



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**GADGET PARA LA MOVILIZACIÓN EN TRANSPORTE PÚBLICO PARA LAS
PERSONAS CON SÍNDROME DE USHER**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero Electrónico

AUTOR: Cristian David Cachiguango Morales

Brayan Steven López Chamba

TUTOR: Andrés Sebastián Calero Calero

Quito-Ecuador

2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros Cristian David Cachiguango Morales y Brayan Steven López Chamba con documento de identificación N° 1726631110 y N° 1726164484; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 29 de junio de 2023

Atentamente,



Cristian David Cachiguango Morales

1726631110



Brayan Steven López Chamba

1726164484

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD PÓLITECNICA SALESIANA

Nosotros Cristian David Cachiguango Morales y Brayan Steven López Chamba con documento de identificación N° 1726631110 y N° 1726164484, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de ser autores del Proyecto Técnico: “Gadget para la Movilización en Transporte público para las personas con Síndrome de Usher”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 29 de junio de 2023

Atentamente,



Cristian David Cachiguango Morales

1726631110



Brayan Steven López Chamba

1726164484

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Andrés Sebastián Calero Calero con documento de identificación N° 1719252346, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: GADGET PARA LA MOVILIZACIÓN EN TRANSPORTE PÚBLICO PARA LAS PERSONAS CON SÍNDROME DE USHER, realizado por Cristian David Cachiguango Morales con documento de identificación N° 1726631110 y por Brayan Steven López Chamba con documento de identificación N° 1726164484, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 29 de junio de 2023

Atentamente.



Ing. Andrés Sebastián Calero Calero, Ms.C

1719252346

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto de titulación y cada segundo de mis días, primeramente a Dios por cada respirar día a día y por darme la oportunidad de estar aquí, cumpliendo una de mis metas, también se la dedico a mi familia que siempre me creído en mí a pesar de que ni yo creía en mí mismo, a mi Madre en especial que nunca me dejó solo aunque a veces lo merecía, el apoyo que ha sido incondicional, económico y moral de cada uno de ellos, a mis amigos de la universidad que hasta con un deber mal hecho me han apoyado y en general a cada persona que ha llegado a formar parte de mi carrera.

Con Dios empecé y con Dios lo terminé. Gracias a todos.

Cristian David Cachiguango Morales

La finalización de este trabajo de titulación está dedicada a Dios, a mi familia sobre todo a mis Padres. A Dios por haberme dado la vida y permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional, porque está conmigo en cada paso que ha recorrido en mi vida, protegiéndome, y dándome fortaleza para seguir adelante, a mi familia, que me han proporcionado valor y coraje para cumplir mis metas creyendo en mí y estar conmigo en el transcurso de mi vida estudiantil, a mis

Padres, quienes a lo largo de mi vida me apoyaron en todo momento en la educación, salud, velando por mi bienestar.

Brayan Steven López Chamba

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios por no soltar mi mano en ningún momento y a cada docente del transcurso de la carrera que con cada esfuerzo nos brindó su conocimiento día a día, especialmente al Ing. Andrés Calero que nos brindó más que un conocimiento, su apoyo como amigo, también agradecer a mi familia por darme la educación y el valor de no rendirse por nada en el mundo, gracias porque han dedicado su tiempo en mí.

Cristian David Cachiguango Morales

Mi gratitud va dirigida a mis padres Edwin López y María Chamba, quienes se han esforzado de manera inalcanzable para poder educarme, enseñarme el valor, el respeto y la dedicación necesaria para el estudio y su tiempo de descanso.

Un agradecimiento especial a nuestro tutor Ing. Andrés Calero por brindarnos sus conocimientos y su apoyo en el desarrollo de este trabajo de grado.

Brayan Steven López Chamba

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	1
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD PÓLITECNICA SALESIANA	2
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTOS	5
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	9
ÍNDICE DE TABLAS	11
RESUMEN.....	12
ABSTRACT	13
INTRODUCCIÓN.	14
CAPÍTULO I.....	15
ANTECEDENTES.....	15
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	15
1.3 OBJETIVOS.....	16
1.3.1 Objetivo General	16
1.3.2 Objetivos Específicos	16
1.4 METODOLOGÍA	16
CAPÍTULO II	17
MARCO TEÓRICO.....	17
2.1 Síndrome de Usher.....	17
2.1.1 Retinitis pigmentaria.	18
2.1.2 Exposiciones en el sistema óptico.	18
2.2 Personas con sordoceguera.....	18
2.2.1 Sistemas de comunicación de las personas sordociegas.....	19
2.3 Movilidad de personas con sordoceguera.....	20

2.3.1 Ayudas Técnicas.....	21
2.4 Radio frecuencia.....	22
2.4.1 RFID.....	22
2.4.2 Módulo NRF24L01.....	22
2.5 Tecnología LoRa.....	23
2.5.1 Parámetros de transmisión de LoRa.....	24
2.5.2 Frecuencia LoRa.....	24
2.5.3 Tipo de comunicación LoRa.....	25
2.6 LoRaWAN.....	25
2.6.1 Tipos de LoRaWAN.....	25
2.6.2 Modelos Arduino.....	26
2.7 Baterías LiPo.....	27
2.7.1 Power Bank.....	28
2.8 Conversor.....	28
CAPÍTULO III.....	29
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN.....	29
3.1 Arquitectura.....	29
3.1 Elementos electrónicos y módulo.....	30
3.2 LIBRERIAS.....	31
3.3 Fase de selección de módulo de comunicación.....	32
3.4 Fase de prueba.....	33
3.4.1 Prueba con el RFID.....	33
3.4.2 Prueba con GPS.....	33
3.4.3 Prototipo con LoRa.....	34
3.5 Diseño de placas electrónicas.....	36
3.5.1 Diagrama de circuito (Nodo principal - Emisor).....	36
3.5.1.1 Diseño de placa PCB nodo principal.....	37
3.5.2 Diagrama de circuito (Primer nodo - Receptor).....	38
3.5.3 Diagrama de circuito (Segundo nodo - Receptor).....	38
3.6 Desarrollo de programación.....	39
3.6.1 Nodo principal - Emisor.....	39
3.6.2 Nodo uno - Receptor.....	40
3.6.3 Nodo dos - Receptor.....	41
3.7 Diseño de gadget.....	41
3.7.1 Diseño de Nodo Principal – Emisor (placa PCB).....	41
3.7.2 Diseño de Receptores.....	42
3.7.3 Diseño de muestreo Braille.....	43

3.7.4 Diseño de dispositivo para el Emisor (carcasa).....	43
3.7.5 Diseño de dispositivo para los Receptores.	44
CAPÍTULO IV	46
ANÁLISIS DE RESULTADOS	46
4.1 Pruebas de Comunicación	46
4.2 Pruebas de distancia.	49
4.3 Pruebas de velocidad-distancia	51
4.4 Pruebas de dispositivo con personas con síndrome de Usher	55
CAPÍTULO V	58
GESTIÓN DEL PROYECTO.....	58
5.1 RECURSOS Y MATERIALES	58
5.1.1 Costos de manufactura.	58
5.1.2 Recursos.	59
CAPÍTULO VI.....	60
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
6.1.1 Conclusiones	60
6.1.2 Recomendaciones	62
REFERENCIAS	63
ANEXOS.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Método Tadoma.....	20
Figura 2.2. Método dactilológico	20
Figura 2.3. Módulo transceptor NRF24L0.....	23
Figura 2.4. LoRa	23
Figura 2.5. Módulos LoRaWAN	26
Figura 2.6. Características Arduino UNO	27
Figura 2.7. Características Arduino NANO	27
Figura 2.8. Power Bank	28
Figura 2.9. Módulo cargador.....	28
Figura 3.1. Diagrama Gráfico.	29
Figura 3.2. LoRa SX1278 Ra-02	30
Figura 3.3. Regulador LM1117T.....	30
Figura 3.4. Servo MG90S.....	31
Figura 3.5. Transistor NPN	31
Figura 3.6. Módulo RFID	33
Figura 3.7. GPS Neo 6m.....	34
Figura 3.8. Circuito Protoboard Nodo 1.	35
Figura 3.9. Circuito nodo principal-Emisor	36
Figura 3.10. PCB - Emisor	37
Figura 3.11. Circuito Nodo 1 (Receptor).....	38
Figura 3.12. Circuito Nodo 2 (Receptor).....	38
Figura 3.13. PCB Receptores.....	39
Figura 3.14. Vista Nodo Principal-Emisor.....	42
Figura 3.15. Vista Nodo 1 y 2 (Receptores).	42
Figura 3.16. Octágono Braille.....	43

Figura 3.17. Vista en 3D Nodo Principal-Emisor.	44
Figura 3.18. Vista en 3D Nodo Uno-Dos (Receptores).....	44
Figura 3.19. Vista final Nodo Principal - Emisor.....	45
Figura 3.20. Vista Nodo 1-2 (Receptores).	45
Figura 4.1. Ejemplo LoRaDuplex.	46
Figura 4.2. Parámetros de frecuencia y direcciones.....	46
Figura 4.3. Definición de paquete e incrustación de direcciones.....	47
Figura 4.4. Definición de direcciones Nodo Uno-Dos (Receptoras).....	48
Figura 4.5. Campo abierto en UPS (170m).....	49
Figura 4.7. Distancia total (636m).....	50
Figura 4.8. Velocidad en Ecovía (62.01 m).	52
Figura 4.9. Velocidad en Ecovía (40 Km/h).	53
Figura 4.10. Velocidad en Ecovía (20 Km/h).	53
Figura 4.11. Velocidad en Ecovía (16 Km/h).	54
Figura 4.12. Velocidad en Ecovía (15 Km/h).	55
Figura 4.13. Velocidad en Ecovía (23 Km/h).	56
Figura 4.14. Velocidad en Ecovía (23 Km/h con 50m).....	57
Figura 4.15. Velocidad en Ecovía (18 Km/h con 60 m).....	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Tipos de síndrome Usher	17
Tabla 2.2. Frecuencias Regionales.....	24
Tabla 3.1. Tipos de Librería	32
Tabla 3.2. Selección de módulo.....	32
Tabla 3.3. Conexión por default.	35
Tabla 3.4. Alimentación Recomendada.....	35
Tabla 3.5 Conexión del Emisor.	37
Tabla 4.1. Distancia con velocidad de una persona.	49
Tabla 4.2. Distancia realizada en la UPS Campus Sur.....	50
Tabla 4.3. Velocidad de la Persona.....	51
Tabla 4.4. Velocidad en Transporte Publico.....	51
Tabla 4.5. Pruebas variadas de Velocidad-Distancia.....	52
Tabla 5.1. Gastos Total.....	58
Tabla 5.2. Costo solo dispositivo.....	59
Tabla 5.3. Herramientas.....	59

RESUMEN

El síndrome de Usher es una enfermedad genética que representa la causa más común de la sordoceguera, existen terapias, rehabilitaciones, y formas de comunicación como es el lenguaje de señas; para independizarse ante la sociedad.

Son personas excluidas por la sociedad, no se independizan especialmente en la movilización en transporte público de un lugar a otro, ya que para ello necesitan de la ayuda de un tercero o de un guardia, teniendo en cuenta que estos métodos son poco confiables por situaciones que sucedan alrededor de la persona.

El presente trabajo desarrolla el diseño e implementación de un prototipo por medio de la tecnología LoRa, con el fin de ayudar a las personas con el síndrome de Usher en la movilización de transporte público, generando rutas fijas previamente programadas. Al observar que la información de aquellas personas, se destacan en el tacto para poder luego decidir y actuar, el sistema braille hace uso de esta información sensorial para establecer una comunicación inalámbrica entre la ida y llegada del transporte público. Los equipos utilizados para la implementación son las tecnologías IoT como es módulo LoRa, además el uso de servomotores, Arduino y antenas para extender la comunicación.

Los sistemas actuales que estas personas utilizan son los audífonos para la sordera, los bastones para la movilidad etc. Siendo el gadget cómodo para el usuario por ser un artefacto de tamaño pequeño que se pueda llevar en la maleta, bolsillo e incluso poder sujetarla en la mano.

ABSTRACT

Usher syndrome is a genetic disease that represents the most common cause of deaf Usher syndrome is a genetic disease that represents the most common cause of deafblindness, there are therapies, rehabilitations, and forms of communication such as sign language; to become independent from society.

They are people excluded by society, they do not become independent especially when mobilizing public transport from one place to another, since for this they need the help of a third party or a guard, taking into account that these methods are unreliable due to situations that happen around the person.

The present work develops the design and implementation of a prototype through LoRa technology, in order to help people with Usher syndrome in the mobilization of public transport, generating previously programmed fixed routes. Observing that the information of those people stands out in touch to be able to decide and act later, the braille system makes use of this sensory information to establish wireless communication between the arrival and departure of public transport. The equipment used for the implementation are IoT technologies such as the LoRa module, in addition to the use of servomotors, Arduino and antennas to extend communication.

The current systems that these people use are hearing aids for deafness, mobility sticks, etc. Being the gadget comfortable for the user because it is a small device that can be carried in the suitcase, pocket and even be able to hold it in the hand.

INTRODUCCIÓN.

En el Ecuador no se establece un número exacto que diagnostique la sordoceguera, actualmente se revela que cada cien mil habitantes, quince poseen esta discapacidad. Mantener una vida autónoma requiere de un gran esfuerzo para ellos, por lo que se conocen técnicas para establecer la movilidad y orientación, uno de ellos es interactuar con otra persona que esté dispuesta a aportar ayuda de guía e intérprete de lo que está pasando alrededor, en caso de utilizar un transporte público se notifique la situación actual al tomar el transporte si este ya viene, es la ruta que la llevara a el sitio adecuado, etc. Otra es por medio de la utilización de un bastón rojo y blanco que para realizar actividades de manera autónoma para ello se requiere de una rehabilitación donde adquiera habilidades que le permitan comunicarse y manifestar sus necesidades a personas de la calle o en el transporte, esperando que los individuos a su alrededor posean una actitud abierta y paciente, para comunicarse.

Con la aparición de nuevos avances tecnológicos para la seguridad, economía y el uso de aplicaciones IoT (Internet of Things), es posible mejorar la calidad de vida de las personas. Tomando en cuenta el presente avance, nuestro proyecto puede hacer que la persona no necesite de un tercero que le notifique el transporte o la ruta a tomar, haciendo a la persona con déficit sea más dependiente de sí misma.

En el primer capítulo se explicará el planteamiento del problema, la justificación, los objetivos a realizar y la metodología empleada.

En el segundo capítulo se especificará el marco teórico de investigación, el diseño arquitectónico de un microcontrolador, la de un LoRa, cualidades y elección de equipos LoRaWAN.

En el tercer capítulo se tratará acerca de la infraestructura del gadget sobre cómo está diseñado, programado y enlazado con la tecnología LoRa, además del análisis del lugar donde se va a implementar el conexionado.

En el cuarto capítulo se observará las simulaciones o pruebas de comunicación del gadget donde se mostrará tablas de distancia, velocidad y posibles errores del prototipo, como también las ventajas y desventajas que se obtengan.

En el quinto capítulo se observará los costos de producción, así como los materiales que se utilizó.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

En el presente capítulo se describe el planteamiento del problema, la justificación, los objetivos a realizar y la metodología empleada.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las personas con síndrome de Usher son aquellas que nacen con una discapacidad auditiva y que con el pasar del tiempo van perdiendo la visión, este grupo con el síndrome de Usher ha quedado un poco relegado. Tal que la exploración lo llevan a la inactividad, aislamiento e inseguridad en todos los órdenes, provocando la falta de confianza y muchas veces son sobreprotegidas por lo cual afecta a su independencia y a formarse junto a la sociedad. Las personas con síndrome de Usher, la movilización se vuelve un reto debido a que se necesita de una tercera persona que lo guíe a un determinado lugar.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Como se mencionó anteriormente estas personas han quedado excluidas y no tomadas en cuenta por la complejidad que se necesita para adaptarse en el entorno social, por lo cual impiden mejorar la calidad de vida y es muy probable que se necesite de un mediador para movilizarse y orientarse.

El mundo exterior es muy extenso, pero para una persona con síndrome de Usher es limitada, por lo cual el desarrollo de un sistema automatizado de detección de rutas fijas permitirá identificar el transporte público de una manera más fácil y eficaz, así como también que pueda ser utilizado por las personas con discapacidad visual.

De la revista Redalyc se obtuvo información correspondiente de las personas con el síndrome de Usher donde se da a conocer que muchas personas se olvidan de que los sentidos sensoriales más importantes de todo ser humano es la vista y el oído, que son de suma destreza para la movilidad, por lo cual se exceptúa la vida cotidiana que lo realizan. (Benítez Merido, 2012)

En el presente proyecto, se ofrece un prototipo de movilización, para ayudar a estas personas con el síndrome, ya que al establecerse con este déficit es necesario el asesoramiento de una tercera persona.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar un gadget para la movilización de las personas con síndrome de Usher, mediante de un sistema embebido.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Investigar sobre personas con síndrome de Usher, mediante datos de fundaciones de sordos ciegos, para la identificación de sus necesidades al momento de moverse en un transporte público.
- Diseñar una estructura que permita la lectura basada en el sistema braille, mediante un software CAD.
- Diseñar un gadget para la detección de rutas fijas, mediante hardware y software especializado.
- Validar el funcionamiento del gadget tras un entrenamiento a personas con síndrome de Usher, para su justificación mediante pruebas experimentales.

1.4 METODOLOGÍA

Esta tesis analiza los problemas de las personas con síndrome de Usher en su medio natural, tomando en cuenta información cualitativa en base a trabajo de campo con encuestas, entrevistas, cuestionarios, observaciones y documentos existentes, se estima que de 3 a 6 por ciento de las personas que tienen una pérdida de la audición hereditaria tienen el síndrome, Mientras solamente 4 de 100,000 personas son diagnosticadas con síndrome Usher.

A través del método analítico se identifica el uso del tacto en las personas con este síndrome para su continua educación, mediante el sistema braille, por lo cual se hace uso de este medio de comunicación para realizar la movilidad de la persona con síndrome de Usher a través del uso de un sensor de radio frecuencia el cual enviará una señal a un mecanismo que proporcione la lectura braille.

También emplearemos el método experimental realizando un prototipo que logre establecer comunicación bidireccional en una determinada distancia el módulo LoRa a través de otro módulo ubicado en el transporte público que nos envía una señal inalámbrica al módulo y este

al recibir esa señal, enviará al dispositivo, tarjeta o mecanismo de lectura indicando la ruta a seguir del transporte público.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se especifica el modelo representativo empleado en el planteamiento de la movilización para personas con síndrome de Usher enfocada en la tecnología de identificación por radio frecuencia LoRa, asimismo de una corta especificación de los dispositivos, características y sus características que los componen.

