



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**



**ELABORACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE MONITOREO Y  
CENTRALIZACIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA  
ELÉCTRICA PARA LOS HOGARES DE LA  
CIUDAD DE JULIACA**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. JHERSON ALEX CABANA VASQUEZ**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO ELECTRÓNICO Y DE TELECOMUNICACIONES**

**JULIACA – PERÚ**

**2024**



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

**ELABORACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE MONITOREO  
Y CENTRALIZACIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA  
ELÉCTRICA PARA LOS HOGARES DE  
LA CIUDAD DE JULIACA**

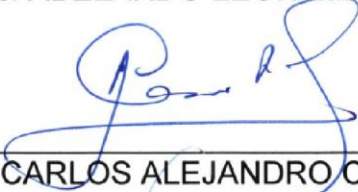
TESIS PRESENTADA POR:

**Bach. JHERSON ALEX CABANA VASQUEZ**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO ELECTRÓNICO Y DE TELECOMUNICACIONES

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

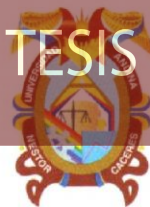
PRESIDENTE :   
M.Sc. ABELARDO LEON MIRANDA

PRIMER MIEMBRO :   
Ing. CARLOS ALEJANDRO CÁCERES VARGAS

SEGUNDO MIEMBRO :   
Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

ASESOR DE TESIS :   
Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGÍA DE LAS TELECOMUNICACIONES – P19

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1281-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 11 de octubre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024- 14171 presentado por el (la) Bachiller: **JHERSON ALEX CABANA VASQUEZ** estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) Bach. **JHERSON ALEX CABANA VASQUEZ**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **ELABORACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE MONITOREO Y CENTRALIZACIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LOS HOGARES DE LA CIUDAD DE JULIACA**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGIA DE LAS TELECOMUNICACIONES** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Electrónico y de Telecomunicaciones**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.** - **APROBAR**, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- \* **Presidente** : M.Sc. ABELARDO LEON MIRANDA
- \* **1er Miembro** : Ing. CARLOS ALEJANDRO CÁCERES VARGAS
- \* **2do Miembro** : Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

**ARTICULO SEGUNDO.** - **RECONOCER** como asesor de la propuesta de investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN**.

**ARTICULO TERCERO .** - **APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **JHERSON ALEX CABANA VASQUEZ**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **ELABORACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE MONITOREO Y CENTRALIZACIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LOS HOGARES DE LA CIUDAD DE JULIACA** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Electrónico y de Telecomunicaciones**. de acuerdo al siguiente detalle:

- \* **FECHA** : Jueves 17 de octubre del 2024
- \* **HORA** : 9:00 a.m.
- \* **LUGAR** : Aula 205 - FICP

**ARTÍCULO CUARTO.**- **DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y C. PURASDr. MILTON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790cc.  
Archivo  
interesado (a)UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y C. PURASDr. Efraim Guillot Bosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 699-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 31 de julio del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU -01300 por el señor (a): **JHERSON ALEX CABANA VASQUEZ** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 238 - 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 001 - 2024 del integrante del comité de investigación **EPIET** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

**CONSIDERANDO:**

Que, el señor (a): **JHERSON ALEX CABANA VASQUEZ**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **ELABORACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE MONITOREO Y CENTRALIZACIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LOS HOGARES DE LA CIUDAD DE JULIACA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Electronico y de Telecomunicaciones.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Ing. Adwar Ranulfo Sanchez Carreón** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Electronica y Telecomunicaciones** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 001 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **ELABORACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE MONITOREO Y CENTRALIZACIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LOS HOGARES DE LA CIUDAD DE JULIACA**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGIA DE LAS TELECOMUNICACIONES**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **JHERSON ALEX CABANA VASQUEZ**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Electronico y de Telecomunicaciones, con el Tema Titulado: **ELABORACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE MONITOREO Y CENTRALIZACIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LOS HOGARES DE LA CIUDAD DE JULIACA** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGIA DE LAS TELECOMUNICACIONES**, en virtud a los considerandos expuestos.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), **Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN**.

**ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Electronica y Telecomunicaciones** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cb. PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cb. PURAS

Dr. Efraim Parillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo  
interesado (a)



**“NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ”**

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 113-2023-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 20 de diciembre del 2023

**VISTO:** El expediente N° 2023-CU-16106, presentado por el señor (a) **JHERSON ALEX CABANA VASQUEZ** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, el **PROVEIDO - N° 260-2023-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 001 - 2023 del integrante del comité de investigación **EPIET** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) estudiante: **JHERSON ALEX CABANA VASQUEZ**, ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **ELABORACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE MONITOREO Y CENTRALIZACIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LOS HOGARES DE LA CIUDAD DE JULIACA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Electronico y de Telecomunicaciones**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Giovanni José Huacasi Supo** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Electronica y Telecomunicaciones** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 001-2023 **aprobando** la propuesta de investigación titulado: **ELABORACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE MONITOREO Y CENTRALIZACIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LOS HOGARES DE LA CIUDAD DE JULIACA**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el o (la) Bachiller: **JHERSON ALEX CABANA VASQUEZ**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Electronico y de Telecomunicaciones, con el Tema Titulado: **ELABORACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE MONITOREO Y CENTRALIZACIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LOS HOGARES DE LA CIUDAD DE JULIACA** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGIA DE LAS TELECOMUNICACIONES**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), Ing. **ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN**.

**ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Electronica y Telecomunicaciones** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

  
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS  
Dr. MILTON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790

  
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
DIRECTOR  
Dr. Efraín Patillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo 2023  
Interesado (a)



## ELABORACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE MONITOREO Y CENTRALIZACIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LOS HOGARES DE LA CIUDAD DE JULIACA

### INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://repositorio.uta.edu.ec">repositorio.uta.edu.ec</a> Fuente de Internet	5%
2	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	4%
3	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://www.metas.com.mx">www.metas.com.mx</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://aws.amazon.com">aws.amazon.com</a> Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC Trabajo del estudiante	1%
7	<a href="http://repositorio.tec.mx">repositorio.tec.mx</a> Fuente de Internet	1%

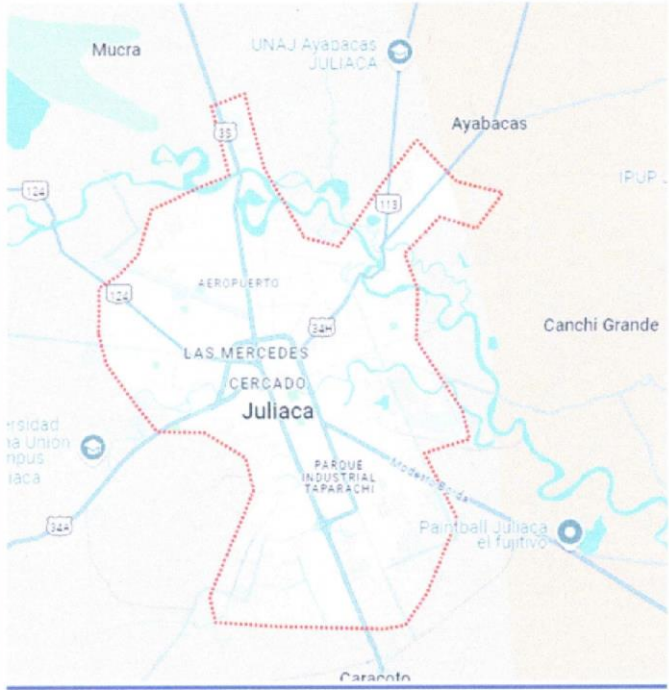


### Metadatos Complementarios



<b>Título de la tesis</b>	
ELABORACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE MONITOREO Y CENTRALIZACIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LOS HOGARES DE LA CIUDAD DE JULIACA	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	JHERSON ALEX CABANA VASQUEZ
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70424370
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0008-9051-0181">https://orcid.org/0009-0008-9051-0181</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02064066
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0001-8065-6533">https://orcid.org/0000-0001-8065-6533</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	ABELARDO LEON MIRANDA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40198643
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	CARLOS ALEJANDRO CÁCERES VARGAS
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	29591476
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02383061



<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	Tecnología de las Telecomunicaciones – P19
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p><b>País:</b> Perú  <b>Departamento:</b> Puno  <b>Provincia:</b> Puno  <b>Distrito:</b> Juliaca  <b>Coordenadas:</b>  <b>Latitud:</b> -15.500582  <b>Longitud:</b> -70.130711</p> <p><b>URL Maps:</b>  <a href="https://maps.app.goo.gl/X9JLsswrUmiXz1Et8">https://maps.app.goo.gl/X9JLsswrUmiXz1Et8</a></p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Noviembre 2023 – Octubre 2024
URL de disciplinas OCDE <a href="https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html">https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html</a> - Librería	<b>Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electrónica</b> <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.01</a> <b>Telecomunicaciones</b> <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.05">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.05</a>

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL Cuzco  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
DIRECTOR  
Dr. Elrain Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



### DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo JHERSON ALEX CABANA VASQUEZ, identificado con DNI Nro. 70424370 en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional**
- Programa de Segunda Especialidad,**
- Programa de Maestría o Doctorado**

INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

informo que he elaborado el/la  **Tesis** o  **Trabajo de Investigación,**  **Trabajo Académico** denominada:

ELABORACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE MONITOREO Y CENTRALIZACIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LOS HOGARES DE LA CIUDAD DE JULIACA

Asesorado por: Ing ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 25 de OCTUBRE del 2024

  
FIRMA DEL ASESOR

  
FIRMA (obligatoria)

