstitucional/NuestraEntidad/Paginas/Quienes-Somos.aspx>.

URZUA, Alfonso. Modalidades de robo más comunes. Edición 62. Revista Criminalidad. Abril, 2020. 160.

VARGHESE, Reena. Self-organized Cluster Based Energy efficient Meta Trust model for Internet of Things. Edición 2. IEEE International Conference on Engineering and Technology. Marzo, 2016. 8.

VELÁSQUEZ APONTE, Days. El texto escolar: investigaciones sobre sus perspectivas y uso en la ciudad de Bogotá. 2015. Disponible en: <http://biblioteca.clacso.edu.ar/Colombia/fce-unisalle/20170131041229/elttexto.pdf>.

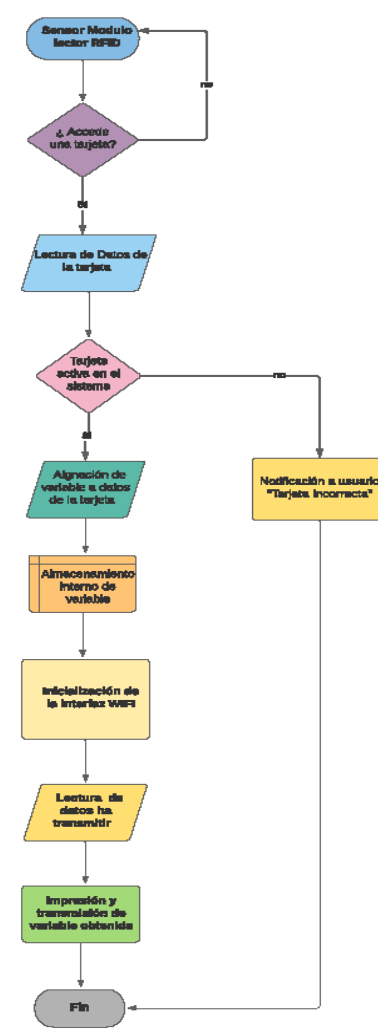
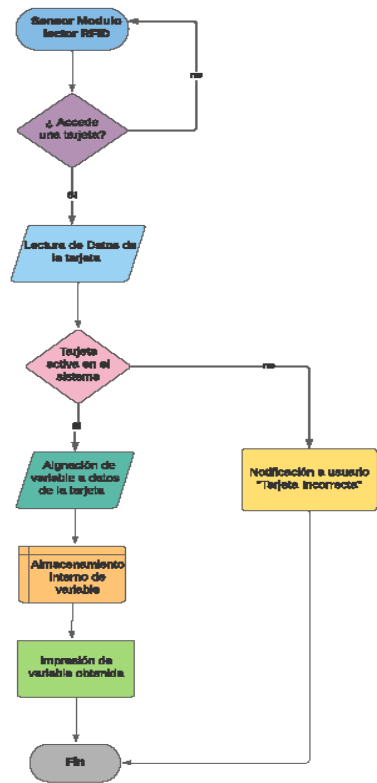
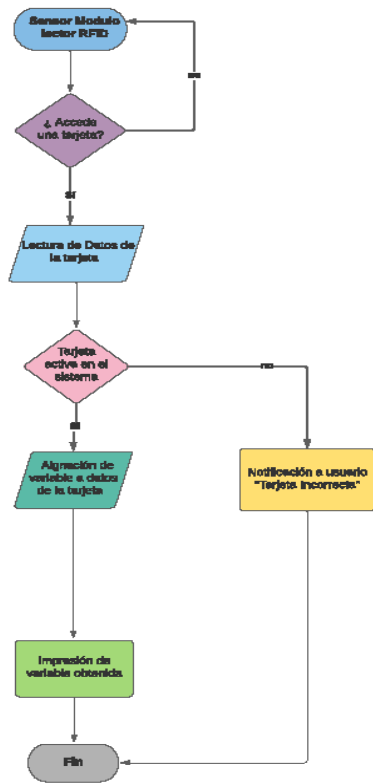
Anexo A Diagrama de Funcionamiento