2.1 Síndrome de Usher.

El síndrome de Usher es aquel trastorno más frecuente que se diagnostica con una pérdida auditiva y visual en el propio paciente, de carácter hereditario y causa común en la retinosis pigmentaria. Estableciendo que alrededor de 4 a 17 personas por cada 100,000 es afectada por este síndrome con aproximadamente el 50% de todos los casos hereditarios de sordera con ceguera, es decir es una enfermedad hereditaria que para que se produzca se diagnostica que padre y madre sean portadores del gen responsable. (Anónimo, 2017)

Por lo general los niños con este trastorno nacen con un déficit auditivo, también causan graves problemas de equilibrio debido al crecimiento anormal de las células sensoriales que influyen la gravedad y movimiento de la cabeza. Como se menciona es hereditario siendo una enfermedad “Autosómico-recesivo”, es decir, un niño solo hereda el síndrome si dos copias del mismo gen uno del padre y uno de la madre son anómalos. Los síntomas aparecen entre la infancia y la tercera edad. (Anónimo, 2017)

Existen varios tipos de síndrome de Usher, los más conocidos se visualizan a continuación en la tabla 2.1:

Tabla 2.1. Tipos de síndrome Usher

	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3
Audición	Sordera al nacer profunda	Pérdida de audición moderada a severa desde el nacimiento.	Comienza la pérdida progresiva

			en la niñez o adolescencia.
Visión	Disminución de la visión a los 10 años, leve progresando a pérdida grave	Disminución de la visión en adolescencia progresando a pérdida grave en mediana edad.	Comienza en la adolescencia y pérdida grave en la mediana edad.
Equilibrio	Problemas frecuentemente desde el nacimiento.	No existencia de problemas. Equilibrio normal.	Normal al nacer con posibilidades de problemas.

Fuente: (Anónimo, 2017)

En los tres grupos la pérdida visual se debe a una enfermedad denominada como Retinitis pigmentaria.

2.1.1 Retinitis pigmentaria.

Establecido por un grupo de desórdenes hereditarios en el ojo que envuelven su retina, la capa nerviosa sensible a la luz que reviste la parte de atrás del ojo y que ocasionan habitualmente una pérdida en la habilidad visual gradual pero progresiva. Con apoyo y con entrenamiento adecuados, las personas con síndrome de Usher consiguen minimizar sus efectos, por lo que será muy útil que aprendan Braille y dactilológico. (Commons, 2013)

2.1.2 Exposiciones en el sistema óptico.

Las personas con síndrome de Usher conocen su dificultad para ver en la oscuridad durante la adolescencia o al comenzar su adultez, la persona pierde poco a poco su capacidad para localizar y ver lo que no está directamente frente a ella, e incluso los detalles de las cosas o personas, también existe dificultad para adaptarse a la luz brillante. siendo factores comunes en estas personas.

2.2 Personas con sordoceguera.

La sordoceguera se define como una discapacidad única, que resulta de la combinación de dos dificultades sensoriales una es la visión y otra es la auditiva, se diagnostica como una de la principal causante más común en el síndrome de Usher, las personas que la presentan necesitan apoyo en la comunicación, educación, orientación y movilidad, además otros aspectos vitales que limitan su desarrollo personal en los diversos factores de la vida y que dificultan el

desenvolvimiento diario. Por ende, por medio del tacto se proporciona fundamentalmente el acceso a la información, también para comunicarse y aprender. (Benítez Merido, 2012)

La clave de su rehabilitación es la comunicación, generando la importancia de instaurar una vía de comunicación eficaz, en el cual el tacto adquiere un papel distinguido siendo un medio receptivo de comunicación utilizando los dedos y la palma de la mano, permitiendo a la persona el contacto con la realidad. (GALVAÑ, 2018-2019)

Para las personas con sordoceguera, se utiliza el lenguaje de signos, el alfabeto dactilológico, y por último el sistema Braille, además al contar con un código de lectoescritura para intercambiar información y comunicarse, el desarrollo tecnológico y médico abre muchas esperanzas.

2.2.1 Sistemas de comunicación de las personas sordociegas

Para que la persona pueda comprender la información se lo debe obtener a través del tacto todo lo que normalmente se recibe por la vista y el oído, a lo cual se necesita que se le transmita de que se está hablando, también la información que a las personas que ven y oyen les permite contextualizar el mensaje para comprenderlo.

Existen varios métodos de comunicación que se realizan de forma alfabética como:

2.2.1.1 Deletreo táctil.

Consiste en escribir cada letra una encima de otra formando una palabra en la mano a quien recibe el mensaje, puede ser formando las letras como también existe el sistema Braille. (VALENCIA, SAMUEL, 2018)

2.2.1.2 Tablillas Alfabéticas.

Alfabeto en tablilla de plástico que se utiliza para dar información al sordociego por medio del tacto, estableciendo comunicación letra por letra. (VALENCIA, SAMUEL, 2018)

2.2.1.3 Método Tadoma.

Por medio de vibraciones, se aprende hablar. El aprendizaje es a través del movimiento de los labios y de las vibraciones que la persona sordociega siente con las yemas de sus dedos sobre el rostro de la persona hablante, como se ve en la figura 2.1.

Figura 2.1. Método Tadoma



Fuente: (Ruiz, 2012)

2.2.1.4 Alfabeto dactilológico.

Es utilizada de forma táctil, es decir, la comunicación es realizando con la palma de la mano, letras; existiendo variedades en cada región o país una de las mayormente utilizadas se observa en la figura 2.2.

Figura 2.2. Método dactilológico



Fuente: (Mira, 2011)

2.2.1.5 Braille táctil.

Se realiza tomando dos dedos de la mano ocupando cada falange del dedo representando un punto del sistema Braille, tocando punto por punto se obtiene una letra y de la misma manera letra por letra se forma una palabra. (VALENCIA, SAMUEL, 2018)

2.3 Movilidad de personas con sordoceguera.

Las personas con discapacidad visual y auditiva tienen poco o total dificultad de acceso a la información del entorno sobre todo para el conocimiento espacial, la orientación y el

desplazamiento seguro, intervienen elementos tanto intelectuales como físicos. Para adquirir las destrezas mínimas es inevitable optar o adquirir destrezas sociales y, al mismo tiempo, controlar la postura, el tono muscular, etc. necesitan conocer la zona por la cual caminan o transitan, sea rural o urbano para comprender la dificultad que tiene ese entorno. Por lo cual se necesita de un perro guía, bastón blanco y rojo o de un tercero (guía vidente) que le informe durante el trayecto, simultáneamente a como el guía lo experimente, sobre cómo es el lugar, su forma, estructura, caminos posibles, lugares peligrosos como una calle con mucho tráfico de vehículos o muy congestionada, etc. ((FESOCE), 2018)

Se requiere de una buena condición física facilitando el desplazamiento y tomando en cuenta este requisito se identifica que va ligado a la acción, siendo importante que se presente voluntad de moverse, puede ser de manera espontánea o con un objetivo. Si la persona con sordoceguera tiene buenos restos auditivos, el sonido puede serle útil al movilizarse con el bastón, generando información sobre el punto del recorrido en el que se encuentra. ((FESOCE), 2018)

Durante un desplazamiento autónomo, se puede sentir desorientado e incluso tener miedo al arriesgarse a un impacto y complicar la voluntad de independencia, por lo cual es indispensable coordinar el uso de ciertas técnicas que proporciona el sentido de la orientación, quitando el peligro de colisión con objetos u otras personas. ((FESOCE), 2018)

2.3.1 Ayudas Técnicas.

Se abastecen ayudas tecnológicas para servir de apoyo a los diferentes ámbitos de la vida para mejorar la discapacidad auditiva como visual, para el hogar, para la movilidad y transportes.

- Ayudas ópticas a través de gafas, lupas y ayudas auditivas como son audífonos o implante coclear.
- Ayudas de la domótica y aparatos que les indiquen los sonidos que se producen en la casa, como el despertador, timbre, teléfono con vibración, y medidores táctiles (con marcas) se define como ayuda en el hogar.
- Impresoras en relieve y en braille (Centro de Investigación, Desarrollo y Aplicación Tiflotécnica, CIDAT) son algunas ayudas para acceder a información y documentación.
- Para la ayuda a la educación se encuentran calculadoras braille, instrumentos y cuadernos para escribir y dibujar en relieve o braille.

- Ayudas para la movilidad se reconocen a los bastones para desplazarse de colores rojo y blanco.

2.4 Radio frecuencia.

Está relacionado con la corriente alterna y al momento de conectar una antena se forma un campo electromagnético para la transmisión de datos inalámbricos, las frecuencias obtenidas cubren un rango de 9kHz, este sensor es un diseño de la marca Dahua, utiliza tecnología IoT y WiFi tipo alarma. (Maturana, 2006)

Otras contribuciones por parte de investigadores y avances en otros campos tecnológicos se han llegado a conocer hasta hoy la tecnología de radio frecuencia utilizada en muchos campos laborables como en la agencia de tránsito.

Las diferentes tecnologías de radio frecuencia empleadas y conocidas para diferentes tipos son:

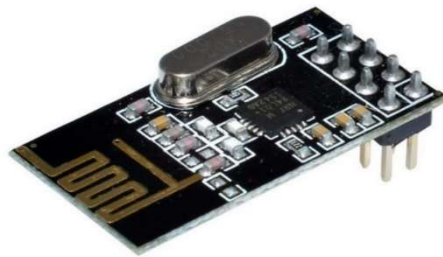
2.4.1 RFID.

Actualmente el sistema RFID se ejecuta en muchas industrias, en gestión de inventario, sistema de identificación de tuberías, sistemas de lavandería, control de acceso en bibliotecas, autopistas y otros usos que generan los RFID. Los tipos de etiquetas RFID principales son la pasiva y activa, se caracterizan principalmente por su fuente de alimentación, la etiqueta pasiva es alimentada de la energía electromagnética transmitida desde un lector RFID siendo una alimentación interna que se puede identificar dentro de un rango de 6 metros, mientras que las etiquetas activas necesitan de una fuente de alimentación, transmitiendo datos a un RFID lector con un rango de lectura que va desde los 30 metros. (Li, Lao, & Tam, 2018)

2.4.2 Módulo NRF24L01.

Es un circuito integrado, de bajo consumo, es ultra compacto e integra un transceptor de 2Mbps para la banda de 2,4 GHz como se aprecia en la figura 2.3. soporta una interfaz de comunicación SPI, y una alimentación de 1,9 a 3,6 V, no requieren filtros externos, el tiempo de duración de la batería es de meses a años, estos transceptores pueden enviar, como recibir datos en 'paquetes de varios' bytes a la vez. Es posible realizar una comunicación de un maestro y hasta 6 esclavos al mismo tiempo. (NUÑEZ, 2017)

Figura 2.3. Módulo transceptor NRF24L0.



Fuente: (MEGATRONICA, 2022).

La distancia o alcance entre módulos NRF24L01 depende del modelo y del lugar en donde se está ejecutando, si existen muros aquellos se oponen al paso de las señales de radio frecuencia, si están en lugares abiertos el alcance será mucho mayor, ya que no existe oposición. (NUÑEZ, 2017)

2.5 Tecnología LoRa.

Tecnología inalámbrica como WiFi, Bluetooth, o Zigbee empleada para conexiones a larga distancia siendo un tipo de modulación en radiofrecuencia conocida por ser utilizada en aplicaciones de Smart Cites, tecnología fundamentada en las IoT, haciendo énfasis en la conexión de objetos, que no posean conexión a una red de Internet, instaurando la posibilidad de interactuar con personas y varios objetos, se puede ver en la figura 2.4, una posible comunicación hall duplex.

Figura 2.4. LoRa



Fuente: (IoT Projects Ideas, 22)

Para enlaces de largo alcance, LoRa trabaja en las bandas de 433 MHz, 868 MHz (16 canales) y 915 MHz (72 canales) según el país donde se realice la respectiva aplicación como son en lugares con poca cobertura sean explotaciones agrícolas o ganaderas en el campo. (Ballesta Viñas, 2018)

2.5.1 Parámetros de transmisión de LoRa.

LoRa posee tres parámetros configurables, que se puede manipular por el software Arduino afectando a su velocidad de datos (bits), las cuales son:

- Spreading Factor (SF): Factor de dispersión, regula el rango de comunicación y la velocidad de bits que se encuentran en un valor mínimo de 7 y máximo de 12. “cuanto más alto sea su valor, más robusto será el enlace de comunicación, y entre más bajo sea su valor aumenta la tasa de transmisión” (Ballesta Viñas, 2018)
- Coding Rate (CR): Mejora la localización y corrección de errores cíclicos.
- Bandwidth: Ancho de Banda el cual define el ancho de frecuencia que se emplea.

2.5.2 Frecuencia LoRa.

Se opera en bandas de radio Industrial, Scientific and Medical (ISM) que están disponibles a nivel mundial para aplicaciones industriales, científicas y médicas, por lo tanto, no se requiere tarifa de licencia y su uso es libre. (Yao Jessica, 2021)

En la tabla 2.2 se observa las frecuencias comunes es las regiones respectivas de todo el mundo.

Tabla 2.2. Frecuencias Regionales.

Bandas de Frecuencia por Regiones	
Región	Frecuencia
Asia	433 MHz
China	470-510 MHz
Canadá	779-787 MHz
Europa, India, Rusia, África	863-870 MHz
Estados Unidos	902-928 MHz
Australia	915-928 MHz

Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

2.5.3 Tipo de comunicación LoRa.

- Simplex: Transmiten información en una sola dirección.
- Half dúplex: Transmite información en ambas direcciones, pero no de manera simultánea.
- Full dúplex: Transmite información en ambas direcciones de manera simultánea

2.6 LoRaWAN.

Protocolo de red de capa de control que permite acceso a medios (MAC), se utiliza como canal de transmisión en redes de área amplia y baja potencia el cual dispone de gateways (antenas) y nodos (dispositivos), empleado principalmente para comunicar y administrar dispositivos LoRa. (catsensors, s.f.)

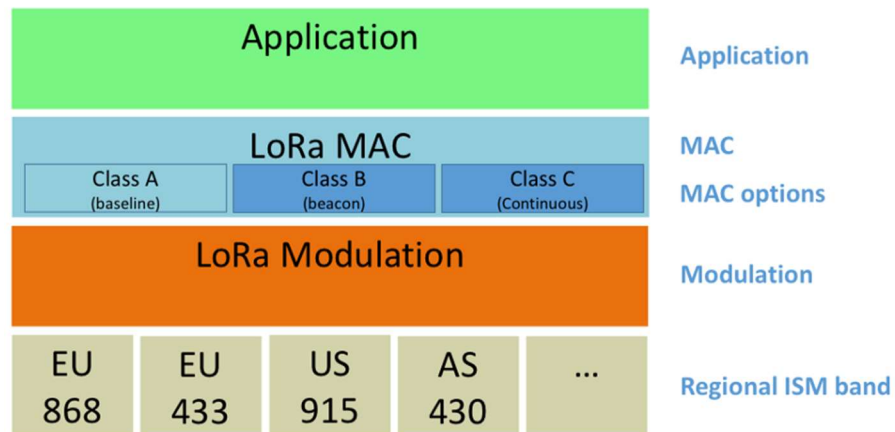
Es decir, LoRaWAN es la comunicación y Lora habilita el enlace de comunicación de largo alcance entre dispositivos (sensores).

2.6.1 Tipos de LoRaWAN.

LoRaWAN utiliza diferentes clases de módulos, con la intención de mejorar la latencia de comunicación de enlace desnivelada en la red frente a la duración de la batería, y acoplarse a los perfiles requeridos por las aplicaciones finales, equivalente a cómo trabaja una red celular. (Sabas, 2017)

- Módulos de Clase A: Permite comunicaciones bidireccionales y ofrece el menor consumo de energía, pero solo logra recibir un enlace de datos (RX) después de enviar un mensaje hacia el Gateway (TX).
- Módulos de Clase B: Admite más espacios de mensajes de enlace de datos (RX), pero al mismo tiempo hace que sea menos eficiente en el uso de la energía
- Módulos de Clase C: Este tipo de clase ofrece el menor ahorro de energía debido a que posee enlace de datos (RX) continuo y es recomendable usarlo en dispositivos que cuenten con una fuente de alimentación externa.

Figura 2.5. Módulos LoRaWAN



Fuente: (Sabas, 2017)

2.6.2 Modelos Arduino.

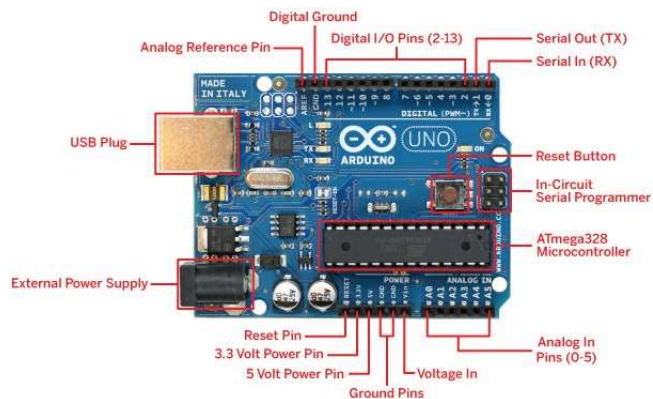
Arduino es una plataforma de desarrollo de electrónica y programación que ofrece una facilidad de comunicación con otros dispositivos (comunicación SPI entre otros), es de hardware y software libres, lo que significa que es de fácil uso para los usuarios que utilizan componentes y dispositivos de acceso público, además de ser libre para que empresas o cualquier persona que desarrolle placas electrónicas creado así dispositivos útiles para la sociedad.

Existen diversos modelos de Arduino que han sido desarrollados gracias a la gran demanda de usuarios e investigaciones tecnológicas, una de sus demandas es la infraestructura. Dos de los modelos más utilizados debido a su tamaño y por sus aplicaciones se describen a continuación.

- **Arduino Uno:** se basa en un microcontrolador ATmega328 utilizado por su bajo consumo y bajo costo, el cual cumple funciones de programación y comunicación a la vez. Este tipo de Arduino se compone por 14 pines digitales de E/S, 6 son salidas PWM, contiene 6 pines de entradas analógicas, memoria flash de 32KB, SRAM de 2KB y EEPROM de 1KB.

Trabaja en un voltaje de operación de 5v proporcionando una corriente de 500mA, también posee una salida de voltaje de 3,3v con 50mA, como se aprecia en la Figura 2.4, se toma en consideración las partes destacables de la placa Arduino.

Figura 2.6. Características Arduino UNO

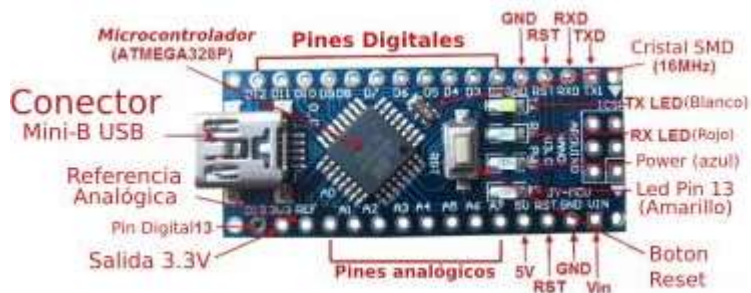


Fuente: (Crespo, 2016)

- Arduino NANO: sus componentes son idénticos a los que contiene el Arduino UNO y su código es totalmente compatible, lo que facilita el traslado de archivos de un proyecto de placa UNO a placa Nano.

Existe una característica considerable que distingue a esta placa, que además de poseer 8 pines de entradas analógicas (más que el Uno) su tamaño es especialmente ventajoso en este modelo de Arduino, cuando el proyecto requiere espacios reducidos. Trabajando con la alimentación de los pines GND y VIN, se requiere un voltaje entre los 7 y 12V.