  
Huella



## Contenido

RESUMEN.....	17
ABSTRACT .....	18
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	19
<b>CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES</b> .....	20
1.1. Definición del problema .....	20
1.2. Planteamiento del problema .....	22
1.2.1. Problema general .....	22
1.2.2. Problemas específicos .....	22
1.3. Justificación de la investigación.....	23
1.3.1. Técnica .....	23
1.3.2. Social.....	23
1.3.3. Económica.....	23
1.4. Objetivos del estudio.....	24
1.4.1. Objetivo General .....	24
1.4.2. Objetivos específicos .....	24
1.5. Hipótesis y variables .....	24
1.5.1. Hipótesis General.....	24
1.5.2. Hipótesis Específicas .....	24
1.6. VARIABLES .....	26
<b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	27
2.1. Antecedentes de la investigación .....	27
2.2. Marco teórico .....	29
2.2.1. Sistema de monitoreo de consumo eléctrico .....	29
2.2.2. Telegestión.....	30
2.2.3. Energía eléctrica .....	31
2.2.4. Energía eléctrica .....	38
2.2.5. Cargas eléctricas residenciales o domesticas .....	39



2.2.6.	Medios de comunicación vía inalámbrica .....	41
2.2.7.	Hardware .....	43
2.2.8.	Modulo RF de 2.4 GHZ NRF24L01+PA.....	47
2.2.9.	Transmisor Serial 433 Mhz .....	48
2.2.10.	Display / Pantalla .....	50
2.2.11.	Modulo RTC .....	52
2.2.12.	Regresión Lineal .....	53
2.3.	Marco conceptual.....	55
2.3.1.	Sensores .....	55
2.3.2.	Sensor de tensión .....	55
2.3.3.	Sensor de corriente .....	55
2.3.4.	Divisor de tensión.....	55
2.3.5.	Sensores de efecto Hall .....	55
2.3.6.	Eficiencia energética .....	56
2.3.7.	Ahorro energético.....	56
CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		57
3.1.	Enfoque de la investigación .....	57
3.2.	Nivel de la investigación .....	57
3.3.	Tipo de la investigación .....	57
3.4.	Diseño de la investigación .....	58
3.5.	Ubicación del proyecto.....	58
3.6.	Metodología de la investigación .....	58
3.7.	Población y muestra .....	58
3.7.1.	Población.....	58
3.7.2.	Muestra.....	58
3.8.	Técnicas e instrumentos .....	58
3.8.1.	TÉCNICAS: .....	58



- 3.8.2. INSTRUMENTOS, RECOLECCIÓN DE DATOS: ..... 59
- 3.9. Procesamiento de la información ..... 59
- 3.10. Esquema tentativo del circuito..... 60
  - 3.10.1. Matriz de Consistencia..... 61
- CAPITULO IV: ELABORACIÓN DEL DISPOSITIVO DE MONITOREO Y CENTRALIZACIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA ..... 62
- 4.1. DISPOSITIVO DE MONITOREO DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA..... 62
  - 4.1.1. Configuración del Esp32 Pico D4 ..... 64
  - 4.1.2. Configuración de la pantalla OLED 0.97” ..... 68
  - 4.1.3. Configuración del Módulo SD Card..... 72
  - 4.1.4. Configuración del módulo LoRa ..... 77
  - 4.1.5. Configuración del módulo de carga de la batería Li-Ion ..... 81
  - 4.1.6. Configuración del módulo de censado de corriente ACS712T 05B .. 83
  - 4.1.7. Configuración del módulo de censado de voltaje alterno ZMPT101B  
87
  - 4.1.8. Configuración del módulo StepUp XL6009..... 91
- 4.2. DISPOSITIVO DE CENTRALIZACIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA..... 92
  - 4.2.1. Configuración del Esp32 Pico D4 ..... 93
  - 4.2.2. Configuración de la pantalla OLED 0.97” ..... 97
  - 4.2.3. Configuración del Módulo SD Card..... 101
  - 4.2.4. Configuración del módulo LoRa ..... 106
  - 4.2.5. Configuración del módulo de carga de la batería Li-Ion ..... 110
- V. RESULTADOS..... 112
  - 5.1. Elaboración del módulo de monitoreo ..... 112
    - 5.1.1. Primer Prototipo ..... 112
    - 5.1.2. Segundo Prototipo..... 113



- 5.1.3. Tercer prototipo ..... 113
- 5.1.4. Mecanización del Case para los Módulos ..... 114
- 5.1.5. Modulo Final del módulo de monitoreo ..... 115
- 5.2. Diagrama de bloques del funcionamiento del módulo de monitoreo de consumo de energía ..... 117
- 5.3. Programa del módulo de monitoreo de consumo de energía ..... 118
  - 5.3.1. Sub-Rutina de la pantalla OLED 0.97” ..... 119
  - 5.3.2. Sub-Rutina del módulo SD Card ..... 120
  - 5.3.3. Sub-Rutina del módulo LoRa ..... 121
- 5.5. Elaboración del módulo de centralización del consumo de energía eléctrica  
124
  - 5.5.1. Primer Prototipo ..... 124
  - 5.5.2. Segundo Prototipo ..... 124
  - 5.5.3. Tercer prototipo ..... 125
  - 5.5.4. Mecanización del Case para los Módulos ..... 126
    - 5.5.1. Modulo Final del módulo de monitoreo ..... 127
    - 5.5.1. Programa del módulo de monitoreo de consumo de energía ..... 129
    - 5.5.2. Comparación del Modulo y el medidor de la concesionaria ..... 133
- CONCLUSIONES ..... 134
- RECOMENDACIONES ..... 135
- VI. Referencias bibliográficas ..... 136
- ANEXO 1: DATASHEET DEL LILYGO V1.6\_1 ..... 1
- ANEXO 2: SENSOR DE CORRIENTE ACS712 ..... 2
- ANEXO 3: SENSOR DE VOLTAJE ..... 3
- ANEXO 4: MODULO STEP UP ..... 4



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Lectura de mediciones del consumo de energía eléctrica por la concesionaria .....	22
Figura 2: Tipo de corriente eléctrica.....	33
Figura 3: Tipo de corriente eléctrica SENO .....	33
Figura 4: Diagrama fasorial y vectorial, carga resistiva .....	37
Figura 5: Diagrama de potencia y tiempo .....	38
Figura 6: Medidor de energía.....	39
Figura 7: Diagrama fasorial y vectorial, carga resistiva .....	40
Figura 8: Diagrama fasorial y vectorial, carga inductiva .....	40
Figura 9: Diagrama fasorial y vectorial, carga capacitiva .....	41
Figura 10: Sensor de corriente AC.....	43
Figura 11: Sensor de voltaje AC .....	45
Figura 12: LORA 32 con ESP32 .....	46
Figura 13: Parámetros técnicos .....	47
Figura 14: Características técnicas.....	47
Figura 15: Modulo RF de 2.4 GHZ NRF24L01+PA .....	48
Figura 16: Modulo RF HC - 12 .....	50
Figura 17: Pnatalla TFT 2.8” .....	51
Figura 18: Modulo RTC DS3132.....	53
Figura 19: Diagrama Electrónico general .....	63
Figura 20: Diagrama Electrónico del Esp32 Pico D4.....	64
Figura 21: Implementación del Esp32 Pico D4.....	65
Figura 22: Preparación del Esp32 Pico D4.....	65
Figura 23: Selección del modelo del TTGO LORA 32 V2.1-1.6 .....	66
Figura 24: Diagrama de bloques de la previa instalación de la tarjeta TTGO LORA 32 V2.1-1.6.....	67
Figura 25: Diagrama Electrónico de la pantalla OLED 0.97” .....	68
Figura 26: Implementación de la pantalla OLED 0.97” .....	69
Figura 27: Instalación de librería SSD1306 para la pantalla OLED .....	69
Figura 28: Programa de inicialización de la pantalla OLED .....	70
Figura 29: Diagrama de bloques para la pantalla OLED .....	71
Figura 30: Diagrama Electrónico del módulo SD Card.....	72



Figura 31: Implementación del módulo de SD Card.....	73
Figura 32: MicroSD Kingston .....	73
Figura 33: Instalación de librería SD para la microSD.....	74
Figura 34: Programa de inicialización del módulo SD Card .....	75
Figura 35: Diagrama de bloques del módulo SD Card .....	76
Figura 36: Diagrama Electrónico del módulo LoRa .....	77
Figura 37: Implementación del módulo LoRa .....	77
Figura 38: Instalación de librería LoRa .....	78
Figura 39: Programa de inicialización del módulo LoRa .....	79
Figura 40: Diagrama de bloques del módulo LoRa .....	80
Figura 41: Diagrama Electrónico del módulo de carga de la batería Li-Ion .....	81
Figura 42: Implementación del módulo de carga de la batería Li-Ion .....	82
Figura 43: Diagrama Electrónico del módulo ACS712T 05B.....	83
Figura 44: Implementación del módulo ACS712T 05B.....	83
Figura 45: Curva características del módulo ACS712T 05B .....	84
Figura 46: Instalación de librería ACS712T 05B.....	85
Figura 47: Programa de inicialización del módulo ACS712T 05B.....	85
Figura 48: Diagrama de bloques del módulo ACS712T 05B.....	86
Figura 49: Diagrama Electrónico del módulo ZMPT101B .....	87
Figura 50: Implementación del módulo ZMPT101B .....	87
Figura 51: Señal del ZMPT101B al Esp32 Pico D4.....	88
Figura 52: Instalación de librería ZMPT101B .....	89
Figura 53: Programa de inicialización del módulo ZMPT101B.....	89
Figura 54: Diagrama de bloques del módulo ZMPT101B.....	90
Figura 55: Diagrama Electrónico del módulo StepUp XL6009 .....	91
Figura 56: Implementación del módulo StepUp XL6009 .....	91
Figura 57: Diagrama Electrónico general .....	92
Figura 58: Diagrama Electrónico del Esp32 Pico D4.....	93
Figura 59: Implementación del Esp32 Pico D4.....	94
Figura 60: Preparación del Esp32 Pico D4.....	94
Figura 61: Selección del modelo del TTGO LORA 32 V2.1-1.6 .....	95
Figura 62: Diagrama de bloques de la previa instalación de la tarjeta TTGO LORA 32 V2.1-1.6.....	96
Figura 63: Diagrama Electrónico de la pantalla OLED 0.97” .....	97