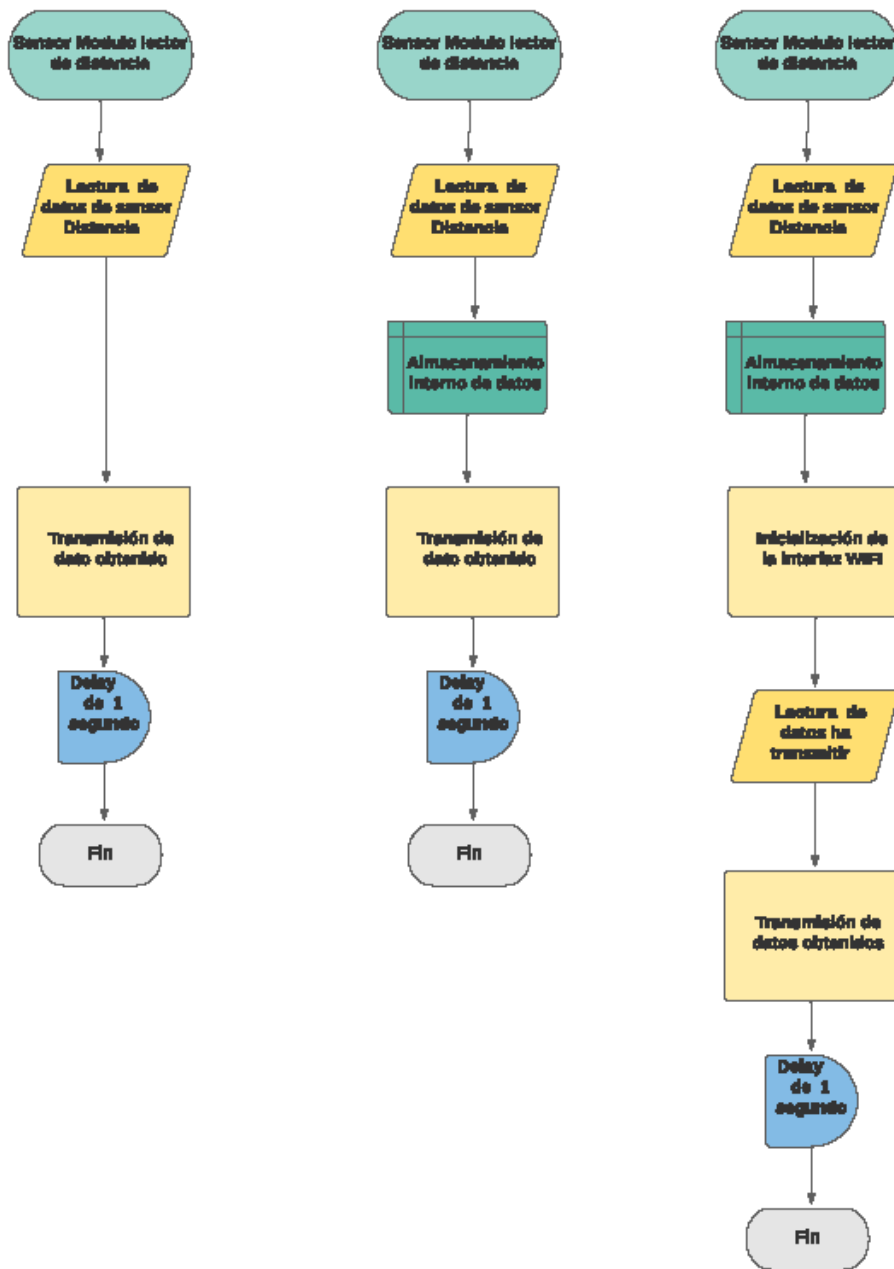
Anexo B Tabla comparativa

Esta se encuentra en los archivos anexo B

Anexo C Diagrama de Flujo RFID



Anexo D Diagrama de Flujo de distancia



Anexo E Diagrama de funcionamiento de Prototipo

Esta se encuentra en los archivos anexo E