Figura 2.7. Características Arduino NANO



Fuente: (Carmenate, s.f.)

2.7 Baterías LiPo.

Son baterías con mucha duración por ende tienen una larga vida útil, es la mejor opción para poder alimentar servomotores, un dron o cualquier dispositivo que necesite de una alimentación DC, existen de diferentes voltajes y amperajes. Se componen de celdas y cada celda es de 3,7V, por lo tanto, los voltajes son múltiplos de 3,7V, son recargables, para ello existen módulos

cargadores de baterías LiPo. Usualmente utilizadas de 3.7V a 1000 mA recargable, 7.4v a 1100 mA con 2celdas, 11.1Va 2200 mA con 3 celdas, etc.

2.7.1 Power Bank.

Es un dispositivo conocido por proporcionar y cargar energía, de dimensiones adecuadas para ser transportadas sin ninguna dificultad el cual contiene una batería externa portátil (lipo) que sirve para suministrar energía a diferentes dispositivos electrónicos a través de un cable con enlace USB (videoconsolas portátiles, teléfonos Smartphone, tablets, reproductores iPod, etc).

Esta carga su eergía conectándose a través de un cable USB (Input 5V) a una fuente de alimentación como cargar un celular directamente a la corriente eléctrica mediante un transformador de energía.

Figura 2.8. Power Bank



Fuente: (Amazon, 2022)

2.8 Conversor.

Permite convertir dichos niveles, ya sea de 3.3V a 5V o a la inversa (5V a 3.3V), lo que te permite adaptar las señales SPI, I2C o cualquier señal digital. Es compatible para trabajar sobre un protoboard, permitiendo una rápida conexión. La placa se alimenta por los dos voltajes a convertir y sólo funciona con señales lógicas digitales, las utilizadas para cargar lipos de 3.7V y trabajar a 5V, se observa en la figura 2.9.

Figura 2.9. Módulo cargador



Fuente: (TETTSA, 2020)

CAPÍTULO III

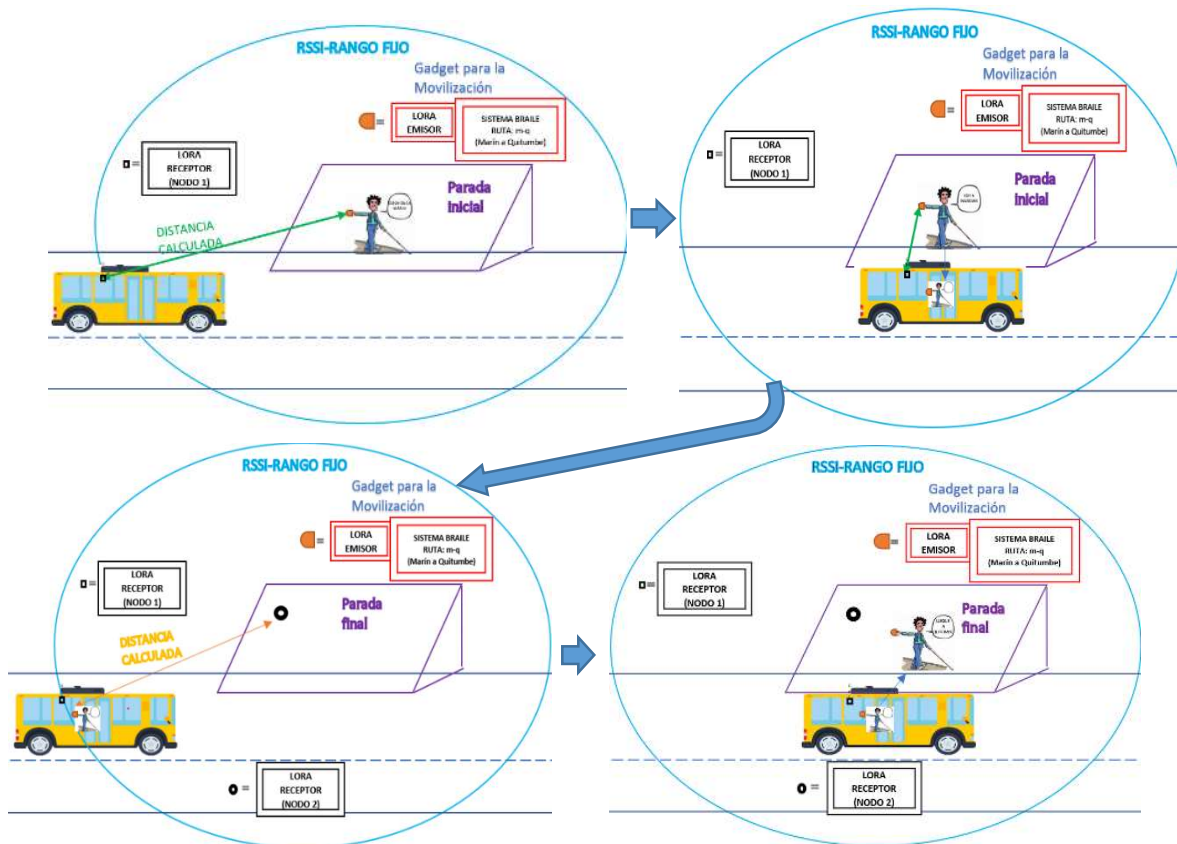
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

Este capítulo, analiza los requerimientos técnicos para el diseño e implementación del gadget, se observará una arquitectura del funcionamiento del gadget en la figura 3.1, sus componentes, fases de selección y prueba del módulo, descripción del software y hardware utilizado, la construcción del sistema emisor y receptor, se muestran los diseños y el diagrama de la placa electrónica, programación Arduino, diseño en SolidWorks e implementación.

3.1 Arquitectura.

La respectiva persona ubicada en la parada principal espera el transporte a llegar, lo detecta, verifica en el sistema braille su ruta fija (inicio-destino), luego se ubica dentro del transporte para después dirigirse a su destino, unos metros antes de llegar a la parada final esta es detectada por la persona mediante el gadget y finalmente procede a salir del transporte público.

Figura 3.1. Diagrama Gráfico.



Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

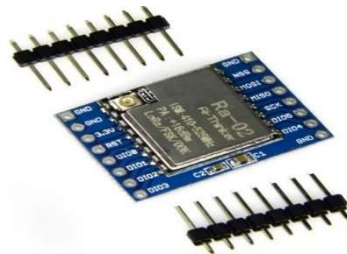
3.1 Elementos electrónicos y módulo

- Módulos LoRa Ra-02 SX1278

Transceptor basado en el chip semtech, logra una sensibilidad de más de -148dBm, permite configurar el dispositivo de manera simplex, half dúplex, full dúplex según los parámetros deseados por el usuario. (MEGATRONICA, 2022)

Para el proyecto se usó LoRa de la figura 3.2, soldando las regletas simples macho con el objetivo de adaptarlo a nuestra carcasa y para reemplazarlo en caso de algún daño, su comunicación es Half Dúplex con un alcance de 170 m y un bajo consumo energético.

Figura 3.2. LoRa SX1278 Ra-02



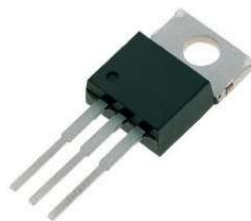
Fuente: (MEGATRONICA, 2022)

- Regulador LM1117T

Este componente cumple con la función de regular un voltaje a una tensión fija de 3,3V a partir de una fuente de alimentación, esto permite trabajar con el módulo LoRa, limita la corriente y apagado térmico. (Hussain, 2021)

Importante para alimentar al módulo LoRa con 3.3V, debido a que la placa Arduino a pesar de poseer una salida de 3.3 no produce la corriente suficiente para activar el dicho módulo por un largo tiempo y si este se alimenta a un mayor voltaje el módulo es muy sensible y se quema al instante.

Figura 3.3. Regulador LM1117T



Fuente: (MEGATRONICA, 2022)

- Servo Motor MG90S

Ideal para proyectos donde se requiera poco peso y espacio, posee engranes de metal, utilizados para control a través de su salida PWM. Preferidos por poder rotar 360 grados completamente. (SANDORBOTICS, 2022)

Figura 3.4. Servo MG90S

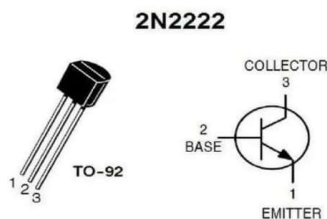


Fuente: (MEGATRONICA, 2022)

- Transistor 2n2222A.

Transistor bipolar de juntura NPN útil en circuitos al utilizar dispositivos con control de velocidad de bajo consumo, puede conmutar de mejor manera a motores de 3V. esto es necesario para conmutar las señales PWM del Arduino, así como también permite un leve ahorro de consumo de energía.

Figura 3.5. Transistor NPN



Fuente: (hetpro, 2009-2022)

3.2 LIBRERIAS.

Con el fin de realizar una comunicación, enlace y adecuado funcionamiento entre los módulos de comunicación a larga distancia como lo es LoRa, es preciso incluir algunas librerías en el software Arduino IDE que permiten realizar estas tareas de transmisión y control de datos, así como el componente cambiador de rutas braille que se encuentra adjunto en las rutinas de programación, en la siguiente tabla 3.1. se muestran las librerías que se usaron y la fuente donde se adquirieron.

Tabla 3.1. Tipos de Librería

Módulos	Librería original	Librería externa	Url	Definición
IDE ARDUINO	<SPI.h>	-		Habilita la comunicación serial.
	<Servo.h>	-	-	Controla el movimiento de los engranajes del servo físico.
LoRa	-	<LoRa.h>	“GitHub sandeepmistry/arduino-LoRa: An Arduino library for sending and receiving data using LoRa radios.”	Permite la transmisión y recepción de datos LoRa.

Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

3.3 Fase de selección de módulo de comunicación.

Para lograr una comunicación que nos notifique la distancia inalámbrica y sus defectos se analiza su consumo, costo, distancia, tamaño y velocidad de datos, por lo cual se procede a escoger un módulo beneficioso al respectivo proyecto, indicando un rango de valor de 0 a 6, donde el más alto es lo conveniente y el menor es el deficiente, tomando en cuenta algunas especificaciones que más se destaca en nuestro proyecto.

Tabla 3.2. Selección de módulo.

MÓDULO	CONSUMO	COSTO	DISTANCIA	TAMAÑO	VELOCIDAD DE DATOS	TOTAL
GPS	2	3	6	2	1	14
RFID	1	1	4	1	3	10
LORA	5	2	5	6	6	24
HC-05	3	4	1	5	4	17
NRF2401	4	6	3	4	5	22
Modulo Control Remoto Rf	6	5	2	3	2	18

Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

3.4 Fase de prueba.

3.4.1 Prueba con el RFID.

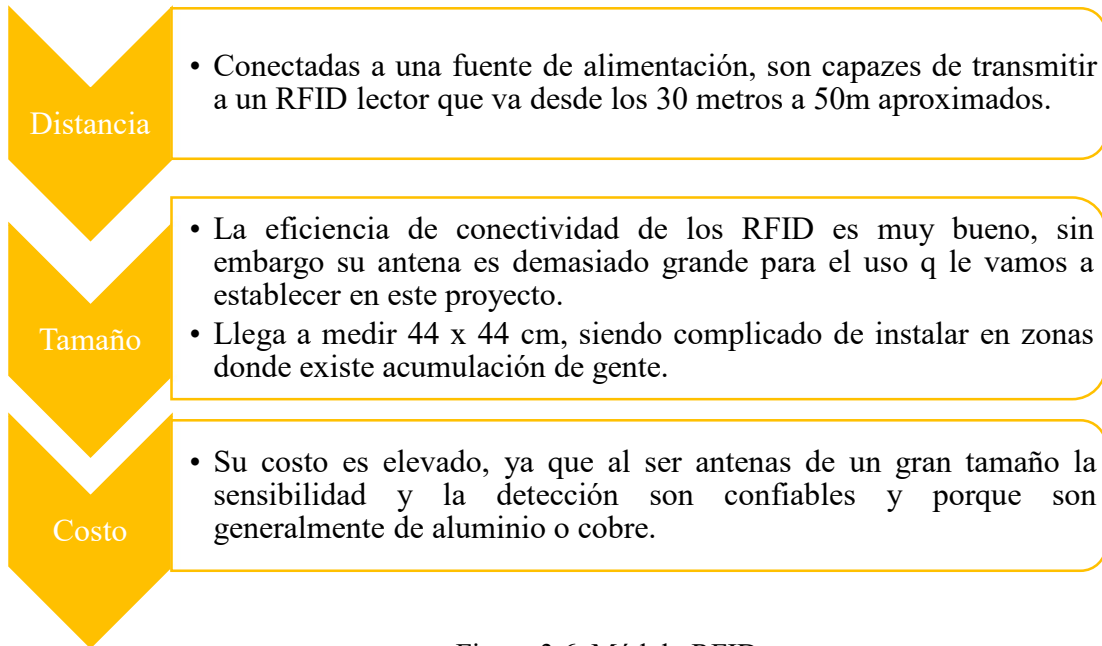


Figura 3.6. Módulo RFID



Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

3.4.2 Prueba con GPS.

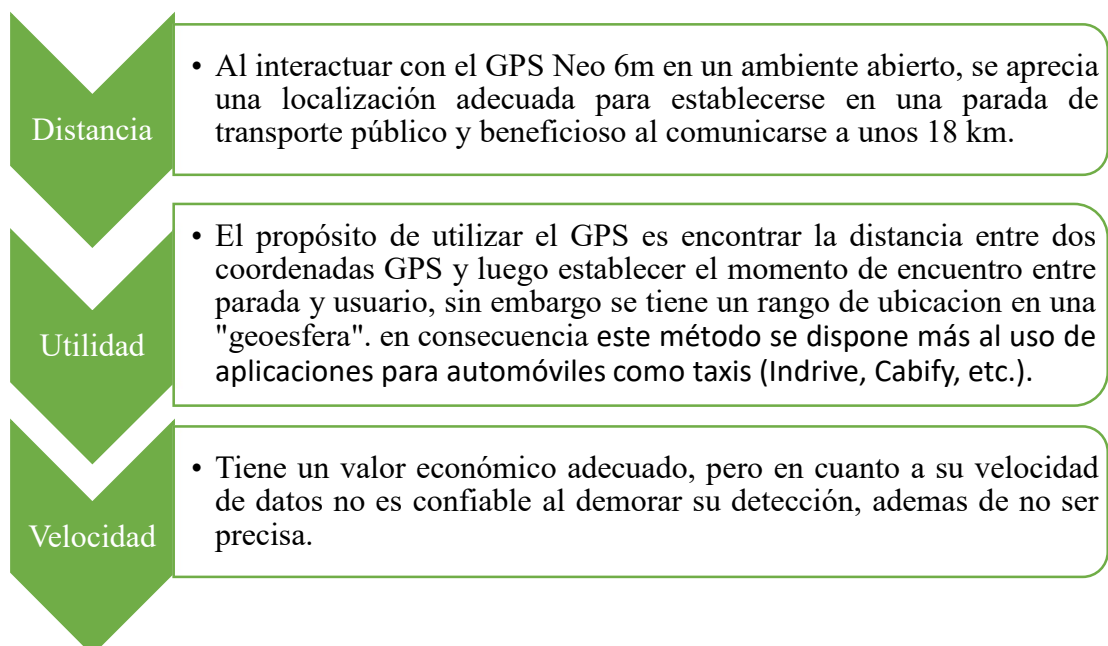
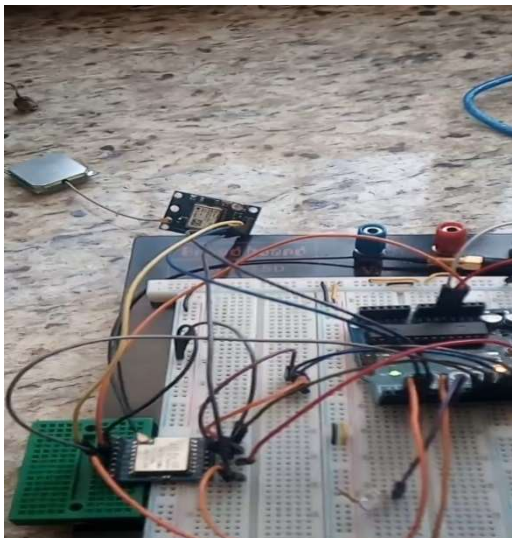


Figura 3.7. GPS Neo 6m



Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

3.4.3 Prototipo con LoRa.

Se diseñó un prototipo de múltiples nodos de comunicación, lo cual se implementó en Protoboard para las pruebas pertinentes de envío y recepción de datos bidireccional half dúplex, para el control, se usó un microcontrolador Arduino NANO y dos placas Arduino UNO los cuales cumplen los parámetros deseados para la implementación, en el circuito del nodo principal (Emisor), se encuentra mecanismos que realizaran como servomotor, un motor de vibración en el cual se adapta a una resistencia de un $1k\Omega$ y un transistor bipolar 2N2222A, ya que dichos componentes ayudan a que el control PWM correspondientes a las salidas del microcontrolador Arduino NANO.

Además, se conectará el módulo LoRa Ra-02 SX1278 el cual nos permite establecer una comunicación de interfaz periférica en serie (SPI) con el Arduino NANO y el Arduino UNO, el módulo LoRa utiliza una antena para una comunicación de radiofrecuencia adecuada, misma que posee un largo alcance según las especificaciones técnicas del fabricante, que trabaja con frecuencias de 433 a 525 MHz en Ecuador.

Para el prototipo del nodo uno y dos que se implementó en un Protoboard se usó un microcontrolador Arduino Uno el cual permite recibir diferentes señales RSSI (indicador de fuerza de la señal recibida) como digitales; a la vez se conectó el módulo LoRa Ra-02 SX1278 para recibir mediante radiofrecuencia las diferentes señales enviadas por el nodo principal.

Para energizar al microcontrolador Arduino NANO se utilizó una power bank con una salida de 5VDC, para también alimentar al módulo LoRa mediante un regulador de voltaje con un Output fijo de 3.3 VDC.

Figura 3.8. Circuito Protoboard Nodo 1.



Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

En la siguiente tabla 3.3. se puede apreciar la manera de enlace entre el módulo LoRa con el Arduino UNO así como al Arduino NANO, prácticamente son la misma conexión, resaltando que la conexión de Lora 3.3V es mediante un regulador de voltaje, para más detalle ver figura 3.9.

Tabla 3.3. Conexión por default.

LoRa Ra-02 SX1278	Arduino Uno / Nano	
NSS	ENTRADA	Pin 10
MOSI	ENTRADA	Pin 11
MISO	ENTRADA	Pin 12
SCK	ENTRADA	Pin 13
RESET	ENTRADA	Pin 9
DIO0	ENTRADA	Pin 2

Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

Tabla 3.4. Alimentación Recomendada.