Figura 64: Implementación de la pantalla OLED 0.97” .....	98
Figura 65: Instalación de librería SSD1306 para la pantalla OLED .....	98
Figura 66: Programa de inicialización de la pantalla OLED .....	99
Figura 67: Diagrama de bloques para la pantalla OLED .....	100
Figura 68: Diagrama Electrónico del módulo SD Card.....	101
Figura 69: Implementación del módulo de SD Card.....	102
Figura 70: MicroSD Kingston .....	102
Figura 71: Instalación de librería SD para la microSD.....	103
Figura 72: Programa de inicialización del módulo SD Card .....	104
Figura 73: Diagrama de bloques del módulo SD Card .....	105
Figura 74: Diagrama Electrónico del módulo LoRa .....	106
Figura 75: Implementación del módulo LoRa .....	106
Figura 76: Instalación de librería LoRa .....	107
Figura 77: Programa de inicialización del módulo LoRa .....	108
Figura 78: Diagrama de bloques del módulo LoRa .....	109
Figura 79: Diagrama Electrónico del módulo de carga de la batería Li-Ion .....	110
Figura 80: Implementación del módulo de carga de la batería Li-Ion .....	111
Figura 81: Primer prototipo del módulo de monitoreo .....	112
Figura 82: Segundo prototipo del módulo de monitoreo.....	113
Figura 83: Tercer prototipo del módulo de monitoreo.....	114
Figura 84: Case fabricado por Impresión 3D – Tevo Tornado .....	115
Figura 85: Prototipo Final del módulo de monitoreo .....	116
Figura 86: Diagrama del funcionamiento de Prototipo de monitoreo de consumo de energía .....	117
Figura 87: Programa principal de la lectura de voltaje “U”, corriente “I”, potencia “P” y energía “wh” .....	118
Figura 88: Programa principal del módulo OLED 0.97” .....	119
Figura 89: Datos en la pantalla OLED de 0.97” .....	119
Figura 90: Archivos .TXT creados en la Micros SD Card .....	120
Figura 91: Transmisión de datos del módulo de monitoreo al módulo de centralización .....	121
Figura 92: Validación de los datos de voltaje por el voltímetro – PRASEK .....	122
Figura 93: Validación de los datos de voltaje por el amperímetro – PRASEK....	123
Figura 94: Primer prototipo del módulo de centralización .....	124



Figura 95: Segundo prototipo del módulo de centralización..... 125

Figura 96: Segundo prototipo del módulo de centralización..... 126

Figura 97: Case fabricado por Impresión 3D – Artillery..... 127

Figura 98: Prototipo Final del módulo de monitoreo ..... 128

Figura 99: Programa principal del módulo OLED 0.97” ..... 129

Figura 100: Datos en la pantalla OLED de 0.97” ..... 129

Figura 101: Archivos .TXT creados en la Micros SD Card ..... 130

Figura 102: Transmisión de datos del módulo de monitoreo al módulo de centralización ..... 131

Figura 103: Diagrama del funcionamiento de Prototipo de centralización de consumo de energía..... 132

Figura 104: Comparación de obtención de datos del medidor de la concesionaria y el dispositivo de monitoreo..... 133



## RESUMEN

En el trabajo de tesis se elaboró dos dispositivos de parametrización del sistema eléctrico de viviendas, uno de monitoreo y otro de envío o centralización de datos tuvo como objetivo, elaborar el dispositivo de monitoreo y centralización de consumo de energía eléctrica para los hogares de la ciudad de Juliaca.

La metodología de la investigación fue tecnológica y aplicada, utilizando programación y todos los componentes electrónicos involucrados en el prototipo.

Los resultados fueron para el prototipo en cuanto a la selección de los componentes TTGO LILYGO T3\_V1.6.1, ACS317, ZMPT101B, modulo StepUP XL6009 y batería de Li-Ion 18650 de 2600 mAh los cuales fueron implementados en un Case hecho de PLA por impresión 3D, el cual tiene como función determinar los parámetros de voltaje, corriente, potencia y energía mediante los bornes de conexión de fuente y carga y posteriormente guardar y enviar la información a la central compuesta de TTGO LILYGO T3\_V1.6.1 y una batería de Li-Ion 18650 de 2600 mAh y también guardar y mostrarlo mediante una pantalla OLED de 0.96", por lo que se concluyó que es el sistema es óptimo y funcional en el desempeño de función.

**Palabras Clave:** Monitoreo y centralización, Consumo de energía eléctrica, Juliaca.



## ABSTRACT

In the thesis work, two devices for parameterization of the electrical system of homes were developed, one for monitoring and the other for sending or centralization of data. The objective was to develop the device for monitoring and centralization of electrical energy consumption for homes in the city of Juliaca.

The research methodology was technological and applied, using programming and all the electronic components involved in the prototype.

The results were for the prototype in terms of the selection of components TTGO LILYGO T3\_V1.6.1, ACS317, ZMPT101B, StepUP XL6009 module and Li-Ion 18650 battery of 2600 mAh which were implemented in a Case made of PLA by 3D printing, which has the function to determine the parameters of voltage, current, power and energy through the connection terminals of source and load and then save and send the information to the central composed of TTGO LILYGO T3\_V1.6.1 and a Li-Ion 18650 2600 mAh battery and also save and display it through a 0.96" OLED screen, so it was concluded that the system is optimal and functional in the performance of function.

Key words: Monitoring and centralization, Electrical energy consumption, Juliaca.



## INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica juega un papel crucial en el desarrollo y crecimiento económico de un país, sirviendo como la base de industrias, transporte y sistemas productivos. Además, es esencial en los hogares, mejorando la calidad de vida. La Agencia Internacional de Energía (AIE) estima que el consumo residencial representa el 19% de la demanda global de energía.

Uno de los principales retos en el sector energético residencial es minimizar el uso de recursos poco fiables y costosos, mediante la adopción de tecnologías más eficientes que permitan el monitoreo del suministro energético sin depender de terceros. Por ello, es crucial desarrollar estrategias y políticas de eficiencia energética que reduzcan tanto el consumo eléctrico como los costos asociados.

Este proyecto de investigación tiene como objetivo facilitar el monitoreo y la centralización del consumo eléctrico en cargas domésticas. Utilizando dispositivos electrónicos capaces de medir el voltaje y la corriente en cada hogar de la ciudad de Juliaca, estos dispositivos recogerán y transmitirán datos a un sistema centralizado para su posterior procesamiento.



## CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES

### 1.1. Definición del problema

En la sociedad actual, la energía eléctrica desempeña un rol fundamental, ya que es esencial para el desarrollo de procesos tecnológicos y actividades que impulsan el crecimiento económico y mejoran la calidad de vida. Por ello, es crucial promover el uso eficiente de esta energía.

Cuando no se controla adecuadamente el consumo energético en el ámbito residencial, los costos aumentan, especialmente debido al uso ineficiente de los aparatos eléctricos. Esto puede llevar a que dispositivos que aún no han cumplido su ciclo de vida sean descartados prematuramente, contribuyendo a la contaminación ambiental y a la necesidad de generar más energía, lo que podría resultar en la escasez de recursos energéticos debido al agotamiento de las fuentes disponibles.

De acuerdo con el artículo de la Agencia Internacional de Energía (AIE) titulado "Indicadores de Eficiencia Energética: Bases Esenciales para el Establecimiento de Políticas" (2015), el consumo de energía en el sector residencial ha aumentado significativamente a nivel global. En 2011, este sector representó cerca del 23% del consumo final de energía a nivel mundial. Aunque la proporción de consumo se mantuvo constante entre 1990 y 2011, el consumo total en el sector residencial creció un 35%. Este incremento se debe a factores como el crecimiento poblacional, el aumento en el número de viviendas, cambios en su tamaño, el incremento de equipamiento y la mejora general del bienestar. El sector residencial abarca todas las actividades energéticas en viviendas y apartamentos, y las principales variables que explican las tendencias de consumo incluyen el área de las residencias y el número de viviendas ocupadas, con el consumo de energía distribuido en calefacción, refrigeración, calentamiento de agua, iluminación, cocina y uso de electrodomésticos.

En América Latina, los sectores con mayor consumo de energía son el transporte (27%), la industria (21%) y el sector residencial (11%). Dentro del



sector residencial, las principales fuentes de energía son la leña (32%), la electricidad (30.2%), el Gas Licuado de Petróleo (GLP) (20.8%) y el gas natural (14.2%). La energía utilizada en el ámbito residencial se destina a diversas aplicaciones, como la iluminación, la cocción de alimentos, el calentamiento de agua, la refrigeración, el aire acondicionado, la calefacción, la generación de fuerza electromotriz y el uso de ondas electromagnéticas.

En la ciudad de Juliaca, es común que los usuarios presenten quejas contra la empresa concesionaria de electricidad debido a la falta de información precisa y detallada sobre los patrones de consumo energético. Este problema surge del desconocimiento de los valores de consumo de los diferentes aparatos eléctricos, los cuales pueden tener fallas que afectan el equilibrio de las cargas y las instalaciones, aumentando así el consumo de energía. Además, el método rudimentario de medición, que se basa en la observación y anotación manual del consumo por un operador, introduce errores e inexactitudes, especialmente cuando las mediciones no se realizan en el lugar, sino que se estiman promediando valores anteriores, como ocurrió durante la pandemia del COVID-19. Esto pone de manifiesto la necesidad de mejorar la tecnología de medición eléctrica para controlar adecuadamente el consumo y reducir los costos de facturación.

Por ello, este trabajo propone implementar un sistema de monitoreo que permita un proceso continuo y sistemático de recolección de datos como voltaje, corriente y tiempo, que serán transmitidos mediante un enlace RF utilizando el protocolo LORA. Este protocolo, diseñado para la interconexión de dispositivos IoT, opera en frecuencias de 433 a 915 MHz y permitirá que un módulo receptor con la misma tecnología reciba la información enviada por el sistema de monitoreo en intervalos regulares, centralizándola en una base de datos mediante una tarjeta SD. Para validar los datos, se compararán con los obtenidos por el medidor oficial de cada vivienda, utilizando un corrector por regresión lineal para ajustar los valores de voltaje y corriente.

El proyecto tiene gran relevancia debido a la introducción de la tecnología LORA, que, aunque poco utilizada en Perú, especialmente en Juliaca, podría

abrir nuevas posibilidades para la automatización y transmisión de datos a largas distancias, marcando un hito en la innovación tecnológica.

Figura 1:

Lectura de mediciones del consumo de energía eléctrica por la concesionaria



Nota: Extraído de Elaboración propia

## 1.2. Planteamiento del problema

### 1.2.1. Problema general

¿De qué manera elaborar el dispositivo de monitoreo y centralización de consumo de energía eléctrica para los hogares de la ciudad de Juliaca?

### 1.2.2. Problemas específicos

#### PE1.

¿Cuáles son los dispositivos electrónicos idóneos para el dispositivo de monitoreo y centralización?

#### PE2.

¿Cuál es el diseño del dispositivo de monitoreo de consumo de energía eléctrica?



## PE3.

¿Cuál es el diseño del dispositivo de centralización de información del consumo de energía eléctrica?

### 1.3. Justificación de la investigación

#### 1.3.1. Técnica

El desarrollo de sistemas energéticos inteligentes ha posibilitado la adopción de estrategias para ajustar la demanda. Tecnologías como los sistemas avanzados de medición, los electrodomésticos inteligentes y los medidores bidireccionales inteligentes permiten una mejor gestión del consumo de energía y ofrecen incentivos para que los usuarios se involucren en la optimización de los sistemas energéticos. Estas innovaciones promueven un uso más eficiente de la energía, ayudan en la gestión de cargas y mejoran la flexibilidad del sistema (Carrasco, 2018).

#### 1.3.2. Social

Este estudio de investigación ofrece ventajas directas a los propietarios de viviendas tanto en zonas urbanas como rurales del sector residencial. Por otro lado, los beneficiarios indirectos abarcan a las compañías distribuidoras de energía y a los centros de transformación. La introducción de programas de eficiencia que utilizan tecnologías recientes mejorará el servicio con un menor consumo energético. Además, fomentará y posibilitará el desarrollo de aplicaciones de monitoreo remoto en otros ámbitos de la economía nacional, como la salud, la agricultura y el transporte (Carrasco, 2018).

#### 1.3.3. Económica

A nivel mundial, ha ganado relevancia el desarrollo e implementación de estrategias orientadas al ahorro y la eficiencia energética, con el objetivo de satisfacer las demandas de energía de manera sostenible. Dado el aumento constante en los precios de la energía eléctrica y una mayor conciencia sobre el medio ambiente, este recurso se ha vuelto cada vez más valioso. Esto plantea un desafío significativo para



los sectores que dependen de una gestión eficaz de la energía, ya que requieren garantizar la máxima disponibilidad y una reducción continua de costos (Carrasco, 2018).

## 1.4. Objetivos del estudio

### 1.4.1. Objetivo General

Elaborar el dispositivo de monitoreo y centralización de consumo de energía eléctrica para los hogares de la ciudad de Juliaca

### 1.4.2. Objetivos específicos

#### OE1.

Determinar los dispositivos electrónicos idóneos para el dispositivo de monitoreo y centralización

#### OE2.

Diseñar el dispositivo de monitoreo de consumo de energía eléctrica.

#### OE3.

Diseñar el dispositivo de centralización de información del consumo de energía eléctrica.

## 1.5. Hipótesis y variables

### 1.5.1. Hipótesis General

El dispositivo de monitoreo y centralización de consumo de energía eléctrica permite optimizar y realizar las tomas de lectura de forma más sencilla y rápida.

### 1.5.2. Hipótesis Específicas

#### HE1.

Con la elección de los componentes electrónicos correctos permite que los dispositivos funcionen de forma correcta.

#### HE2.



Con el dispositivo de monitoreo se tendrá valores reales del consumo de energía eléctrica, guardadas y procesadas.

### **HE3.**

Con el dispositivo de centralización de información se tendrá los valores de consumo de energía eléctrica, lista y preparada para ser procesada.

## 1.6. VARIABLES

Variables de estudio	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de Medición
<b>Independiente:</b> Consumo de energía eléctrica	El consumo eléctrico se refiere a la cantidad de energía utilizada por un usuario durante un período específico de facturación.	Serán los valores de voltaje y corriente medidos durante un determinado tiempo.	Valores RMS eléctricos	Voltaje	Razón
				Corriente	
				Periodo de tiempo	
<b>Dependiente:</b> Dispositivo de monitoreo y centralización	Los dispositivos de medición eléctrica son usados para medir y cuantificar los diferentes componentes de una instalación eléctrica. Se tratan de elementos que nos ayudan a trabajar en la revisión de las viviendas y locales, además de conseguir una mayor precisión y seguridad.	Serán aquel que permita medir los valores de voltaje y corriente para luego ser enviado a otro dispositivo mediante RF.	Módulo de Monitoreo	Sensor Corriente	Bits
				Sensor Voltaje	
				Modulo RF	
				Controlador	
				Pantalla	
				Modulo RTC	
			Modulo de centralización de información	Controlador	
				Modulo RF	
				Pantalla	



## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

#### INTERNACIONALES

En la tesis de (Carrasco, 2018) la investigación titulada "Sistema de monitoreo y telegestión del consumo eléctrico en cargas residenciales basado en una arquitectura IoT" tuvo como meta diseñar y construir un prototipo para supervisar el consumo energético de las cargas eléctricas en residencias. Este sistema está constituido por nodos de sensores que miden la corriente y el voltaje, enviando estos datos a una base de datos en un servidor Raspbian a través del protocolo HTTPS. La información recolectada se puede visualizar en una interfaz IoT que presenta gráficos del consumo energético diario, semanal y mensual, desarrollada con Atom y herramientas como Highcharts. Como resultado, el sistema permite gestionar el consumo eléctrico de manera remota, permitiendo la activación o desactivación del suministro de energía a las cargas conectadas. Se concluyó que el prototipo, al integrarse con una plataforma de software que recibe datos vía Wi-Fi, proporciona un control eficaz del consumo energético en los hogares, fomentando la eficiencia y reduciendo los costos de energía.

En la tesis de grado (Delgado, 2016) el estudio titulado "Monitoreo del consumo de la energía eléctrica por medio de una aplicación Android" se enfocó en desarrollar una aplicación móvil que recibe y presenta datos transmitidos por un circuito de medición. Esta aplicación muestra los valores de los parámetros eléctricos en instalaciones residenciales. Los resultados incluyen la creación de un circuito transductor de voltaje, un regulador de voltaje de 3.3V y la integración de un módulo Wi-Fi ESP8266 en una placa Arduino UNO R3. La conclusión señala que el proyecto abre nuevas oportunidades para aplicaciones en diversas áreas de la ingeniería, más allá del campo eléctrico, al aprovechar los avances tecnológicos actuales.

En el trabajo de grado de (Echeverri, 2018) la investigación titulada "Sistema Inteligente de Monitoreo de Consumo Eléctrico (SIMCE)" tuvo como objetivo el diseño de un sistema para adquirir variables eléctricas de tres tableros



monofásicos residenciales independientes. Este sistema está equipado con una robusta infraestructura de comunicaciones que permite el procesamiento y la transmisión de datos a distancias de hasta un kilómetro. Los resultados obtenidos demostraron que el sistema facilita la visualización de las curvas de carga de consumo eléctrico de cada tablero, permitiendo realizar comparaciones entre ellos. La conclusión indica que el proyecto representa una contribución significativa hacia el desarrollo de dispositivos que pueden integrarse en la red eléctrica existente, alineándose con los principios de las redes eléctricas inteligentes (SMART GRID).

## ANTECEDENTES NACIONALES

En su trabajo de titulación de (Muñoz, 2014) el estudio titulado "Diseño de un medidor de consumo de energía eléctrica en redes industriales domésticas, basado en adquisición y digitalización de señales para el monitoreo y análisis de la calidad de energía" se enfocó en el desarrollo de un sistema para medir el consumo de potencia en redes eléctricas monofásicas. Este sistema no solo permite analizar y detectar fallas eléctricas, sino que también registra el consumo de energía mediante la adquisición y digitalización de señales de corriente y voltaje. El prototipo presentado muestra tanto la forma de onda de las señales como el valor de la potencia consumida por una carga eléctrica. Se utilizaron dos métodos de modelamiento para lograr esto: el análisis fasorial y la Transformada Rápida de Fourier. Los resultados demostraron la eficiencia del prototipo, con pruebas comparativas de valores RMS utilizando una pinza amperimétrica y un osciloscopio, revelando un margen de error aceptable con variaciones de  $\pm 1V$  para voltaje y  $\pm 1mA$  para corriente. En conclusión, el diseño de un algoritmo eficiente está estrechamente ligado al entendimiento del procesador y de las instrucciones específicas relacionadas con el problema a resolver.