REGULADOR LM1117T	Arduino Uno / Nano		LoRa Ra-02 SX1278	
IN	SALIDA	5V		
OUT			ENTRADA	3,3V
GND	SALIDA	GND	ENTRADA	GND

Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

3.5 Diseño de placas electrónicas.

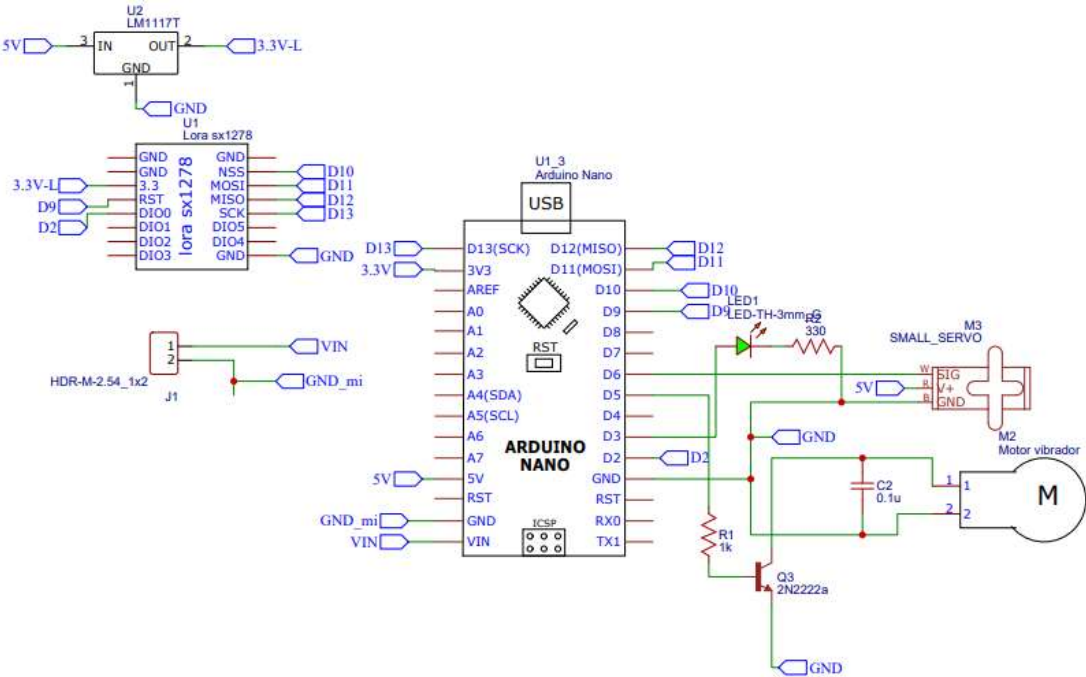
Comprendiendo los componentes antes vistos y adaptándolos a microcontroladores junto a módulos de radiofrecuencia se crea un sistema de transmisión de datos las cuales forman un circuito capaz de realizar un trabajo de larga distancia con respecto al proyecto en cuestión de desplazamiento y orientación.

Para ello se ha elaborado una PCB con los componentes adecuados para el respectivo funcionamiento, dividiendo en un total de tres circuitos a realizar, que se forman junto al transceptor LoRa teniendo un nodo principal (emisor), nodo 1 y nodo 2 (receptores), las cuales son bidireccionales y actúan de forma sincronizada.

3.5.1 Diagrama de circuito (Nodo principal - Emisor)

Para el primer circuito se hace uso del microcontrolador Arduino NANO por ser ligero, de un tamaño pequeño y posee los pines de salida suficiente. Para elaborar el diseño en 3D de la placa emisora (uso del usuario), sobre todo para que este sea cómodo y de fácil reparación de componentes.

Figura 3.9. Circuito nodo principal-Emisor



Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

De la figura 3.9. observamos el circuito del Maestro, el Arduino NANO es alimentado externamente con un voltaje adecuado para establecerse en el pin de entrada VIN.

Tabla 3.5 Conexión del Emisor.

Detalle	Arduino Nano/Pin
Servomotor	6
Motor de vibración	5
GND	GND

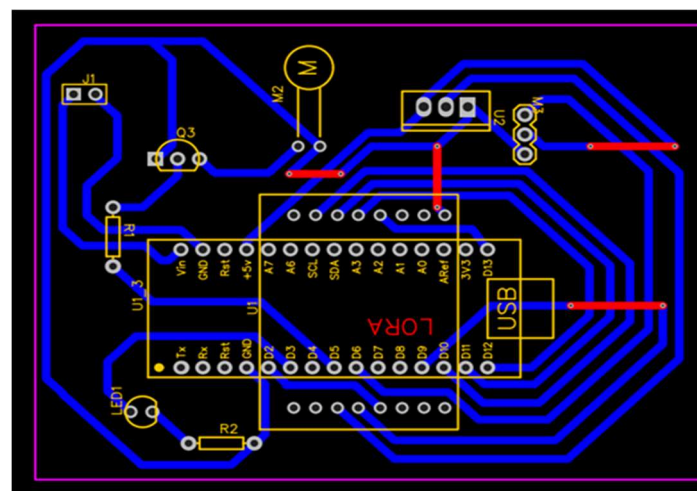
Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

En motor de vibración de 5V utiliza un transistor NPN 2n2222A junto a una resistencia y un capacitor para su control PWM eficaz.

3.5.1.1 Diseño de placa PCB nodo principal

Luego de realizar las pruebas funcionales correspondientes se procede a realizar el diseño de la placa PCB en el software EasyEDA. Útil para implementar proyectos electrónicos, eléctricos en todas sus fases, como el diseño del esquema electrónico, programación del software y construcción.

Figura 3.10. PCB - Emisor



Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

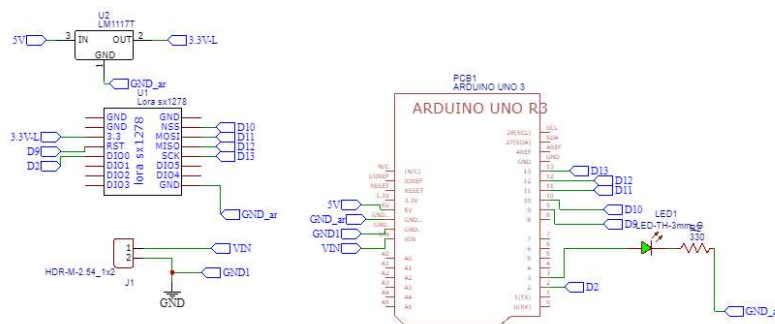
Como se puede observar en la figura 3.10, se diseña un PCB de dos caras; la cual posee de color azul, las conexiones que se colocan en la capa inferior del PCB, y consecuentemente, en la superior de color rojo, el resto de pistas.

3.5.2 Diagrama de circuito (Primer nodo - Receptor)

Para el circuito correspondiente a la parada se hace uso del microcontrolador Arduino UNO por la arquitectura que posee y tener los pines de salida suficiente para conectar el módulo LoRa.

Las conexiones de la fuente de alimentación regulada de salida 3.3 V y el pin de entrada de alimentación al módulo transceptor Lora SX1278 siguen siendo exactamente las mismas. Se agrega un led de verificación que se encenderá junto a la alimentación que se le propuso al Arduino y se apagará si no hay comunicación entre LoRa y Arduino.

Figura 3.11. Circuito Nodo 1 (Receptor)

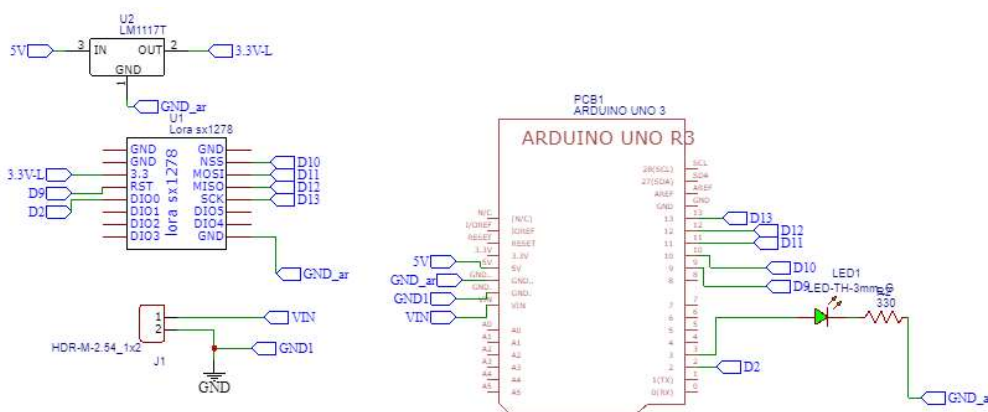


Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

3.5.3 Diagrama de circuito (Segundo nodo - Receptor).

Para el circuito correspondiente al autobús se hace uso del mismo microcontrolador Arduino UNO.

Figura 3.12. Circuito Nodo 2 (Receptor)

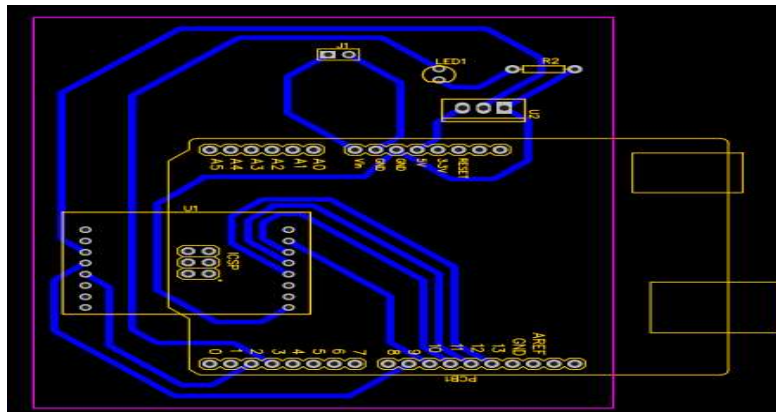


Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

Las conexiones son las mismas que el anterior, la fuente de alimentación regulada y el módulo transceptor Lora SX1278 siguen siendo de 3.3 V.

Ambos nodos, tiene una reducción considerable de tamaño en función de la ubicación de sus componentes, ya que el LoRa se encuentra sobrepuesto al Arduino UNO, debido a que es muy vulnerable ante caídas o golpes. Para facilitar el recambio del sistema LoRa en caso de un desperfecto, se implementa conectores hembra en la parte superior de la PCB. Como se puede apreciar en la figura 3.13. Así mismo, para el Arduino se usan conectores macho.

Figura 3.13. PCB Receptores



Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

3.6 Desarrollo de programación.

Para ello se ha realizado tres programas debido a que la comunicación en este proyecto se ubica en tres distintos lugares (gadget, parada y autobús), la cual se crea un código para cada lugar donde se va a establecer Maestro, primer esclavo y segundo esclavo respectivamente.

3.6.1 Nodo principal - Emisor.

Primero establecemos los pines y funciones que se van a ejecutar en el Arduino NANO, así como sus constantes para el PWM.

```
byte nodoprincipal = 0xFF; // dirección del presente
dispositivo
byte nodouno = 0xBB; // destino del mensaje enviado del
otro dispositivo
byte nododos = 0xAA; // destino del mensaje enviado del
otro dispositivo
byte num=0;
byte men=0;
int vibracion=5;
int pos=0;
int led=3;
const int ServoPin = 6; //constante servo, donde se encuentra
conectado el servo
Servo braille;
```


Esto nos permitirá realizar la transmisión entre los módulos LoRa y tener control del movimiento del motor de vibración y los grados del servomotor.

A continuación, se verifica la frecuencia que va a ocupar todos los nodos a conectar que es de 445 MHz, para ello se encenderá un led y en caso de que el módulo LoRa no se encuentre funcionando o uno de sus pines tenga mal funcionamiento será impreso en el monitor serial y se visualizará al apagarse el led.

```
while (! Serial);
if (!LoRa.begin(445E6)) {
  Serial.println("LoRa inicio fallido. Chequea la conexión.");
  digitalWrite(led, LOW);
  while (1); // siempre si entra a la condición de fallido no hacer nada
}
LoRa.setSpreadingFactor(8); // ranges from 6-12
Serial.println("LoRa inicio satisfactoriamente.");
digitalWrite(led, HIGH);}
```

Seguidamente consideramos crear un submenú “sendMessage” donde se enviará el dato a ser transmitido:

```
void sendMessage(String outgoing) {
  LoRa.beginPacket();          // start paquete
  LoRa.write(nodouno);         // Añade dirección de destino
  LoRa.write(nodoprincipal);   // Añade dirección de envío
  LoRa.write(msgCount);       // Añade ID del mensaje
  LoRa.write(outgoing.length()); // Añade longitud de salida
  LoRa.print(outgoing);       // Agrega salida
  LoRa.endPacket();           // finaliza el paquete y envía todo
  msgCount++;                 // incrementa el ID del mensaje
}
```

3.6.2 Nodo uno - Receptor.

Para ello se establece los datos principales de dirección asignadas a este nodo para su respectivo funcionamiento.

```
byte nodouno = 0xBB; // dirección del presente
                        dispositivo
byte nodoprincipal = 0xFF; // destino del mensaje
                        enviado del otro dispositivo
```

Se instaura la misma frecuencia que el nodo principal y en un submenú se añade la dirección que va a usar en el dispositivo correspondiente a la parada.

```
void sendMessage(String outgoing) {
  LoRa.beginPacket();      // start packet
  LoRa.write(nodouno);     // Añade dirección de destino
  LoRa.write(nodoprincipal); // Añade dirección de envío
  LoRa.write(msgCount);   // Añade ID del mensaje
  LoRa.write(outgoing.length()); // Añade longitud de salida
  LoRa.print(outgoing);   // Agrega salida
  LoRa.endPacket();       // finaliza el paquete y envía todo
  msgCount++;            // incrementa el ID del mensaje
}
```

3.6.3 Nodo dos - Receptor.

Al continuar a este dispositivo que será instalado en el transporte público se da a conocer la dirección asignada a este nodo.

```
byte nododos = 0xAA; // dirección del presente
                       dispositivo
byte nodoprincipal = 0xFF; // destino del mensaje
                           enviado del otro dispositivo
int led=3;
```

Utilizamos la misma frecuencia de 445 MHz y en un submenú se añade el nombre de la dirección que va a usar en el actual dispositivo.

```
void sendMessage(String outgoing) {
  LoRa.beginPacket();      // start packete
  LoRa.write(nododos);     // Añade dirección de destino
  LoRa.write(nodoprincipal); // Añade dirección de envío
  LoRa.write(msgCount);   // Añade ID del mensaje
  LoRa.write(outgoing.length()); // Añade longitud de salida
  LoRa.print(outgoing);   // Agrega salida
  LoRa.endPacket();       // finaliza el paquete y envia todo
  msgCount++;            // incrementa el ID del mensaje
}
```

3.7 Diseño de gadget

3.7.1 Diseño de Nodo Principal – Emisor (placa PCB)

Comenzando con la placa principal que mide un largo de 7.45 cm con un ancho de 6 cm y un alto de 2.08 cm, este dispositivo tiene un pin de salida a un servomotor con un sistema de muestreo braille, que girar según los grados programados.

Figura 3.14. Vista Nodo Principal-Emisor.



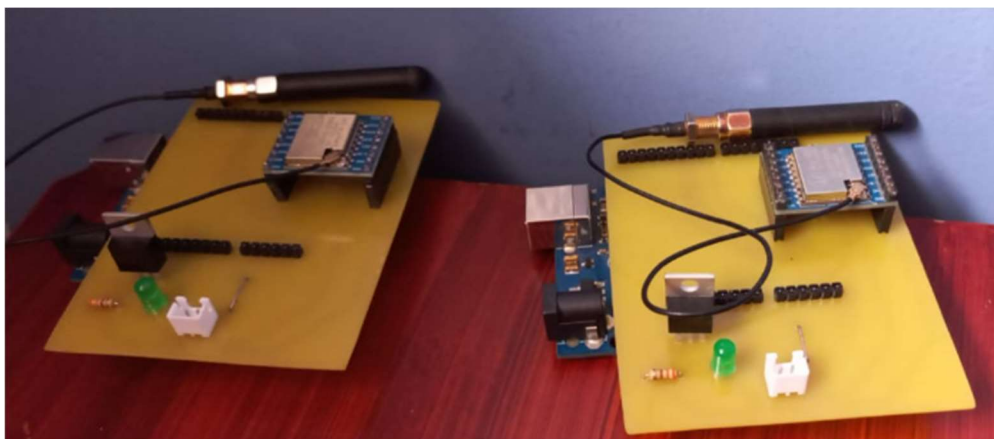
Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

En la figura 3.14 respectiva al nodo principal se ha dejado unos pines para conectar el servo como el motor, además este se comunica inalámbricamente y se obtendrá los dbm previamente programados para su función que sera manipulada por el usuario sobretodo por la persona con síndrome de Usher con funcionalidades de motor de vibración y de sistema braille que tienen conocimiento las personas con discapacidad auditiva como visual.

3.7.2 Diseño de Receptores

El diseño de la placa uno y dos son muy similares ya que las dos son los receptores para el nodo principal. por lo tanto, las medidas de las placas del nodo uno y dos son las mismas, de largo tenemos 8.9 cm con un ancho de 7 cm y un alto de 4 cm.

Figura 3.15. Vista Nodo 1 y 2 (Receptores).



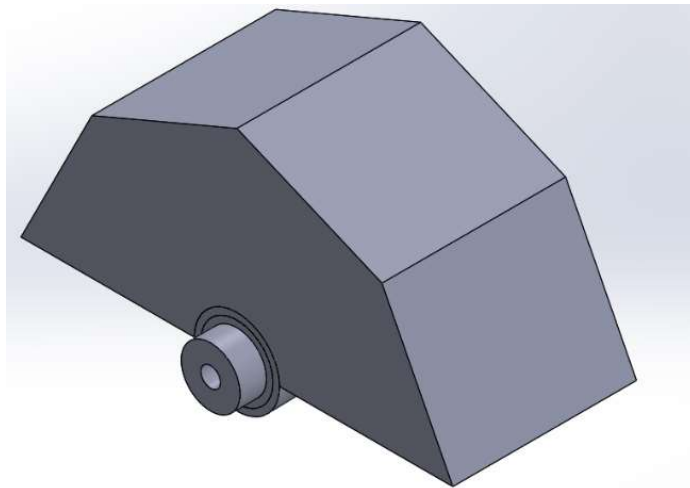
Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

3.7.3 Diseño de muestreo Braille

Para el diseño y construcción de las cajas protectoras se hace uso del software SolidWorks versión 2022, una vez que se tiene las placas físicamente se toman mediciones de largo, ancho y alto de cada una de las PCB impresas. Para la estructura del dispositivo se considera una función específica, el cual generalmente con la ayuda de este software se realiza pequeñas formas que resultan ser prácticos y a la vez novedoso. Para la realización de los diferentes dispositivos (gadgets) se requiere tener un diseño más ingenioso que el de la tecnología corriente para ser lo más pequeño posible con funcionalidades agradables y cómodas.

Para el muestreo del sistema braille en el gadget se utilizó la mitad de un octágono impreso en 3D. Comenzando con la principal que mide un radio de 1.539 cm con un ancho de 1.4 cm, y con la ayuda de un servo motor se muestran las rutas fijas que previamente son programadas

Figura 3.16. Octágono Braille



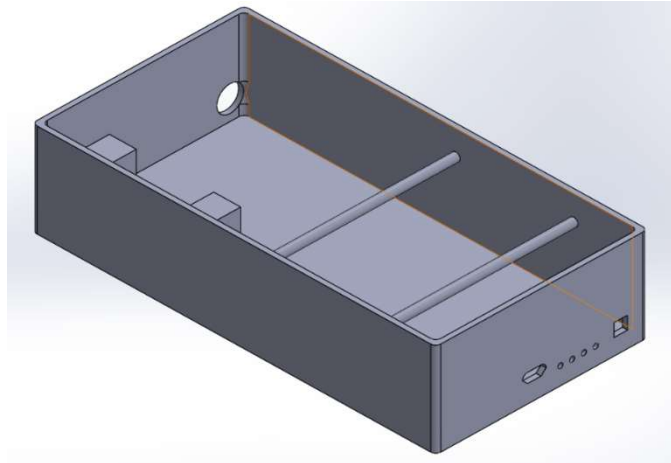
Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

3.7.4 Diseño de dispositivo para el Emisor (carcasa)

En el siguiente diseño para la construcción de la carcasa, se toma las medidas del octágono y la placa dando un largo total a 12 cm, además de poseer una antena se aumenta el ancho a un 6.3 cm, estableciendo un agujero para la respectiva antena. Se encuentra alimentado con una batería de litio de 3.7V junto a un convertidor que transforma su energía de salida a 5 V y por supuesto para cargar su energía, para lo cual se considera extruir el corte de la caja dando la forma de un conector micro USB, unas luces led y un botón de apagado midiendo en si lo que contiene un Power Bank.

Y la batería se ve forzada a ubicarse por encima de la placa PCB, subiendo el alto a un total de 2.9 cm. Como se aprecia se ha reducido lo más mínimo posible considerando las partes que se requieren para elaborar el dispositivo, el acabado final se encuentra en la figura 3.17

Figura 3.17. Vista en 3D Nodo Principal-Emisor.

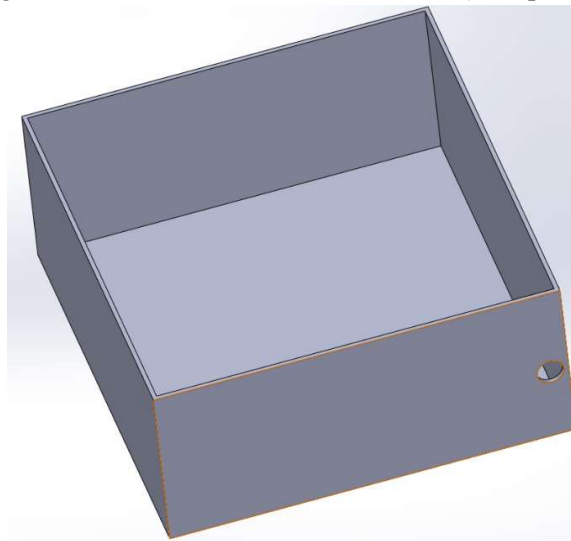


Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

3.7.5 Diseño de dispositivo para los Receptores.

Para el diseño y construcción de las carcasas que se observa en la figura 3.19, debemos de tener en cuenta las dimensiones de las placas PCB y la posición en la que va a ser instalada en el prototipo se mide un largo de 9.70 cm con un ancho de 9.10 cm y un alto de 4 cm, como con este dispositivo utilizamos antenas se procede a extruir un corte en la caja respectiva tomando en cuenta que su diámetro será de 0.8 cm.

Figura 3.18. Vista en 3D Nodo Uno-Dos (Receptores).



Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

A continuación se observará la placa electrónica adherida a su caja 3D respectiva, teniendo como resultado el dispositivo final a implementar.

Figura 3.19. Vista final Nodo Principal - Emisor.



Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

Figura 3.20. Vista Nodo 1-2 (Receptores).



Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

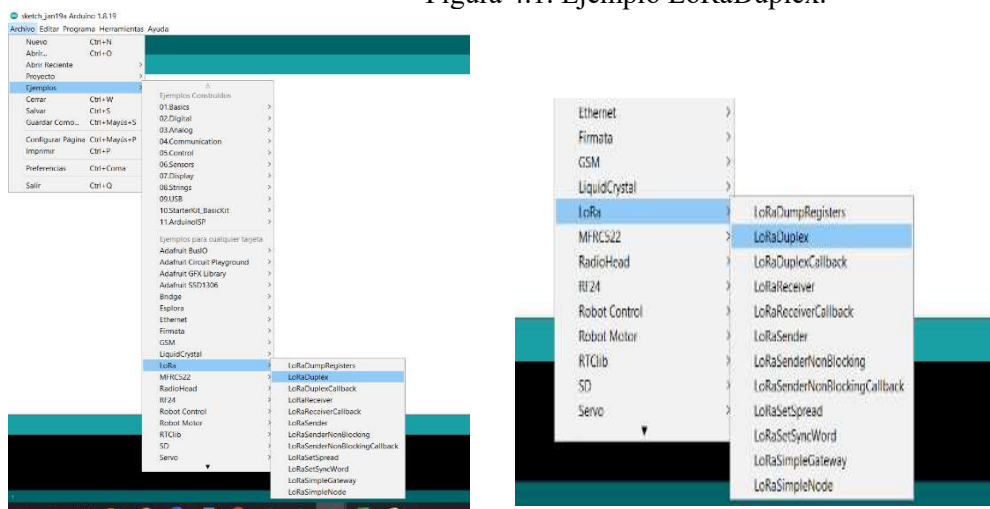
CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Pruebas de Comunicación

Para las pruebas de comunicación entre los módulos LoRa tomamos el ejemplo LoRaDuplex como se muestra en la Figura 4.1.

Figura 4.1. Ejemplo LoRaDuplex.



Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

Es necesario conocer ciertos conceptos de programación C++ y de señales inalámbricas, para modificar el código de “LoRaDuplex” y establecer una correcta interpretación de los resultados los cuales serán configurados y visualizados a continuación.

Figura 4.2. Parámetros de frecuencia y direcciones.

```

PRINCIPAL
#include <SPI.h> // Libreria
#include <LoRa.h> //Libreria

const int csPin = 10; // Selección de chip de radio LoRa
const int resetPin = 9; // reset de radio LoRa
const int irqPin = 2;
byte msgCount = 0; // contador de mensajes
int interval = 2000; // intervalo entre envios
long lastSendTime = 0; // ultimo paquete enviado
String outgoing; // mensaje de salida
byte nodoprincipal = 0xFF; // direccion del presente dispositivo
byte nodouno = 0xBB; // destino del mensaje enviado del otro dispositivo
byte nododos = 0xAA; // destino del mensaje enviado del otro dispositivo

void setup() {
  Serial.begin(115200); // inicio serial

  while (!Serial);
  LoRa.setPins(csPin, resetPin, irqPin); // establecer CS, restablecer, pin IRQ
  if (!LoRa.begin(445E6)) { // initialize radio at 915 MHz
    Serial.println("LoRa inicio fallido. Chequea la conexión.");
    while (1); // siempre si entra a la condición de fallido no hacer nada
  }
  LoRa.setSpreadingFactor(8); // ranges from 6-12,default 7 see API docs

```

Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

LoRa utiliza varias frecuencias, principalmente se toma en cuenta el de América del sur a 433 MHz por default. Esto es una anécdota importante ya que los dispositivos LoRa trabajan a ciertas frecuencias dependiendo el país de donde nos encontremos, Ecuador en la capital de Quito se trabaja desde los 410 MHz hasta los 525 MHz, la cual se escogió una frecuencia de 445MHz por ser la más apta para el proyecto.

Para visualizarla en el monitor serial del software Arduino se digita 115200 en el código como en la configuración como puerto serial, ya que este se adecua a la velocidad de bits que se transmiten en el módulo LoRa.

Para el factor de propagación o alcance, este acepta parámetros de configuración entre 7 a 12, esto crea una alta velocidad de bits o velocidad de datos, por ello se configuró en 8 para ser visualizados en el monitor serial.

Figura 4.3. Definición de paquete e incrustación de direcciones.

```

Serial.println("LoRa inicio satisfactoriamente.");
}
void loop() {

if (millis() - lastSendTime > interval) {
String message = "Mensaje a Nodo 1"; // send a message
message += msgCount;
sendMessage(message);
Serial.println("Sending " + message);
lastSendTime = millis(); // timestamp the message
interval = random(500) + 500;
msgCount++;}
onReceive(LoRa.parsePacket());}
void sendMessage(String outgoing) {
    LoRa.beginPacket(); // start paquete
    LoRa.write(nodouno); // Añade direccion de destino
    LoRa.write(nododos); // Añade direccion de destino
    LoRa.write(nodoprincipal); // Añade dirección de envio
    LoRa.write(msgCount); // Añade ID del mensaje
    LoRa.write(outgoing.length()); // Añade longitud de salida
    LoRa.print(outgoing); // Agrega salida
    LoRa.endPacket(); // finaliza el paquete y envia todo
    msgCount++; // incrementa el ID del mensaje
}

void onReceive(int packetSize) {
if (packetSize == 0) return; // si no es el paquete, return
// lee los bytes del encabezado del paquete:
String incoming = "";
while (LoRa.available()) {
incoming += (char)LoRa.read();
}
Serial.println("Message: " + incoming);
Serial.println("RSSI(-dbm): " + String(LoRa.packetRssi()));

Serial.println();
}
}

```

Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

En la figura 4.3 se digita el mensaje a enviar al otro artefacto, como también dentro de un submenú “sendMessage”, se escribe las direcciones de envío y de destino para el caso del nodo principal – emisor.

Figura 4.4. Definición de direcciones Nodo Uno-Dos (Receptoras).



```
Nodo_UNO Arduino 1.8.19
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
Nodo_UNO $
#include <SPI.h> // Libreria
#include <LoRa.h> //Libreria
const int csPin = 10; // Selección de chip de radio LoRa
const int resetPin = 9; // reset de radio LoRa
const int irqPin = 2; // change for your board; must be a hardware interrupt pin

byte msgCount = 0; // contador de mensajes
int interval = 1000; // intervalo entre envios
long lastSendTime = 0; // ultimo paquete enviado
String outgoing; // mensaje de salida
byte nodouno = 0xBB; // direccion del presente dispositivo
byte nodoprincipal = 0xFF; // destino del mensaje enviado del otro dispositivo
void setup() {
  Serial.begin(115200); // inicio serial
  while (!Serial);
  LoRa.setPins(csPin, resetPin, irqPin); // establecer CS, restablecer, pin IRQ
  if (!LoRa.begin(445E6)) { // initialize ratio at 915 MHz
    Serial.println("LoRa inicio fallido. Chequea la conexión.");
    while (1); // siempre si entra a la condición de fallido no hacer nada
  }
  LoRa.setSpreadingFactor(8); // ranges from 6-12,default 7 see API docs
  Serial.println("LoRa inicio satisfactoriamente.");
}

Nodo_DOS Arduino 1.8.19
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
Nodo_DOS $
#include <SPI.h> // Libreria
#include <LoRa.h> //Libreria
const int csPin = 10; // Selección de chip de radio LoRa
const int resetPin = 9; // reset de radio LoRa
const int irqPin = 2; // change for your board; must be a hardware interrupt pin

byte msgCount = 0; // contador de mensajes
int interval = 1000; // intervalo entre envios
long lastSendTime = 0; // ultimo paquete enviado
String outgoing; // mensaje de salida
byte nododos = 0xAA; // direccion del presente dispositivo
byte nodoprincipal = 0xFF; // destino del mensaje enviado del otro dispositivo
void setup() {
  Serial.begin(115200); // inicio serial
  while (!Serial);
  LoRa.setPins(csPin, resetPin, irqPin); // establecer CS, restablecer, pin IRQ
  if (!LoRa.begin(445E6)) { // initialize ratio at 915 MHz
    Serial.println("LoRa inicio fallido. Chequea la conexión.");
    while (1); // siempre si entra a la condición de fallido no hacer nada
  }
  LoRa.setSpreadingFactor(8); // ranges from 6-12,default 7
  Serial.println("LoRa inicio satisfactoriamente.");
}
```

Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

En la figura 4.4 se observa la configuración de las direcciones receptoras respectivas al nodo 1 como al 2, tomando en cuenta que es similar al código principal con la diferencia que en estos códigos de los receptores no se añaden las tres direcciones solo es necesario poner la dirección correspondiente para el nodo 1 y la del emisor, e igualmente en el nodo 2.

4.2 Pruebas de distancia.

Tabla 4.1. Distancia con velocidad de una persona.

PRUEBA	CONECTIVIDAD	AMBIENTE	RSSI (-dbm)	DISTANCIA (m)
1	SI	Campo abierto	108	170
2	SI	Campo abierto	102	59
3	SI	Campo abierto	103	61
4	SI	Campo cerrado	102	62
5	SI	Campo cerrado	104	92
6	SI	Campo cerrado	108	106
7	NO	Campo cerrado	109	107
8	NO	Campo abierto	109	172

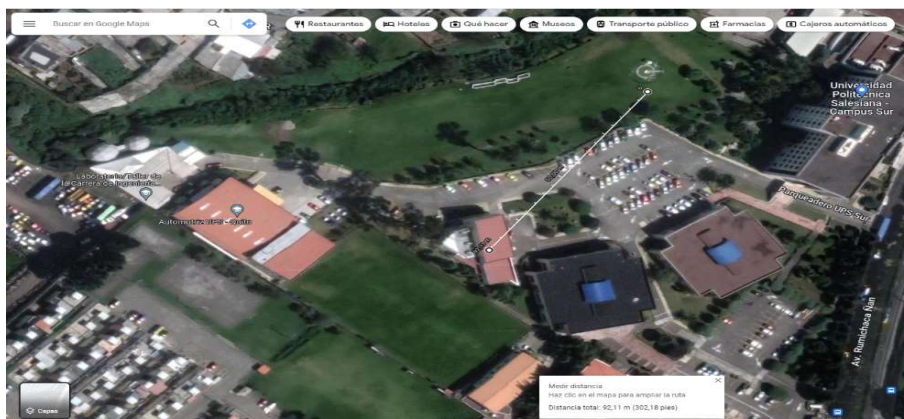
Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

Figura 4.5. Campo abierto en UPS (170m).



Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

Figura 4.6. Campo Obstruido en UPS (92m).



Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

Como se aprecia en el campo abierto es decir en instalaciones sin demasiada interferencia de la UPS, máximo a unos 170 metros el dispositivo en cuestión logra su detección, generando RSSI

suficientes para dar acción y cumpliendo lo previamente programado, mientras que en campo cerrado con obstrucción de paredes, personas y demás interferencias, superan la distancia anterior.

Tabla 4.2. Distancia realizada en la UPS Campus Sur.

PRUEBA	CONECTIVIDAD	OBSTACULO	RSSI (-dbm)	DISTANCIA (m)
1	SI	Sin obstrucción	90	62
2	SI	Sin obstrucción	91	62
3	SI	Con obstrucción	95	63
4	SI	Sin obstrucción	91	62
5	SI	Con obstrucción	94	61
6	SI	Sin obstrucción	92	62
7	SI	Sin obstrucción	91	62
8	SI	Con obstrucción	94	61

Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

Figura 4.7. Distancia total (636m).



Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

En la figura 4.7 se observa la distancia del transporte publico Ecovía el cual va de Norte a Sur desde la parada de Teatro Mexico hasta el Estadio de Chimbacalle el cual se mantuvo el enlace de conectividad entre Arduinos proporcionando los valores de dbm o RSSI previamente programados a una distancia adecuada.

4.3 Pruebas de velocidad-distancia

Tabla 4.3. Velocidad de la Persona.

PRUEBA	CONECTIVIDAD	AMBIENTE	VELOCIDAD (Km/h)	DISTANCIA (m)
1	SI	Controlado	2 a 3	17
2	SI	Controlado	2 a 3	20
3	SI	Controlado	2 a 3	21
4	SI	Controlado	2 a 3	19
5	SI	Controlado	10	23
6	SI	Controlado	10 a 11	13
7	SI	Controlado	10 a 11	11
8	SI	Controlado	10 a 11	12
9	SI	Controlado	10 a 11	11
10	SI	Controlado	18	10
11	SI	Controlado	18	12
12	SI	Controlado	18	12
13	SI	Controlado	18	15

Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

En la tabla 4.3 se establece que en un trayecto recto la velocidad y la distancia que ejerce una persona no genera un resultado confiable de detección debido a que los RSSI formados entran en una especie de confusión junto a la programación realizada.

Tabla 4.4. Velocidad en Transporte Publico.

PRUEBA	CONECTIVIDAD	AMBIENTE	VELOCIDAD (km/h)	DISTANCIA (m)
1	SI	Controlado	30	62
2	SI	Controlado	30	62
3	SI	Controlado	30	62
4	SI	Controlado	30	62
5	SI	Controlado	30	63

Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

En la tabla 4.4 se establece que en un ambiente despejado sin demasiadas obstrucciones la velocidad y la distancia que ejerce un transporte público genera un resultado confiable de detección y tiempo suficiente para que la persona con el dispositivo pueda reaccionar a la acción de vibraciones programadas.

Figura 4.8. Velocidad en Ecovía (62.01 m).



Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

Tabla 4.5. Pruebas variadas de Velocidad-Distancia.

PRUEBA	CONECTIVIDAD	AMBIENTE	VELOCIDAD (km/h)	DISTANCIA (m)
1	SI	Controlado	40	36
2	SI	Controlado	42	38
3	SI	Controlado	44	36
4	SI	Controlado	45	35
5	SI	Controlado	42	42
6	SI	Controlado	44	38
7	SI	Controlado	42	35
8	SI	Controlado	40	37
9	SI	Controlado	40	42
10	SI	Controlado	42	35
11	SI	Controlado	40	42
12	SI	Controlado	44	42
13	SI	Controlado	40	37
14	SI	Controlado	40	39
15	SI	Controlado	38	42
16	SI	Controlado	36	45
17	SI	Controlado	40	37
18	SI	Controlado	30	45
19	SI	Controlado	20	51
20	SI	Controlado	25	48
21	SI	Controlado	22	50
22	SI	Controlado	24	48
23	SI	Controlado	26	48
24	SI	Controlado	20	55
25	SI	Controlado	18	60

Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

La función de detección por medio de los RSSI del módulo LoRa dan un mejor resultado al estar estáticos o sin forjar demasiado desplazamiento, es decir que el transporte público tenga una velocidad adecuada para su detección y genere el tiempo necesario para que la persona con el síndrome establezca si es conveniente la parada o no. Por lo tanto, si la velocidad aumenta demasiado los RSSI nos darán un error al no obtener la lectura disponible.

Figura 4.9. Velocidad en Ecovía (40 Km/h).



Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

En la figura 4.9 observamos que la distancia de detección del dispositivo aproximadamente a unos 40 metros, no cambia en un rango de velocidad de 40 a 44 km/h.

Figura 4.10. Velocidad en Ecovía (20 Km/h).



Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

En la figura 4.10 observamos que la distancia de detección del dispositivo cambia en una velocidad de 20 km/h, superando la detección mayor a 40 metros, sin embargo esto no es un problema ya que si la detección es mucho mas lejos de su destino, es mucho mejor por tener una alerta mas eficaz a su llegada.

Esto sin considerar la acumulación de la gente en la tarde, en las paradas Quimiag a Mercado Mayorista

Figura 4.11. Velocidad en Ecovía (16 Km/h).



Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

En la figura 4.11 como en la 4.12, se da a conocer una velocidad menor a la que se obtuvo, primeramente, dando como resultado que la detección se amplie a una distancia de 50 metros, y teniendo en cuenta la acumulación de gente en el transporte público, se destaca que existe una interferencia mínima en la persona al obstruir la señal de la antena LoRa y observando estas pruebas se da a conocer que la detección del dispositivo depende de la velocidad del transporte.