En la tesis de (Kamt, 2017) la investigación titulada "Diseño e implementación de una red de medidores de energía para artefactos domésticos" se centró en desarrollar una herramienta que proporcionara información detallada sobre el consumo eléctrico de diversos electrodomésticos en el hogar. Para ello, se implementó una red de medidores de energía, que permite a los usuarios tomar decisiones informadas para aplicar posibles medidas de ahorro energético en



sus viviendas. Las pruebas realizadas en distintos dispositivos eléctricos comunes demostraron que la red inalámbrica empleada gestiona eficazmente la información recabada, facilitando la implementación de estrategias de ahorro de energía.

## 2.2. Marco teórico

### 2.2.1. Sistema de monitoreo de consumo eléctrico

Los sistemas de monitoreo de energía son herramientas que proporcionan información sobre el comportamiento actual de una red eléctrica. Estos sistemas permiten lograr una mayor eficiencia en el consumo energético, y de esta forma, ofrecen varias ventajas (Carrasco, 2018):

- Evaluación de datos y comparación con patrones establecidos: Se analiza la información recopilada, comparándola con patrones de consumo predeterminados y parámetros ambientales como la temperatura y la humedad, para tomar decisiones informadas sobre cómo mejorar el ahorro energético.
- Monitoreo de múltiples parámetros con visualización gráfica: Se proporciona la capacidad de medir varios parámetros y realizar un seguimiento mediante gráficos, facilitando así la toma de decisiones basadas en datos visuales.
- Integración de alertas para detectar consumos elevados: Se incorporan alertas que permiten identificar consumos excesivos o innecesarios. Con un sistema de medición de parámetros eléctricos, se obtienen ventajas adicionales, tales como:
- Identificación de áreas de mejora en la facturación: Se pueden descubrir oportunidades para reducir costos en la facturación energética.
- Realización de facturación interna por centro de consumo: Se posibilita la facturación interna según el consumo energético de cada centro de consumo o línea de producción.



- Análisis de alternativas para un uso energético más eficiente: Se examinan opciones para un uso más racional y eficiente de la energía.
- Determinación de la energía reactiva para la corrección del factor de potencia: Se calcula la energía reactiva necesaria para corregir el factor de potencia, minimizando las pérdidas por calentamiento en los conductores.
- Identificación de cargas que más influyen en el consumo energético: Se identifican las cargas con mayor impacto en el consumo energético, la demanda máxima y/o el bajo factor de potencia.
- Evaluación de la eficiencia en el uso de la energía eléctrica: Se evalúa la eficiencia del uso de la energía eléctrica en una empresa.
- Cálculo de índices energéticos y comparación con niveles recomendados: Se calculan índices energéticos y se comparan con los niveles recomendados.
- Distribución de costos mediante facturación interna: Se distribuyen los costos energéticos a través de una facturación interna.
- Detección de problemas de regulación y desbalance de voltaje: Se identifican problemas relacionados con la regulación y el desbalance de voltaje.
- Determinación del nivel de carga en transformadores y alimentadores: Se establece el nivel de carga en transformadores y alimentadores.

### 2.2.2. Telegestión

La telegestión engloba una serie de tecnologías en informática, electrónica y telecomunicaciones que permiten el control a distancia de instalaciones técnicas que se encuentran aisladas o dispersas en distintas ubicaciones. Este enfoque es fundamental para avanzar hacia redes inteligentes. Entre las principales ventajas de la telegestión en la gestión del consumo eléctrico se incluyen (Carrasco, 2018):

- Lectura del consumo de energía a distancia.

- Emisión de facturas según lecturas reales, evitando estimaciones.
- Realización de operaciones del suministro de forma remota, como la activación, desactivación o ajuste de potencia o tarifas.
- Ejecución de operaciones remotas en un plazo inferior a 24 horas en la mayoría de los casos.
- Mayor celeridad en la identificación y resolución de problemas.
- Información detallada sobre el consumo energético, facilitando el ahorro y la eficiencia.

### 2.2.3. Energía eléctrica

La energía eléctrica se produce mediante el desplazamiento de cargas eléctricas a través de materiales conductores, con un proceso de neutralización de las mismas. Esta energía tiene su origen en las plantas de generación, que pueden utilizar diversas fuentes como solar, eólica, hidroeléctrica, térmica o nuclear (Carrasco, 2018):

La energía eléctrica es el resultado de la potencia consumida por una carga multiplicada por el tiempo durante el cual se consume. La unidad de medida de la energía es el Joule (J), que corresponde a un vatio por segundo:

$$\text{Joule} = \text{Watts} * \text{segundo} = \text{Potencia} * \text{Tiempo} \quad (1)$$

El consumo de energía de un dispositivo eléctrico se mide en kilovatios-hora (kWh). Las empresas proveedoras de electricidad, tanto para industrias como para residencias, suelen facturar el consumo en esta unidad. Para evaluar el consumo de energía, es necesario estudiar las siguientes variables eléctricas:

#### 2.2.3.1. Corriente

Medir una señal de tensión en corriente alterna (c.a.) tiene como objetivo principal caracterizar cómo se comporta la señal a lo largo del tiempo, especialmente en relación con la forma en que sus funciones de tiempo reflejan su amplitud. A diferencia de la corriente continua (c.c.), donde la polaridad y la amplitud son constantes, las señales en c.a. cambian



periódicamente su polaridad, y su amplitud instantánea varía con cada inversión. Debido a estas variaciones temporales, no basta con medir la magnitud en un solo instante; se requiere una medición más completa que capture la evolución de la señal.

En este contexto, es fundamental considerar ciertas definiciones y factores al medir señales eléctricas que varían con el tiempo, ya que estas mediciones son cruciales para obtener una representación precisa de la señal en su totalidad.

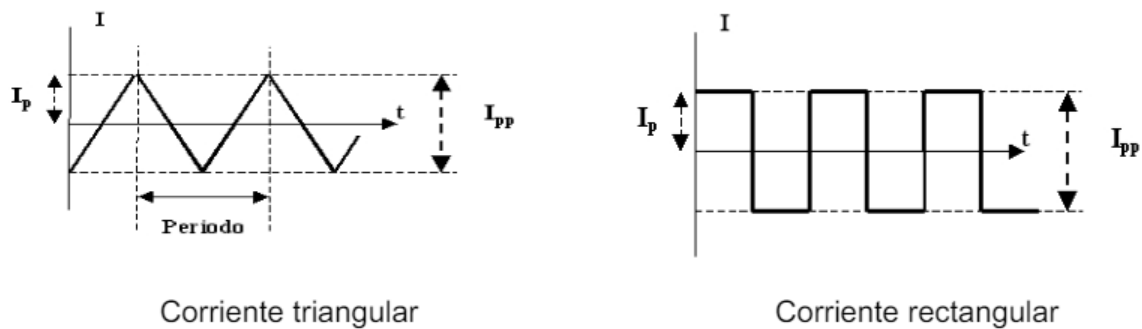
#### 2.2.3.1.1. Forma de onda

La representación gráfica en el tiempo de los valores instantáneos de las amplitudes de señales eléctricas variables permite visualizar la forma de onda, que revela aspectos fundamentales sobre la señal eléctrica. Estas formas de onda son esenciales en sistemas eléctricos y electrónicos, ya que proporcionan información clave para medir y analizar el comportamiento de las señales.

En el caso de la corriente alterna (c.a.), las corrientes alternas periódicas, que son aquellas cuyos valores se repiten en intervalos regulares de tiempo, son particularmente importantes. El período ( $T$ ) es el tiempo que tarda la señal en repetir un valor específico, y se mide en unidades de tiempo. Gráficamente, si el tiempo se representa en el eje horizontal, el período es el intervalo entre dos puntos consecutivos de la misma magnitud en la forma de onda. Las figuras que ilustran diversos tipos de corrientes alternas periódicas muestran cómo varían estas señales en el tiempo.

Figura 2:

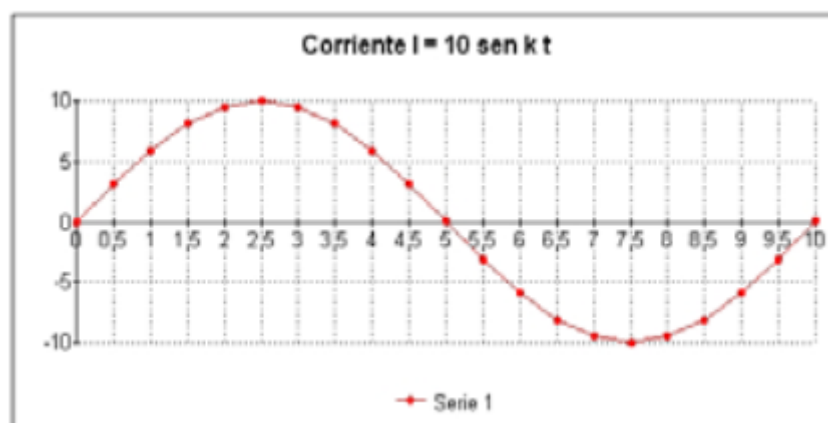
Tipo de corriente eléctrica



El valor máximo de una señal alterna, conocido como valor de pico o valor de cresta, se refiere a la amplitud máxima que alcanza la señal en su ciclo. En el caso de las corrientes alternas periódicas, la corriente sinusoidal o senoidal es particularmente importante debido a su capacidad para atravesar componentes como resistencias, bobinas y condensadores sin distorsionarse. Esta corriente sigue la forma de la función matemática seno, y es fundamental en el análisis de señales, ya que cualquier otra forma de onda puede descomponerse en una suma de ondas sinusoidales de diferentes frecuencias.

Figura 3:

Tipo de corriente eléctrica SENO





Valor Pico: Es el valor máximo instantáneo alcanzado por una señal de corriente alterna, conocido también como Valor de Cresta.

Valor Medio: Se obtiene al calcular el promedio del área bajo la curva de la forma de onda durante un período completo.

Valor Eficaz: Representa la corriente continua que, al aplicarse a una resistencia igual, generaría la misma cantidad de potencia que la corriente alterna en cuestión. Se determina aplicando el valor máximo de la corriente alterna ( $I_0$ ) a una resistencia, midiendo la potencia producida, y luego encontrando una corriente continua que produzca la misma potencia en esa resistencia. Este valor se denomina valor eficaz de la corriente alterna.

#### 2.2.3.1.2. Principio de medición

Para la medición de señales en corriente alterna, se ha establecido que la respuesta a un estímulo es teóricamente equivalente para corriente continua y alterna. A lo largo de más de un siglo, se han identificado tres fenómenos clave:

- La interacción electrostática entre dos placas conductoras al aplicarles una diferencia de potencial.
- La interacción magnetostática entre dos conductores por donde circula corriente.
- El calor producido cuando una corriente pasa a través de un resistor.

Cada uno de estos fenómenos sigue una ley cuadrática. Dado que el valor eficaz es el único que se ajusta a esta ley cuadrática, se usa para evaluar la equivalencia en aspectos como la configuración interna de un capacitor de tres terminales, mostrando las capacitancias entre

sus terminales, y el calentamiento y las reacciones electrostáticas o magnetostáticas. Por esta razón, el valor eficaz se ha convertido en la formulación preferida. Este principio de equivalencia entre señales de tensión y corriente de corriente alterna y continua es fundamental en la metrología.

$$i(t) = \frac{dq}{dt} \quad (2)$$

### 2.2.3.2. Voltaje

También conocida como tensión eléctrica, la capacidad de una fuente eléctrica para transportar carga eléctrica (energía) se expresa en Voltios (V), representando la diferencia en el nivel de energía de una unidad de carga. Esta capacidad se define mediante la siguiente expresión:

$$v(t) = \frac{dW}{dt} \quad (3)$$

Factores adicionales pueden impactar el flujo de carga. Por ejemplo, un cable de un centímetro de grosor tiene una resistencia mayor en comparación con un cable de dos o más centímetros de diámetro. Si el voltaje está ajustado para un flujo continuo en el cable más grueso y se cambia por uno más delgado, es posible que se produzca un sobrecalentamiento.

Para prevenir estos problemas, la resistencia del sistema eléctrico debe estar siempre en concordancia con el voltaje, asegurando que la carga fluya adecuadamente desde su origen hasta su destino. Por esta razón, las torres de transmisión eléctrica que conectan las plantas de generación con las ciudades emplean cables muy gruesos. A medida que el voltaje se distribuye a distintos puntos, los cables pueden ser más finos.



## 2.2.3.2.1. Tipos de tensión eléctrica

**Voltaje continuo:** También conocido como Voltaje de Corriente Continua (VCC), el voltaje continuo es el tipo de voltaje eléctrico más puro. Para obtenerlo de manera controlada y eficiente, a menudo se requiere el uso de condensadores electrolíticos.

**Voltaje alterno:** Tal como su nombre lo sugiere, este tipo de voltaje alterna entre valores positivos y negativos. En gráficos cartesianos, se ilustra con un eje positivo y otro negativo, dado que en un circuito eléctrico estos valores oscilan, generando una onda sinusoidal. Abreviado como VA, es el voltaje predominante en las tomas de corriente, donde su transporte es eficiente. No obstante, la tensión en las tomas de corriente con voltaje alterno varía según la región del mundo, lo que es importante considerar al conectar o cargar dispositivos.

**Voltaje de corriente directa:** En resumen, este voltaje es un punto intermedio entre el voltaje alterno y el continuo. Se refiere a la conversión de voltaje alterno en voltaje continuo, un proceso generalmente realizado mediante baterías y motores. Aunque el proceso de transformación puede introducir ligeras variaciones en el flujo, estos no llegan a considerarse como voltaje alterno.

**Voltaje inducido:** A menudo denominado fuerza electromotriz, este voltaje se refiere a la capacidad de un generador, una pila o una batería para:

Crear una corriente eléctrica en un circuito cerrado.

Conservar una diferencia de potencial entre dos puntos en un circuito abierto.

Existen diferentes tipos de voltaje inducido, dependiendo de la fuente, como la fuerza electromotriz por presión o por inducción.

### 2.2.3.2.2. Principio de medición

Hoy en día, el voltaje eléctrico, también llamado tensión eléctrica, se mide con un instrumento conocido como voltímetro. La unidad de medida para el voltaje en un sistema eléctrico es el Voltio (V). Aunque el voltímetro es el dispositivo más utilizado para esta función, otros aparatos como el potenciómetro y el multímetro también pueden medir el voltaje.

### 2.2.3.3. **Potencia Instantánea**

Se define como el resultado de multiplicar el voltaje por la corriente, siendo la capacidad de la electricidad para realizar un trabajo o transformar energía en un período específico. Se mide en Watts (W) (Carrasco, 2018):

$$P(t) = v(t) * i(t) \tag{4}$$

La tensión y la corriente se expresan respectivamente:

$$vt = Vmax * \cos (wt + \theta v) \tag{5}$$

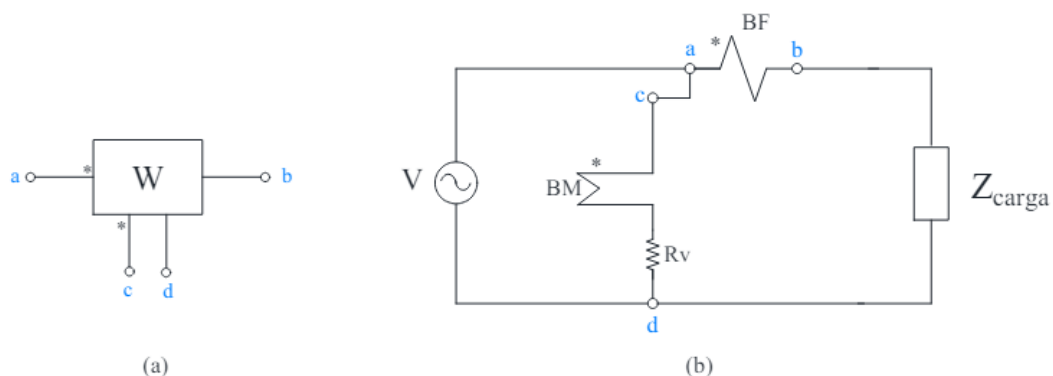
$$it = Imax * \cos (wt + \theta i) \tag{6}$$

La potencia es:

$$Pt = Vmax * \cos(wt + \theta v) * Imax * \cos (wt + \theta i) \tag{7}$$

Figura 4:

Diagrama fasorial y vectorial, carga resistiva



Donde:

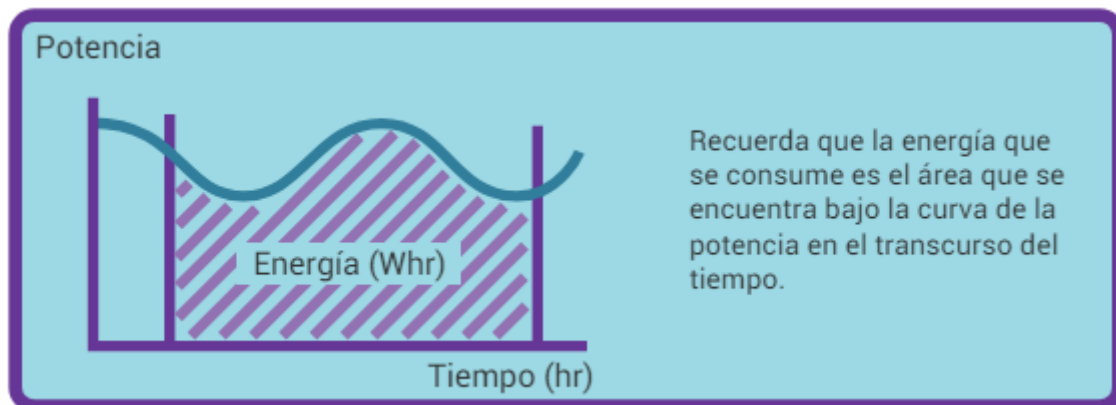
- ❖ BM: bobina móvil (bobina para medir voltaje)
- ❖ BF: bobina fija (bobina para medir corriente)
- ❖ Rv: Resistencia de la bobina para medir voltaje (generalmente en el rango de kiloohmios)
- ❖ a, b: Terminales para corriente (terminal equivalente: a)
- ❖ c, d: Terminales para tensión (terminal equivalente: c).

#### 2.2.4. Energía eléctrica

Las cargas eléctricas, como focos, refrigeradores, hornos de microondas y licuadoras, están en uso constante durante el día, lo que provoca variaciones en la potencia que consumen al encenderse y apagarse.

Figura 5:

Diagrama de potencia y tiempo



En México, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) utiliza dos tipos de medidores de consumo eléctrico: los medidores de disco y los medidores digitales. Aunque los medidores de disco han sido empleados durante muchos años, la CFE ha comenzado a sustituirlos por medidores digitales en tiempos recientes. Los medidores de disco funcionan mediante un disco que gira según la potencia consumida en la instalación eléctrica. Si la potencia es alta, el disco gira rápidamente; si la potencia es baja, gira lentamente; y si no hay consumo, el disco permanece inmóvil. El movimiento del disco acciona engranajes que, a su vez, mueven contadores circulares. Estos contadores registran el área bajo la curva de potencia a lo largo del tiempo.

El conteo de kWh comienza desde la instalación del medidor. Para determinar el consumo de energía del mes actual, se toma la lectura final y se le resta la lectura del mes anterior. En la actualidad, la mayoría de los medidores son digitales y proporcionan automáticamente la lectura del consumo mensual.