Figura 4.12. Velocidad en Ecovía (15 Km/h).



Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

4.4 Pruebas de dispositivo con personas con síndrome de Usher

Podemos verificar que la distancia de detección junto al dispositivo se encuentra en un rango adecuado para que la persona identifique su destino. Por lo cual se procede a realizar pruebas reales primero enseñando la rutina del dispositivo mencionando como este funciona y preparar a la persona para que pueda utilizarlo independientemente, conozca su método de adaptarse al uso del dispositivo. Cabe destacar que por preferencia y seguridad del usuario el transporte público elegido será para el uso exclusivo de rutas en Ecovía o en Trolebús, debido a que buses con rutas específicas muchas veces no se detienen en su parada y es complicado el uso de este dispositivo en estos transportes.

Al sentir este dispositivo por la persona en cuestión, toma en consideración la manera de cómo está estructurado y construido este dispositivo para pensar en qué lugar colocarlo al ser de un tamaño pequeño, facilitando el traslado del aparato.

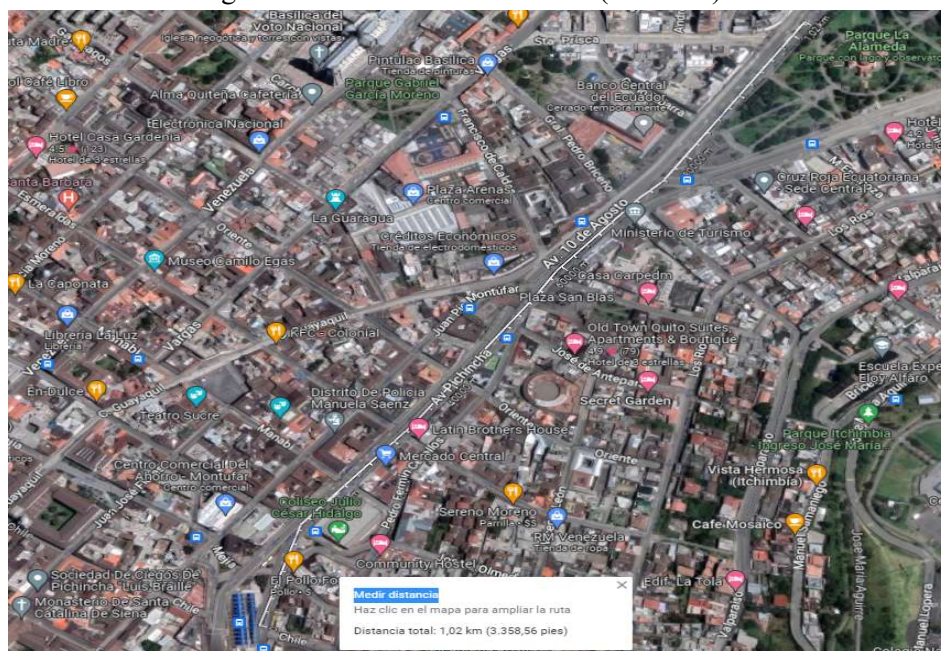
Una vez definido el artefacto se procede a ubicar (ayuda de un tercero) el nodo 1 en el transporte público y el nodo 2 se encontrará en una parada de destino de la Ecovía, la cual por seguridad y debido a que este artefacto aún está en pruebas de funcionamiento, Brayan López procede a

ubicarse en la parada final, y por supuesto el aparato con el código principal será llevado por el usuario quien estará acompañado de mi compañero Cristian Cachiguango.

Para las pruebas reales debido a que no existe un registro aquí en la ciudad de Quito de las personas con síndrome de Usher o personas con sordoceguera, se realizó primeramente con personas con discapacidad visual para tener una perspectiva de las técnicas que se requieren al comunicarse, quienes tenían conocimiento del sistema braille, para ello se lo realizo en la calle Juan José Flores cerca de la Plaza de Santo Domingo en la Sociedad de Ciegos de Pichincha “Luis Braille”, como se aprecia en el Anexo VIII, al ser una sociedad hubo cinco candidatos a conocer este dispositivo, analizarlo, comprobarlo, y manipularlo, la enseñanza se facilitó al tener en cuenta que dichas personas podían escuchar, por lo cual la enseñanza del funcionamiento del gadget estuvo entendible. Se pudo desplazar a una persona que nos ayude con las pruebas en el transporte público, su nombre es Anabel Morales quien amablemente nos ayudó sin ninguna duda con esta labor.

La ruta que se configuro para realizar dichas pruebas es, la de Marín a Quitumbe como simulación de la respectiva ruta fija, utilizamos unas paradas aleatorias del Ecovía, debido a que su funcionamiento es el mismo para el inicio como para el final, el recorrido se aprecia en la siguiente figura 4.13.

Figura 4.13. Velocidad en Ecovía (23 Km/h).



Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

Esperamos en la respectiva parada a la venida del transporte con el dispositivo de nodo correspondiente, y a la función de detección del dispositivo del nodo principal, para alistarse a subir al Ecovía, después en la parada de destino se encuentra el otro nodo que dará acción al llegar al destino de la ruta fija como se muestra en el Anexo IX.

Figura 4.14. Velocidad en Ecovía (23 Km/h con 50m).



Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

Se realizó otra prueba ahora si con una persona con Síndrome de Usher, el Señor Darío Ramos, la cual fue muy difícil de encontrarla, pero nos ayudó la mismísima Universidad Politécnica Salesiana del Girón. Aquella persona no poseía ni audición ni visión, sin embargo, poseía unos audífonos especiales que le ayudaba a escuchar ligeramente, este accesorio nos ayudó a realizar pruebas en el sector Sur por donde transitan los Troles, específicamente las pruebas se realizaron en la parada mercado mayorista y en la parada Solanda, como simulación a la ruta antes propuesta, su aprendizaje del dispositivo fue complejo al tener que alzar un poco la voz para que nos escuche e indicarle la función del dispositivo, aunque dicha persona sabía guiarse muy bien, por lo que solo necesitaba sentir las vibraciones programadas aunque conocía el sistema braille, no lo utilizaba y se confundía, eso no quiere decir que no sea necesaria la lectura de las paradas en el sistema braille.

Figura 4.15. Velocidad en Ecovía (18 Km/h con 60 m).



Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

CAPÍTULO V GESTIÓN DEL PROYECTO

5.1 RECURSOS Y MATERIALES

En este capítulo se analizará la factibilidad de costo-beneficio para el presente proyecto, a continuación, se detalla el costo de producción, talento humano y recursos materiales.

5.1.1 Costos de manufactura.

Tabla 5.1. Gastos Total.

ACCESORIO	UNITARIO	CANTIDAD	SUBTOTAL GASTADO
Antena RFID	\$ 280,00		\$ -
Led	\$ 0,10	3	\$ 0,30
PROTOBOARD	\$ 23,50	1	\$ 23,50
Arduino uno	\$ 11,50	2	\$ 23,00
Arduino nano	\$ 9,50	2	\$ 19,00
CABLES	\$ 6,00	1	\$ 6,00
Motor vibración	\$ 2,00	2	\$ 4,00
Lipo 7,4V	\$ 19,95	2	\$ 39,90
Filamento PLA	\$ 20,00	1	\$ 20,00
Lipo 3,7v	\$ 6,25	1	\$ 6,25
Cargador de lipo	\$ 6,40	1	\$ 6,40
Modulo GPS	\$ 12,90	2	\$ 25,80
Servo MG90S (360 grados)	\$ 6,50	1	\$ 6,50
NRF2401	\$ 4,00	2	\$ 8,00
Lora SX1278 + antena	\$ 23,00	3	\$ 69,00
PCB Maestro NANO	\$ 6,50	1	\$ 6,50
PCB Esclavo Arduino UNO	\$ 6,50	2	\$ 13,00
Total			\$ 277,15

Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

Se aprecia en esta tabla 5.1 los costos de los componentes utilizados tanto para pruebas como para la construcción del dispositivo.

5.1.1.1. Costo Componentes

Tabla 5.2. Costo solo dispositivo.

ACCESORIO	UNITARIO	CANTIDAD	SUBTOTAL GASTADO
Led	\$ 0,10	3	\$ 0,30
Arduino uno	\$ 11,50	2	\$ 23,00
Arduino nano	\$ 9,50	1	\$ 9,50
CABLES	\$ 6,00	1	\$ 6,00
Motor vibración	\$ 2,00	1	\$ 2,00
Lipo 7,4V	\$ 19,95	2	\$ 39,90
Lipo 3,7v	\$ 6,25	1	\$ 6,25
Servo MG90S (360 grados)	\$ 6,50	1	\$ 6,50
Lora SX1278 + antena	\$ 23,00	3	\$ 69,00
PCB Maestro NANO	\$ 6,50	1	\$ 6,50
PCB Arduino UNO	\$ 6,50	2	\$ 13,00
Total			\$ 181,95

Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

En la Tabla 5.2 nos referimos a los gastos que tendría el construir el dispositivo para una posible implementación en el Transporte Publico.

5.1.2 Recursos.

Tabla 5.3. Herramientas.

EQUIPOS	CANTIDAD
Laptop	2
Cautín	1
Destornilladores	3
Estilete	1
Multímetro	2
Cortadora de cables	2
Pinzas	2

Fuente: Cachiguango Cristian, López Brayan

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1.1 Conclusiones

- Durante las pruebas con varios módulos a radio frecuencia de corto y largo alcance, se determinó que, para realizar una conectividad a larga distancia y mayor efectividad, se puede utilizar los módulos LoRa SX1278 el cual cumple con ciertas especificaciones, su bajo precio, alto alcance de conectividad aproximadamente 170 metros en campo abierto para accionar al dispositivo y su bajo consumo de energía.
- Este proyecto permitió la vinculación de un sistema de comunicaciones inalámbricas con tecnologías actuales que faciliten la movilización de personas con sordoceguera en un transporte público, por lo que el dispositivo posee una cobertura de grandes distancias por especificaciones 10 km de conectividad con un bajo consumo de potencia.
- Durante la investigación por varias fuentes de comunicación para conocer las necesidades de las personas con síndrome de Usher, se logró comunicar y palpar el peligro que están expuestas tales personas, por lo cual su movilización es limitada ante el mundo exterior, ya que nos informan que no existe un carnet de discapacidad de sorda cieguera, por lo tanto, carecen de un guía interprete para poder movilizarse.
- Con la implementación de un dispositivo podo táctil considerando la manipulación del usuario para la lectura de rutas fijas de transporte público, con la ayuda del programa Solid Works se optó por un octágono braille (o como se llame), ya que su movilidad permite a futuro, la colocación de posibles rutas adicionales en función de las necesidades de los beneficiarios de este proyecto.
- Mediante las pruebas de entrenamiento con las personas con síndrome de Usher y con discapacidad visual se determinó el correcto funcionamiento del dispositivo, el cual, tras las vibraciones generadas para los avisos de llegada del medio de transporte, ayudaron a una adecuada interpretación del sistema braille adoptado en el octágono. Así mismo, con el entrenamiento del uso del dispositivo, se comprobó la habilidad de este tipo de personas, a la hora de la sensibilidad que poseen en el tacto.
- Se diseño un sistema emisor receptor considerando la exposición del usuario, para desplazarse de un lugar a otro en un transporte público, a través de conectividad a radio frecuencia, que nos brindan los módulos LoRa con su respectiva antena y la ayuda del

programa diseñado en el Arduino para realizar La ejecución de cada acción del dispositivo, y así poder definir una manera de comodidad e independización que espera obtener la persona con síndrome de Usher.

- Mediante las pruebas de dispositivo a los respectivos usuarios, se determinó que para las personas con déficit visual el aprendizaje es más rápido al poder escuchar al receptor, aproximadamente entre 25 a 30 min, mientras que las que poseen la deficiencia visual y auditiva (síndrome de Usher) su aprendizaje es más lento al no poder oír, aproximadamente entre 2h, para lo cual se toma en cuenta que al tener afectado la visión como la audición es necesario el conocimiento braille, por lo tanto la adaptación del dispositivo con las personas con discapacidad visual y sordoceguera es amigable y entendible para su traslado de un lugar a otro.
- Mediante el uso del dispositivo se comprobó, que es más apto que los sistemas actuales que estas personas utilizan, como los audífonos para la sordera, los bastones, etc., ya que es de fácil manejo por conocer necesariamente el sistema braille y cómodo para el usuario con déficit de sordoceguera en comparación con los de discapacidad visual.

6.1.2 Recomendaciones

- Durante la programación entre obtener su conectividad se pudo observar que los módulos LoRa trabajan con una frecuencia entre 445-525 MHz al momento de intercambiar frecuencias los módulos no se pueden conectar entre ellos, lo que no es recomendable cambiar aquellas y todos los módulos a conectar deberán tener la misma frecuencia.
- Al realizar las pruebas existe una mayor probabilidad de tener muchos errores, por diferentes situaciones o componentes que llegan a dañarse en el proceso, el más propenso a movimientos bruscos son las antenas, por lo cual antes de una prueba revisar el buen funcionamiento de las antenas de LoRa para tener una buena recepción.
- En este proyecto se buscó ayudar tecnológicamente en el desempeño de las personas sordociegas al moverse, sería conveniente realizar un artículo que utilice una arquitectura LoRa WAN ubicando el Gateway en edificios alto de transmisión o edificios vecinos con el propósito de abarcar más aplicaciones IOT.
- Al realizar las pruebas existe una mayor probabilidad de tener muchos errores, por diferentes situaciones o componentes que llegan a dañarse en el proceso, el más propenso a movimientos bruscos son las antenas, por lo cual antes de una prueba revisar el buen funcionamiento de las antenas de LoRa para tener una buena recepción.
- Al tener un carril libre donde el transporte público tenga una o varias paradas obligatorias, es perfecto para el gadget, ya que con anticipación se tiene un previo aviso de su transporte y el tiempo necesario para poder montar al mismo, por lo tanto, es recomendado el uso de Ecovía, siendo adecuada para establecer una ruta fija.
- Para una mejor comodidad y seguridad del usuario es mejor llevar el dispositivo que posee un peso ligero, colgado en el cuello o se podría ubicar a la altura de la cintura amarrado a la correa.
- Es recomendable un campo abierto donde no exista obstrucción a la señal, ya que a través de sistemas LoRa permiten un rango de comunicación muy amplia para dicho proyecto.

REFERENCIAS

- IoT Projects Ideas. (12 de Marzo de 22). *Comunicación bidireccional LoRa con múltiples nodos*. Obtenido de <https://iotprojectsideas.com/multiple-lora-nodes-communication-with-master-lora-node/>
- (FESOCE), F. E. (2018). *Guía de orientación y movilidad para personas con sordoceguera*. Barcelona, España.
- Amazon. (2022). *Amazon*. Obtenido de <https://www.amazon.com.mx/Hora-Powerbank-Portatil-Port%C3%A1til-Compatible/dp/B096PT5NPK>
- Anónimo. (16 de Marzo de 2017). *National Institute on Deafness and Other Communication Disorders*. Obtenido de <https://www.nidcd.nih.gov/es/espanol/sindrome-de-usher#:~:text=s%C3%ADndrome%20de%20Usher%3F-,%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20s%C3%ADndrome%20de%20Usher%3F,los%20ojos%20llamada%20retinitis%20pigmentaria>.
- Ballesta Viñas, J. (2018). *Repositorio Digital*. Obtenido de Evaluación de tecnologías LPWAN para escenarios de Smart Cities: <http://hdl.handle.net/10317/7296>
- Benítez Merido, J. (2012). SORDOCEGUERA: POSIBILIDADES DE INVESTIGACIÓN PSICOEDUCATIVA. *redalyc*, 260.
- Canepa, G., Palarino, L., & Lapajufker, M. (2016). *Utilización de tecnología RFID para optimizar la operatividad y administración de una institución hospitalaria*. Buenos Aires: ITBA.
- Carmenate, J. G. (s.f.). *Arduino Nano el capo de la familia Arduino Nano*. Obtenido de Programarfacil.com: <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/familia-arduino-nano/>
- catsensors. (s.f.). *catsensors*. Obtenido de [https://www.catsensors.com/es/lorawan/tecnologia-lora-y-lorawan#:~:text=LoRa%20es%20una%20tecnolog%C3%ADa%20ideal,para%20Smart%20Cities%20\(ciudades%20inteligentes\)](https://www.catsensors.com/es/lorawan/tecnologia-lora-y-lorawan#:~:text=LoRa%20es%20una%20tecnolog%C3%ADa%20ideal,para%20Smart%20Cities%20(ciudades%20inteligentes))

- Commons, C. (26 de Agosto de 2013). *retinosis.org*. Obtenido de Síndrome de Usher: <https://retinosis.org/sindrome-de-usher/>
- Crespo, E. (27 de Junio de 2016). *APRENDIENDOARDUINO*. Obtenido de Blog de WordPress.com: <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Faprendiendoarduino.wordpress.com%2F2016%2F06%2F27%2Farduino-uno-a-fondo-mapa-de-pines-2%2F&psig=AOvVaw0Kffw8kgiCdZ073KXgduAc&ust=1670865239468000&source=images&cd=vfe&ved=0CA8QjRxqFwoTCPDPx5eI8vsCFQAAAAAdA>
- Dopazo, G. L. (2019). *Test Y despliegue con tecnología de comunicacion LoRa para aplicaciones de internet of things [Tesis de Grado, Universidad Politecnica de Madrid]*. Madrid: Repositorio Institucional.
- GALVAÑ, M. J. (2018-2019). *TERAPIAS PARA EL SÍNDROME DE USHER*. San Vicente del Raspeig.
- hetpro. (2009-2022). *hetpro*. Obtenido de <https://hetpro-store.com/2n2222a/>
- Hussain, W. (13 de Agosto de 2021). *circuits-diy*. Obtenido de <https://www.circuits-diy.com/lm1117-3-3v-0-8a-low-dropout-regulator-datasheet/>
- info@paymarkfast.com. (2020).
- Li, C.-H., Lao, K.-W., & Tam, K. (2018). Un sistema de advertencia de inundaciones basado en matriz de etiquetas RFID para instalaciones de energía. *Conferencia internacional IEEE de 2018 sobre tecnología y aplicaciones de RFID (RFID-TA)* (págs. 1-4). Macao: IEEE.
- Lizeth Limaico, D. N. (23 de Febrero de 2022). *DESARROLLO DE UNA RED IOT PARA EL MONITOREO DE VARIABLES DE UN SISTEMA DE AGUA, EN LA JUNTA SANA CUENDINA*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Maturana, C. (Octubre de 2006). *ACADEMIA*. Obtenido de <https://www.academia.edu/download/30857898/CCF70ADC.pdf>
- MEGATRONICA, C. ©. (2022). *megatronica*. Obtenido de <https://megatronica.cc/producto/modulo-transceptor-lora-sx1278-ra-02-433-mhz/>