Figura 6:  
Medidor de energía



### 2.2.5. Cargas eléctricas residenciales o domesticas

La carga eléctrica se refiere a los aparatos o conjuntos de aparatos conectados a un sistema eléctrico que requieren una potencia eléctrica; el valor de esta potencia demandada se conoce como carga o demanda. Según el principio de conservación de la energía, los equipos y dispositivos que utilizan energía eléctrica la convierten en otros tipos de energía, como energía térmica (en resistencias), luminosa (en lámparas), o en campo eléctrico (en capacitores), o combinaciones mixtas como en radios y televisores. A continuación, se describen los tipos de cargas eléctricas:

#### 2.2.5.1. Cargas resistivas

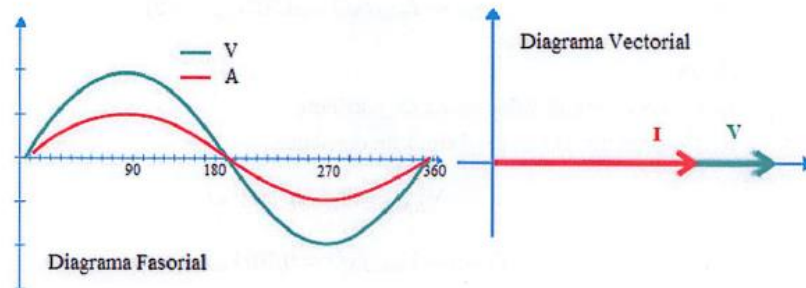
Convierte la energía eléctrica en calorífica. La corriente y el voltaje están en fase en sus terminales, es decir  $\Theta = 0^\circ$ .

$$Pr = VI - VI * \cos(2wt)$$

(8)

Figura 7:

Diagrama fasorial y vectorial, carga resistiva



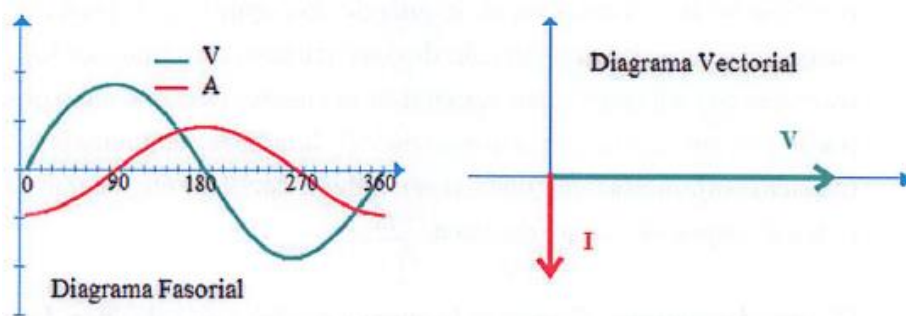
Nota: Extraído de (Carrasco, 2018)

### 2.2.5.2. Cargas inductivas

La potencia toma la carga durante el primer medio ciclo de la fuente de corriente alterna, la convierte en un campo magnético variable y, de acuerdo con las leyes de Faraday y Lenz, induce una tensión en la bobina que se opone a la fuente que la origina.

Figura 8:

Diagrama fasorial y vectorial, carga inductiva



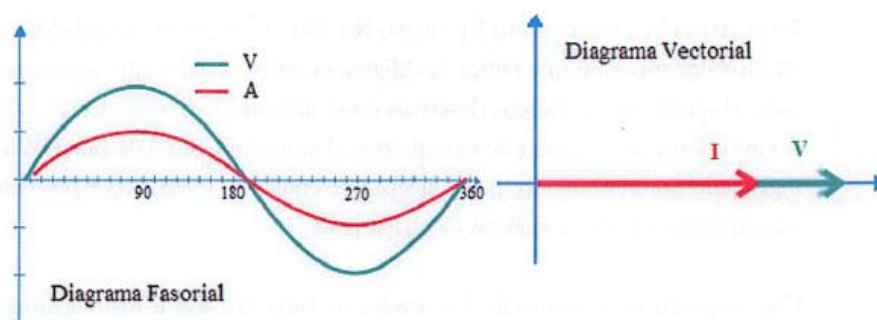
Nota: Extraído de (Carrasco, 2018)

### 2.2.5.3. Cargas capacitivas

La potencia que la carga absorbe en el primer medio ciclo de la fuente de corriente alterna se transforma en un campo eléctrico, que durante el siguiente medio ciclo retorna la potencia a la fuente. En otras palabras, el capacitor se carga y descarga, lo que se refleja en que la corriente en los terminales está adelantada en fase respecto al voltaje en el mismo punto, es decir,  $\Theta = -90^\circ$ .

Figura 9:

Diagrama fasorial y vectorial, carga capacitiva



Nota: Extraído de (Carrasco, 2018)

### 2.2.6. Medios de comunicación vía inalámbrica

Este tipo de comunicación se realiza a través de antenas. La antena transmisora emite energía electromagnética, generalmente en el aire, mientras que la antena receptora recibe las ondas electromagnéticas emitidas por la antena de transmisión, permitiendo la recepción de los datos.

Existen dos configuraciones en este tipo de comunicación: unidireccional y omnidireccional. En la configuración unidireccional, la antena de transmisión envía energía electromagnética en un haz concentrado, por lo que es crucial que la alineación entre la emisión y la recepción sea precisa. En cambio, en la configuración



omnidireccional, la antena emite energía electromagnética en todas las direcciones, permitiendo que la señal sea captada por múltiples antenas (Muñoz, 2014).

Las comunicaciones inalámbricas operan en tres rangos de frecuencia:

- ❖ El primer intervalo va de 30 MHz a 1 GHz, conocido como ondas de radio.
- ❖ El segundo intervalo va de 1 GHz a 40 GHz, denominado microondas.
- ❖ El tercer intervalo va de 0.3 THz a 200 THz, conocido como infrarrojos.

Actualmente, las frecuencias más utilizadas son las ondas de radio y los infrarrojos, que se describirán a continuación.

➤ Ondas de radio.

Estas ondas son omnidireccionales y se propagan a través del aire. Operan en un rango de frecuencia de 30 MHz a 1 GHz, lo que posibilita su difusión simultánea a múltiples destinos. Una característica destacada de las ondas de radio es su menor sensibilidad a la atenuación provocada por la lluvia (Muñoz, 2014). Entre las aplicaciones más relevantes de las ondas de radio se encuentran las redes de datos (Muñoz, 2014)..

➤ Rayos infrarrojos

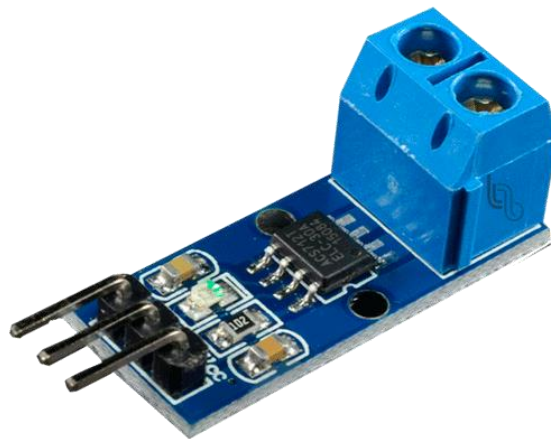
La transmisión de rayos infrarrojos se lleva a cabo mediante dispositivos llamados "transceivers", que modulan la luz infrarroja. Estos transceivers deben estar alineados directamente o reflejados en una superficie, como el techo de una habitación. A diferencia de la transmisión de microondas, los rayos infrarrojos no pueden atravesar paredes, lo que minimiza los problemas de seguridad e interferencias asociados con las microondas (Muñoz, 2014).

## 2.2.7. Hardware

### 2.2.7.1. *Sensor de corriente AC*

**ACS712 ELCTR-20A-T:** El módulo sensor de corriente ACS712 ELCTR-20AT, que emplea el chip ACS712 de Allegro Microsystems, proporciona una solución económica para la medición lineal de corrientes bidireccionales. Funciona basado en el efecto Hall, que detecta el campo magnético generado por la corriente, generando una tensión en su salida que es linealmente proporcional a la corriente que fluye a través de sus pines de medición. Además, incorpora una resistencia interna para minimizar las pérdidas de potencia. Este sensor se utiliza en diversas aplicaciones, incluyendo robótica, industria, sistemas de comunicaciones, fuentes de alimentación, y la gestión y detección de cargas (Carrasco, 2018).

Figura 10:  
Sensor de corriente AC



Nota: Extraído de (Carrasco, 2018)

#### 2.2.7.1.1. Funcionamiento

- ❖ El ACS712 cuenta con un conductor por el cual circula la corriente que se desea medir. Este

conductor produce un campo magnético proporcional a la corriente.

- ❖ Un sensor Hall integrado en el ACS712 detecta el campo magnético y genera un voltaje de salida proporcional a la corriente.
- ❖ La salida es una señal analógica que puede ser leída por el ADC del ESP32.

#### 2.2.7.1.2. Uso

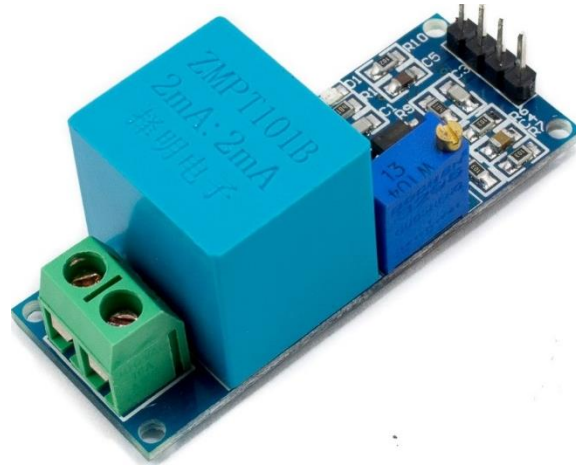
- ❖ Conectar el sensor en serie con la carga cuya corriente se desea medir.
- ❖ Leer el valor analógico usando el ADC del ESP32.
- ❖ Calibrar el sensor para obtener lecturas precisas.