- Mira, R. (6 de Noviembre de 2011). *slideshare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/RocioMira/alfabeto-dactilolgico-10047428>
- Muñoz, V. (Noviembre de 2011). *Academia*. Obtenido de https://www.academia.edu/7520742/UNIVERSIDAD_AUT%C3%93NOMA_DE_ZA_CATECAS_Francisco_Garc%C3%ADa_Salinas_SA%C3%9AL_DELGADILLO_RODR%C3%8DGUEZ_JOS%C3%89_ANTONIO_ORTIZ_CORVERA?from=cover_page
- Noguer, A. G.-P.-B. (6 de Septiembre de 2011). Obtenido de <http://riberdis.cedid.es/bitstream/handle/11181/3391/Gu%C3%ADa%20valoraci%C3%B3n%20reglamentaria%20sordoceguera.pdf?sequence=1>
- NUÑEZ, F. P. (Mayo de 2017). SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL DEL ALUMBRADO PÚBLICO. Ambato, Ecuador.
- Ruiz, S. A. (26 de Octubre de 2012). *blogger.com*. Obtenido de <http://farmaciaprojects.blogspot.com/2012/10/el-metodo-tadoma.html>
- Sabas. (02 de Octubre de 2017). *Beelan*. Obtenido de Haciendo IoT con LoRa: Capitulo 2.- Tipos y Clases de Nodos: <https://medium.com/beelan/haciendo-iot-con-lora-capitulo-2-tipos-y-clases-de-nodos-3856aba0e5be>
- SANDOROBOTICS. (2022). *SANDOROBOTICS*. Obtenido de <https://sandorobotics.com/producto/mg90s-gc/>
- TETTSA. (2020). Obtenido de <https://tienda.tettsa.gt/producto/modulo-cargador-bateria-li-ion-lipo-5v-1amp-micro-usb/>
- VALENCIA, SAMUEL. (2018). *SURCOE-Asociación Colombiana de Sordociegos*. Obtenido de <https://www.surcoe.org/sistemas-de-comunicacion/#>
- Yao Jessica, y. 2. (22 de Marzo de 2021). *2CI GROUP*. Obtenido de <https://www.2cigroup.com/es/conceptos-de-actualidad-lora-y-lorawan/>

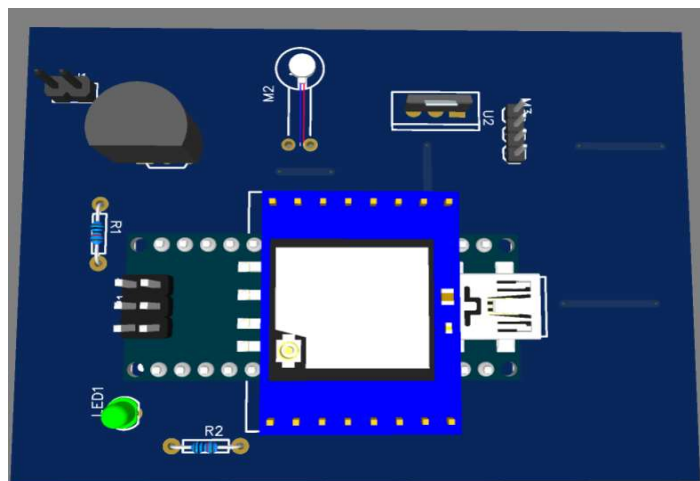
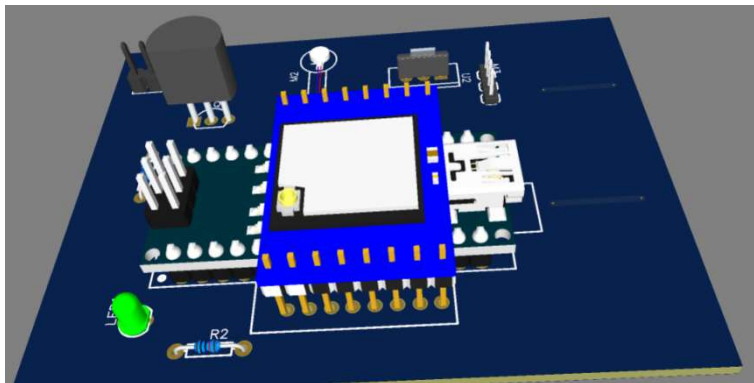
ANEXOS

ANEXO I. Especificaciones técnicas del módulo LoRa Ra-02 SX1278.

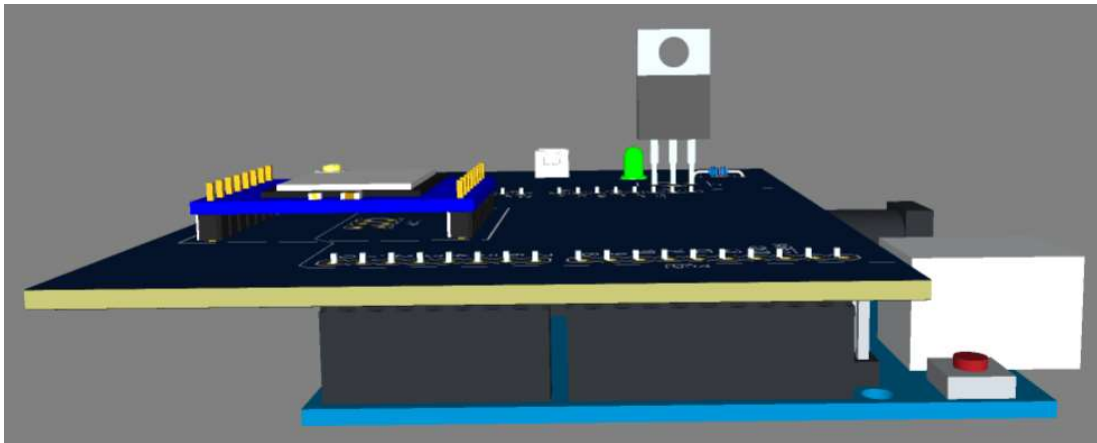
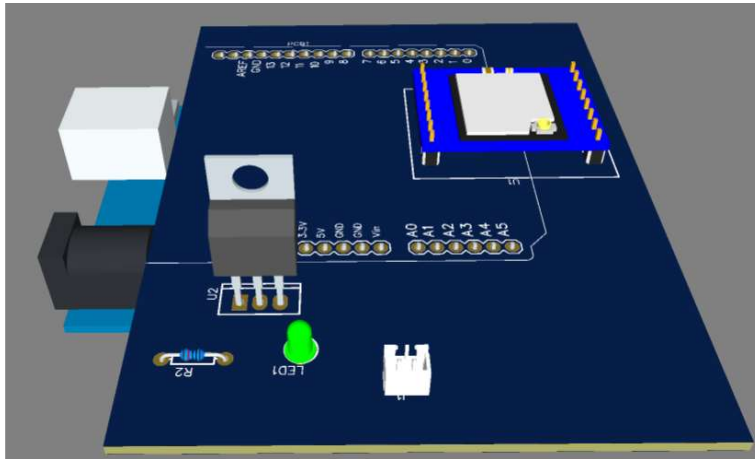
DETALLE	CARACTERISTICAS
Voltaje de entrada	1.8V - 3.7 V
Estándar inalámbrico	433 MHz
Rango de frecuencia	420 - 450MHz
Interfaz	SPI Half-duplex
Modulación	FSK, GFSK, MSK, GMSK, LoRa TM
Velocidad de transmisión de datos	300 kbps
Sensibilidad	-136dbm
Potencia de salida	+20dBm -10mW
Distancia de alcance	10km (varía de acuerdo con la topografía y obstáculos que afecten la señal)
Temperatura de trabajo	-40°C - +85°C

ANEXO II. Diseño de la placa PCBs

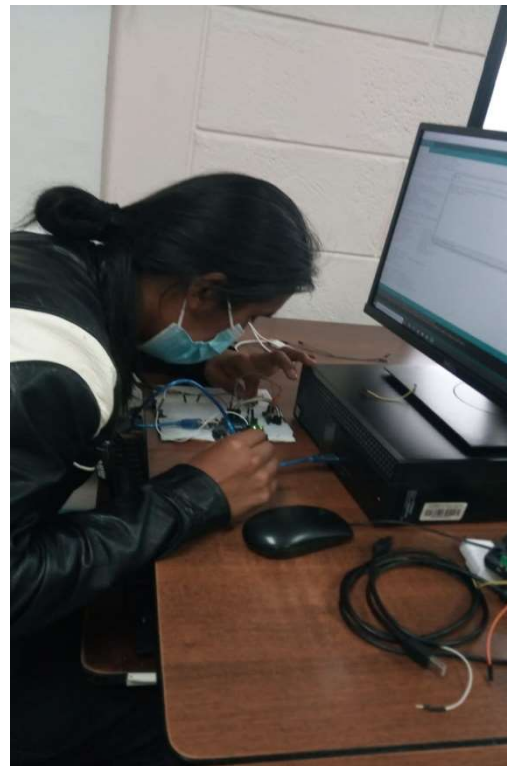
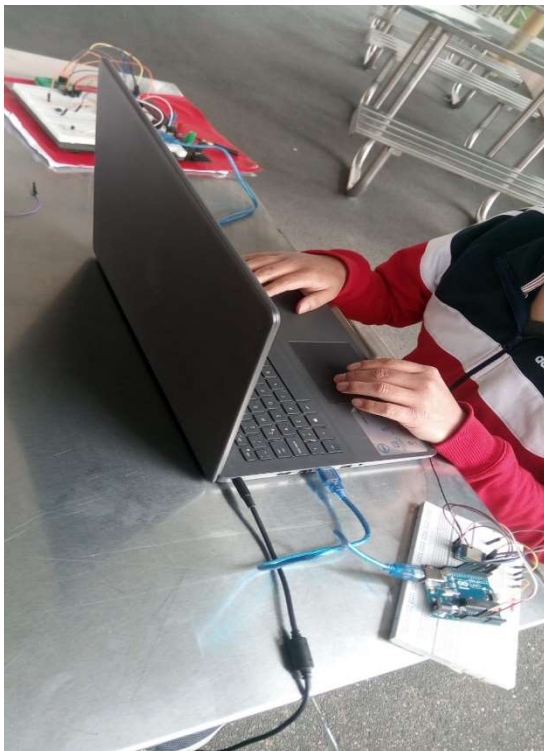
a) PCB del nodo principal en 3D

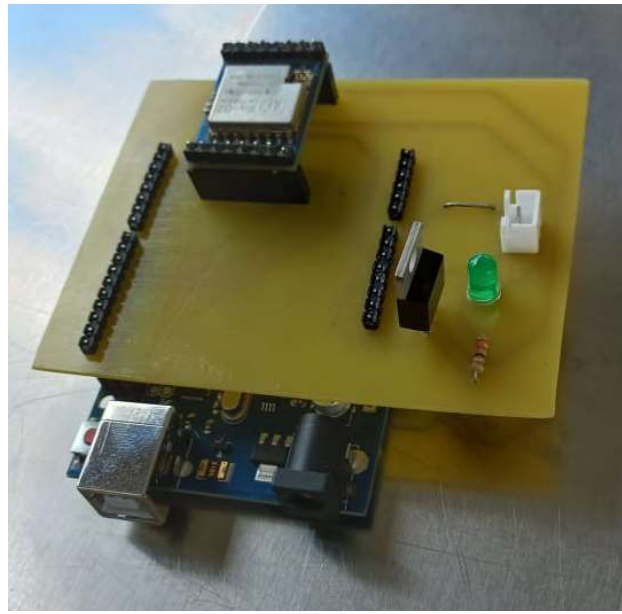
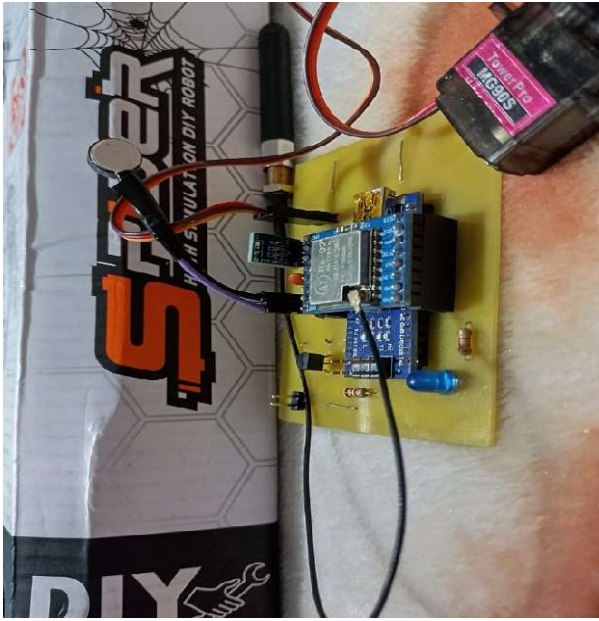


b) PCB para el nodo uno y dos en 3D

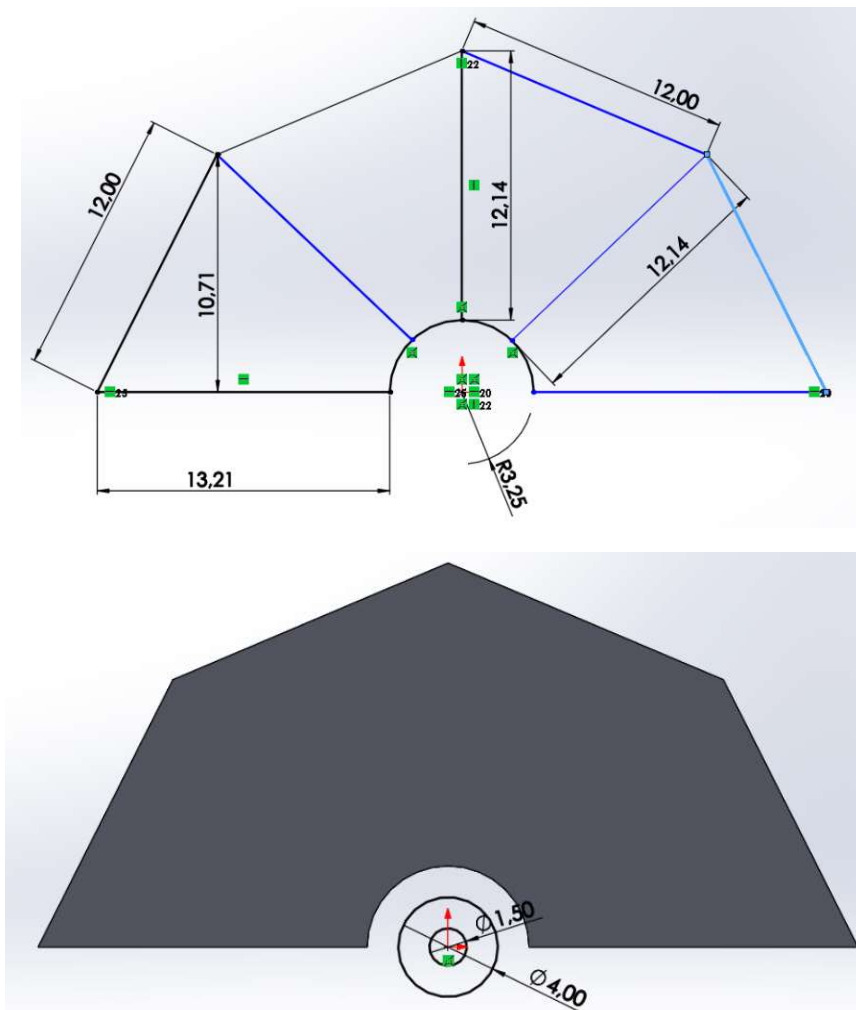


ANEXO III. Muestra de la placa PCB.

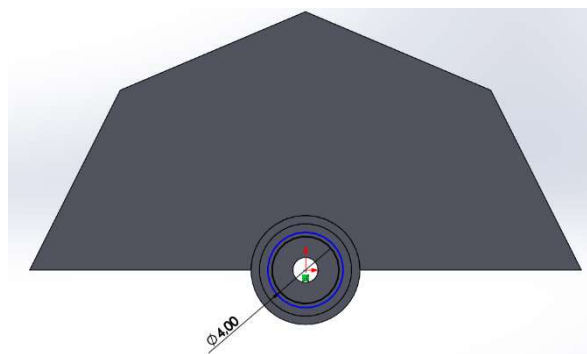
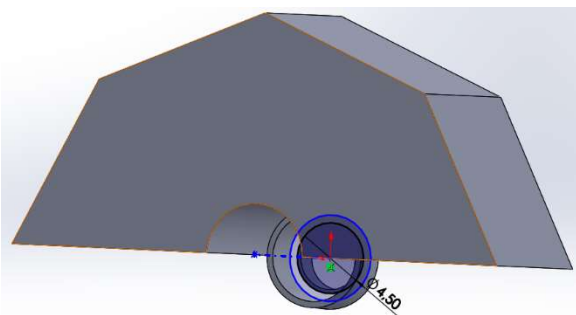
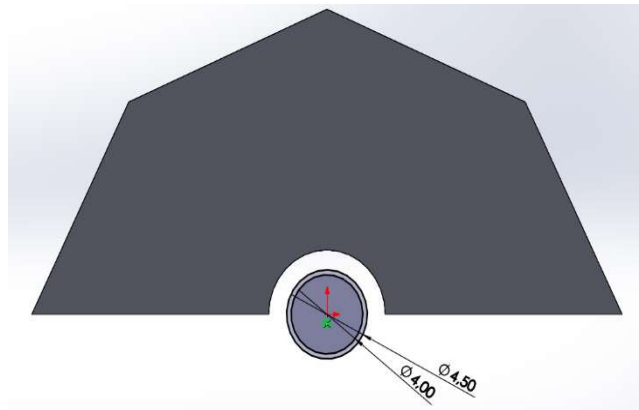
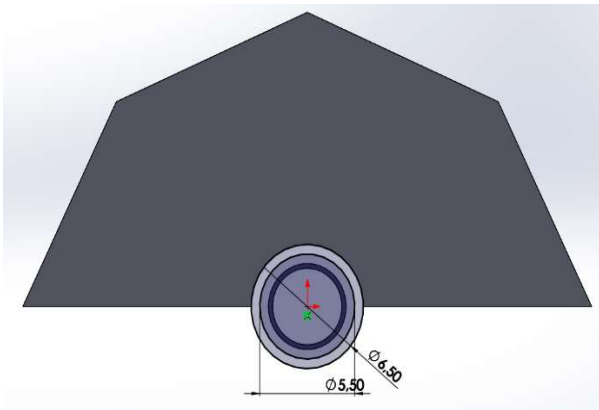




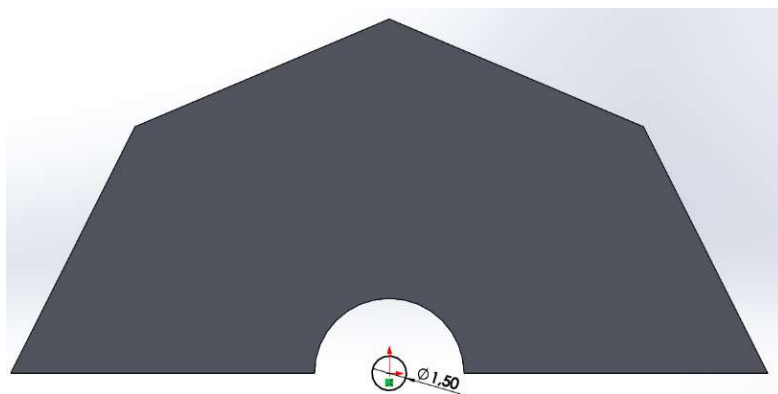
ANEXO VI. Diseño de muestreo Braille en 2D.



a) Diseño de muestreo braille en 3D

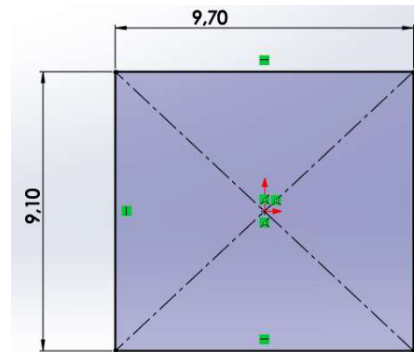
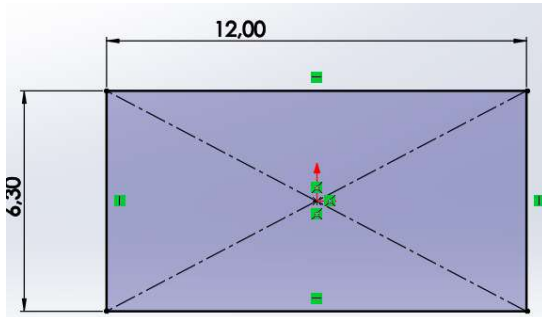


b) Diseño de muestreo Braille (corte)

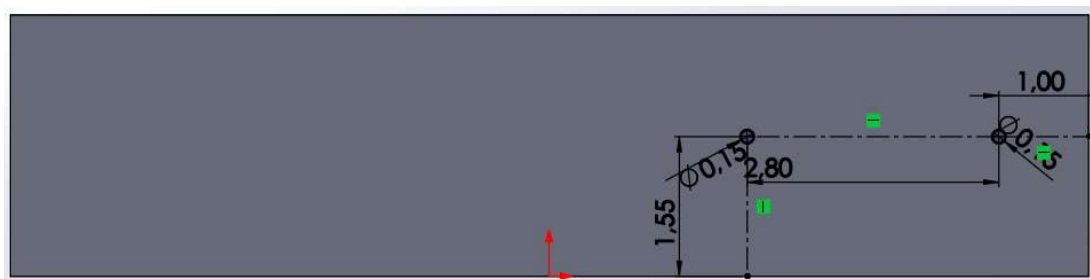
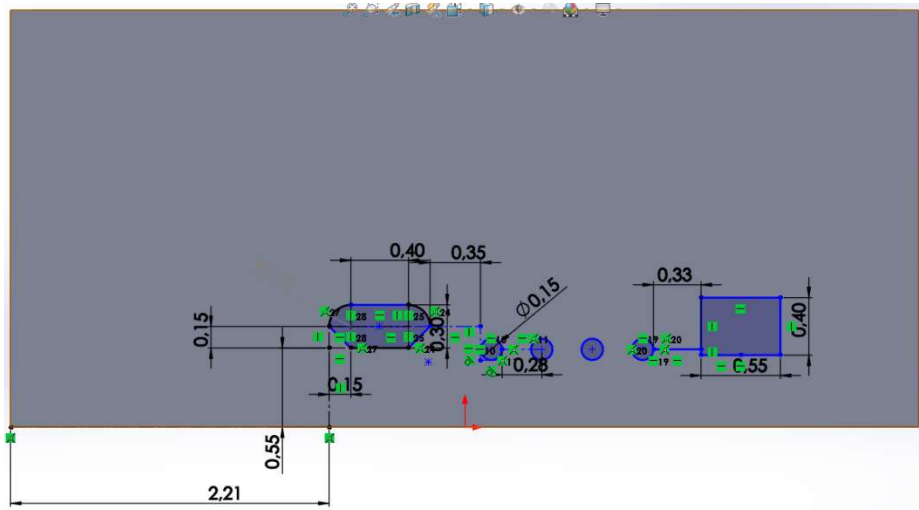
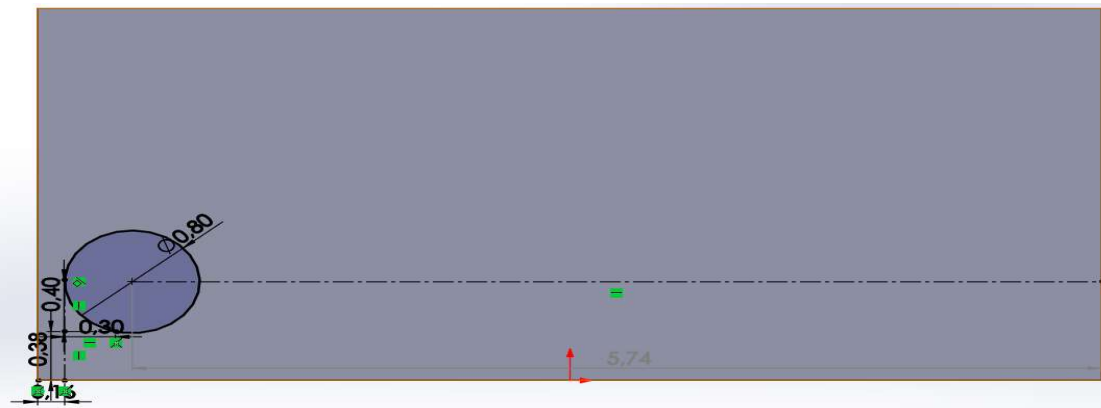


ANEXO V. Diseño de Cajas Protectoras

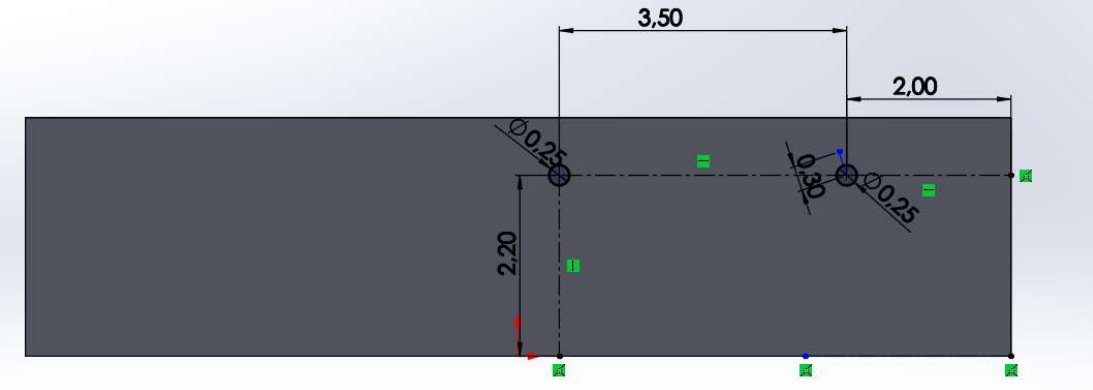
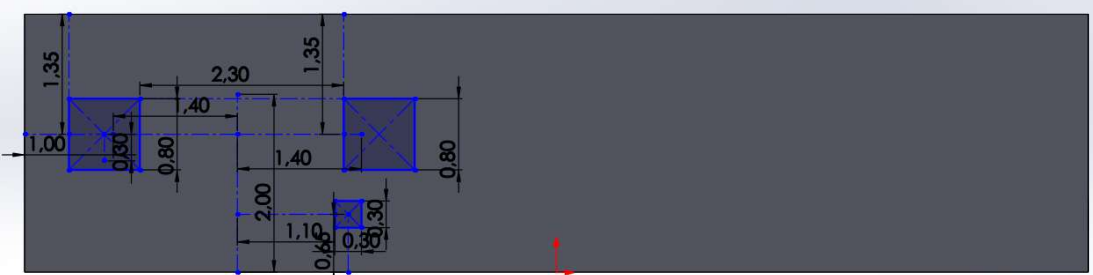
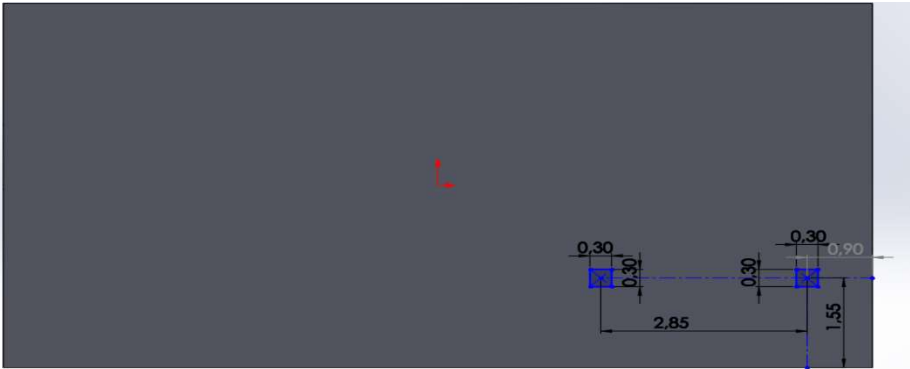
a) Diseño De cajas protectoras en 2D



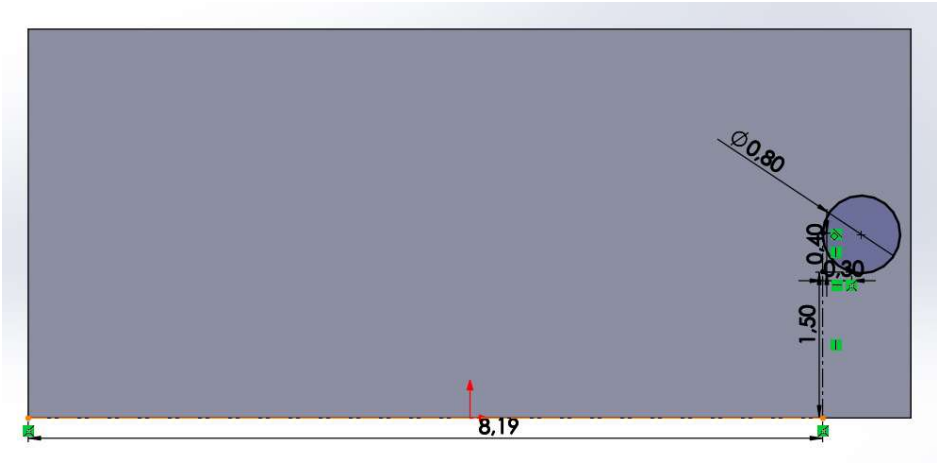
b) Diseño De cajas protectoras (corte) en 3D nodo principal



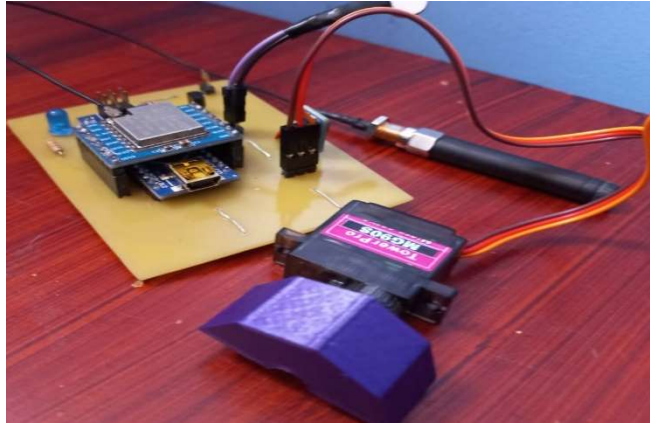
c) Diseño De cajas protectoras (saliente) en 3D nodo principal



d) Diseño de Cajas Protectoras en 2D nodo uno y dos



ANEXO VI. Octágono y Placa.



ANEXO VII. Montaje de placas PCBs en sus cajas.

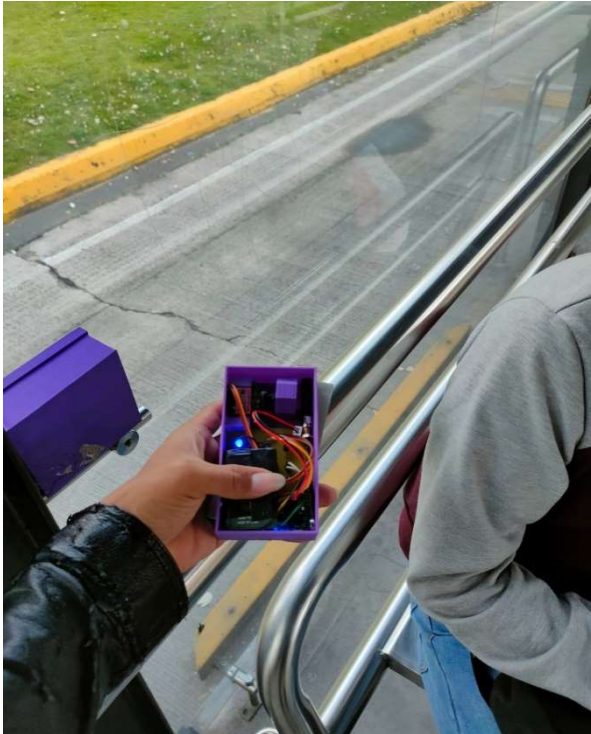
a) Montaje de nodo principal

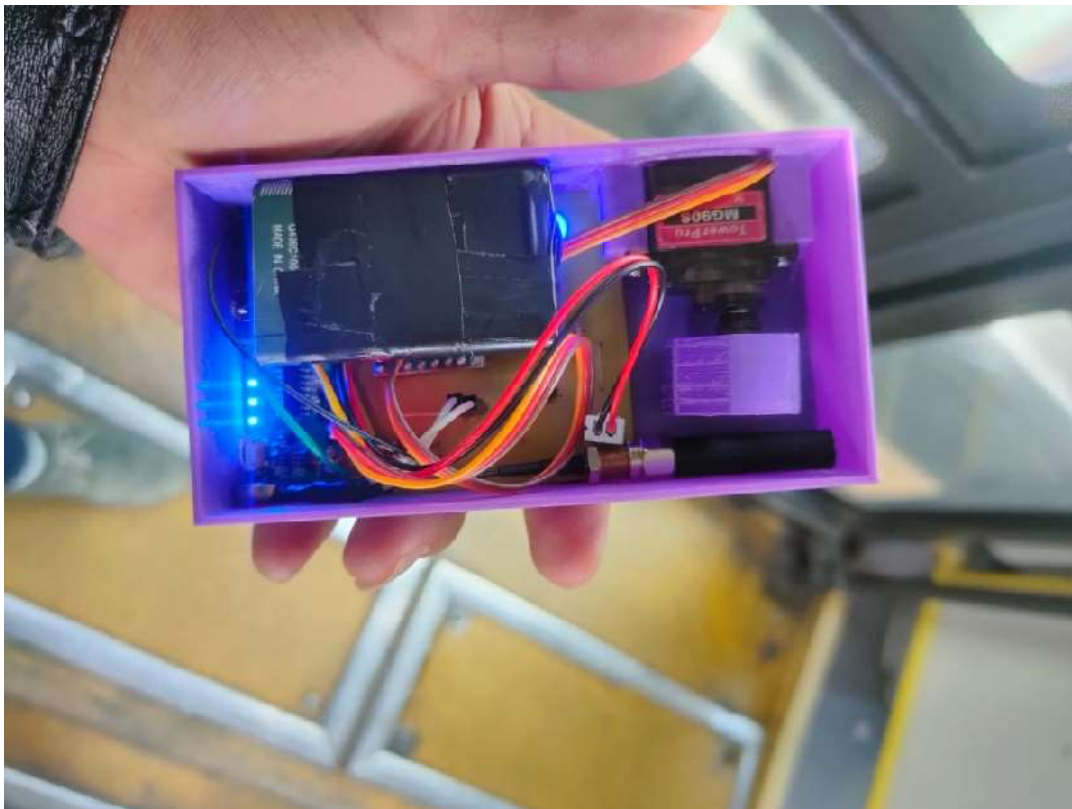
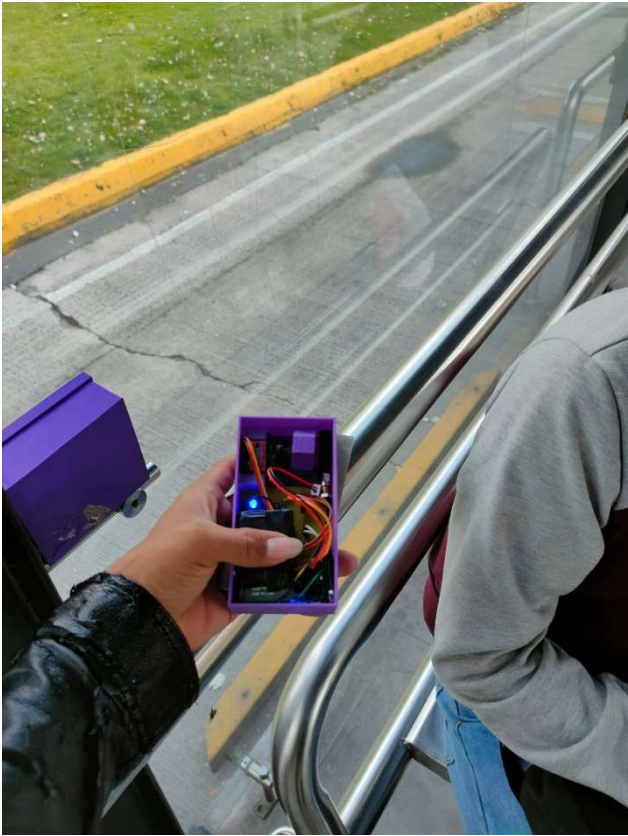


b) Montaje de nodo Uno-Dos



ANEXO VII. Pruebas de dispositivo en Ecovía.





ANEXO VIII. Prueba de dispositivo y enseñanza a usuarios.



ANEXO IX. Pruebas de dispositivo con usuario en Campo Abierto. (Ecovía)

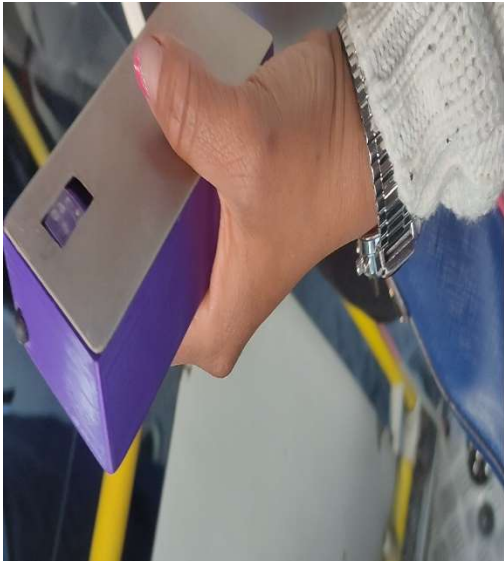
a) Esperando en la parada inicial.



b) Detección de vibración y subida a la Ecovía.



c) Parada final detección y bajada del Ecovía



ANEXO X. Prueba de dispositivo y enseñanza a usuario.



ANEXO XI. Pruebas de dispositivo con usuario en Campo Abierto. (Trole)

a) Esperando en la parada inicial



b) Detección de vibración y venida del trole (subida al trole)



c) Llegada de destino (bajada del trole)



ANEXO XII. Entrevista acerca del dispositivo



a) Método antiguo: Tadoma



b) Dactilológico



ANEXO XIII. Entrevista a Sr. Darío Ramos (Persona Sordociega)