#### 2.2.7.2. **Sensor de voltaje AC**

AC ZMPT101B: El módulo sensor de voltaje AC ZMPT101B utiliza un transformador de corriente alterna para medir voltajes en el rango de 110V a 250V AC. Proporciona una salida analógica ajustable a través de un potenciómetro y tiene una salida de voltaje monofásico. Su diseño incluye un circuito con un amplificador operacional de alta precisión para asegurar un muestreo correcto y una función de compensación. Este módulo es adecuado para aplicaciones como monitoreo de energía, protección de equipos AC, domótica y retroalimentación en sistemas de control (Carrasco, 2018).

Figura 11:

Sensor de voltaje AC



Nota: Extraído de (Carrasco, 2018)

#### 2.2.7.2.1. Funcionamiento

- ❖ El transformador en el ZMPT101B reduce el voltaje de la red (por ejemplo, 220V AC) a un voltaje más bajo, generalmente en el rango de milivoltios.
- ❖ La señal reducida se acondiciona y convierte en una señal proporcional que puede ser leída por el ADC del ESP32.
- ❖ El módulo también incluye un circuito de ajuste para calibrar la salida del sensor.

#### 2.2.7.2.2. Uso

- ❖ Conectar los terminales del transformador a la red eléctrica.
- ❖ Ajustar la ganancia y calibrar el módulo.
- ❖ Leer el valor analógico usando el ADC del ESP32.

#### 2.2.7.3. Controlador

##### LORA 32 con Esp32

Clásica tarjeta de desarrollo diseñada y producida por Heltec Automation (TM), basada en un ESP32 + SX127x. Integra Wi-Fi, Bluetooth, un sistema de administración de batería de litio,

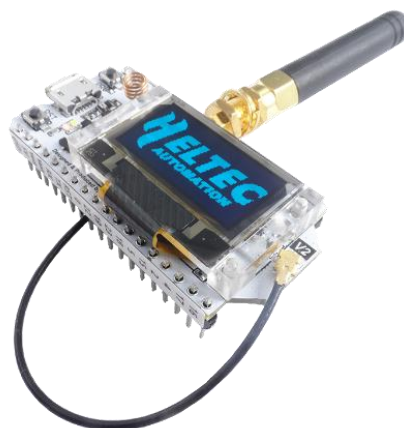
display OLED de matriz de puntos, interfaz micro USB con un regulador de voltaje, etc.

### Destacados:

- Microprocesador: ESP32 (MCU dual-core de 32 bits + núcleo ULP), con chip LoRa SX1276 / SX1278.
- Interfaz: Micro USB con regulador de voltaje, protección ESD, protección de cortocircuitos, RF shielding, etc.
- Sistema de administración de batería: Incluye gestión de carga y descarga, protección contra sobrecarga, detección de energía y conmutación de energía entre batería y USB.
- Conectividad: Wi-Fi integrado, LoRa, antena dedicada de 2,4 GHz para Bluetooth, interfaz IPEX (U.FL) para uso de LoRa.
- Display: OLED de matriz de puntos de 0,96" con resolución de 128x64, para visualizar información de debugging, estado de la batería, etc.
- Compatibilidad: Soporta IDE de Arduino.

Figura 12:

LORA 32 con ESP32



Nota: Extraído de (Maker Store, 2023)

### Parámetros técnicos

Figura 13:  
Parámetros técnicos

Resource	Parameter		
Master Chip	ESP32( 240MHz Tensilica LX6 dual-core + 1 ULP, 600 DMIPS)		
Wireless Communication	Wi-Fi	Bluetooth	LoRa
	802.11 b/g/n (802.11n up to 150 Mbps)	Bluetooth V4.2 BR/EDR and Bluetooth LE specification	Node-to-node communication or LoRaWAN
LoRa Chip	SX1276/SX1278		
LoRaWAN Area	hardware version	Support frequency	
	LF	EU433	
		CN470	
		IN865	
		EU868	
		US915	
HF	AU915		
	KR920		
	AS923		
LoRa Maximum Output Power	19dB ± 1dB		
Hardware Resource	UART x 3; SPI x 2; I2C x 2; I2S x 1; 12-bits ADC input x 18; 8-bits DAC output x 2; GPIO x 22, GPI x 6		
FLASH	8MB(64M-bits) SPI FLASH		
RAM	520KB internal SRAM		
Interface	Micro USB x 1; LoRa Antenna interface(PDX) x 1; 18 x 2.54 pin x 2		
Maximum Size (Including protruding parts such as switch and battery compartment)	51 x 25.5 x 10.6 mm		
USB to Serial Chip	CP2102		
Battery	3.7V Lithium (SH1.25 x 2 socket)		
Solar Energy	x		
Battery Detection Circuit	√		
External Device Power Control (Vext)	√		
Low Power	Deep Sleep 800µA		
Display Size	0.96-inch OLED		
Working Temperature	-40~80°C		

Nota: Extraído de (Maker Store, 2023)

### Características técnicas

Figura 14:  
Características técnicas

Electrical Features	Condition	Minimum	Typica	Maximum
Power Supply	USB powered (≥500mA)	4.7V	5V	6V
	Lithium powered (≥250mA)	3.3V	3.7V	4.2V
	3.3V (pin) powered (≥150mA)	2.7V	3.3V	3.5V
	5V (pin) powered (≥500mA)	4.7V	5V	6V
Power Consumption(mA)	WIFI Scan		115mA	
	WIFI AP		135mA	
	LoRa 10dB output		50mA	
	LoRa 12dB output		60mA	
	LoRa 15dB output		110mA	
	LoRa 20dB output		130mA	
Output	3.3V pin output			500mA
	5V pin output (USB powered only)		Equal to the input current	
	External device power control (Vext 3.3V)			350mA

Nota: Extraído de (Maker Store, 2023)

#### 2.2.8. Modulo RF de 2.4 GHZ NRF24L01+PA

- Módulo de comunicación inalámbrica: TZT NRF24L01 + 2.4G, con la versión actualizada NRF24L01 que ofrece una velocidad de 2 Mbit/s y viene con un adaptador de placa socket.
- Voltaje operativo: 3-3.6 V.
- Potencia de salida máxima: +20 dBm.
- Consumo de corriente en modo de transmisión: 115 mA.
- Consumo de corriente en modo de recepción: 45 mA.
- Consumo de corriente en modo de reposo: 4.2 µA.

- Rango de temperatura operativa: -20 a 70 grados Celsius.
- Sensibilidad del receptor: -92 dBm a 2 Mbps, -95 dBm a 1 Mbps, y -104 dBm a 250 kbps.

Figura 15:

Modulo RF de 2.4 GHZ NRF24L01+PA



Nota: Extraído de (Maker Store, 2023)

### 2.2.9. Transmisor Serial 433 Mhz

#### HC – 12

- Frecuencia de trabajo: 433 MHz, una banda de libre uso.
- Conexión: Alimentar y conectar el pin RX del microcontrolador al TX del HC-12 y viceversa. No se necesita librería para la programación; se trabaja de manera similar a otros periféricos seriales TTL.
- Configuración: Se realiza mediante comandos AT, permitiendo ajustar los baudios de la comunicación serial, el modo (afecta la velocidad, consumo y alcance), el canal de radio y la potencia de



transmisión RF. Ambos módulos HC-12 deben estar en el mismo canal y modo para comunicarse.

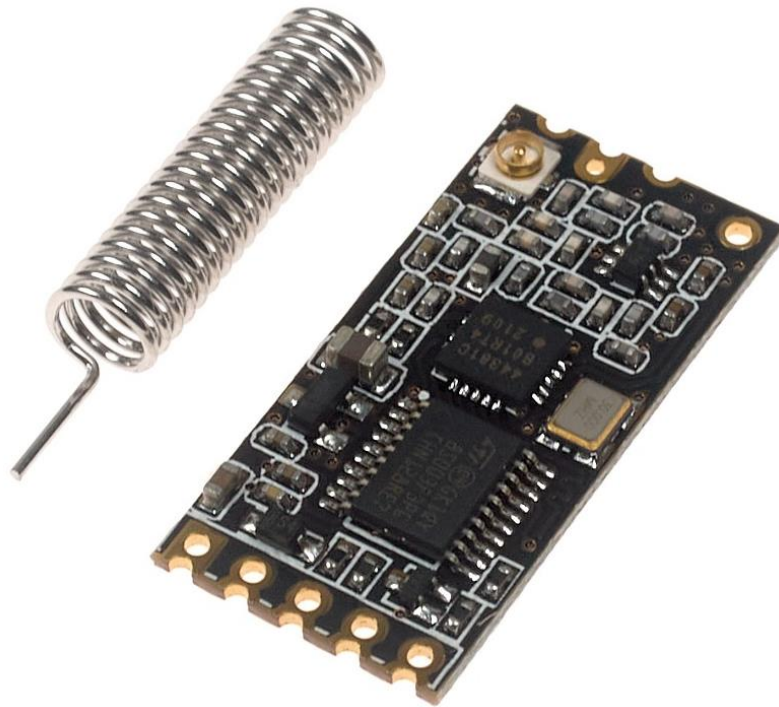
- Componentes: Incorpora el chip SI4463 para comunicación RF y un microcontrolador STM8S003 para comunicación serial y control del SI4463, ofreciendo una comunicación serial transparente tras la configuración.
- Antena: La antena afecta significativamente el alcance del módulo. Debe soldarse cuidadosamente o usar una antena con conector IPEX.

### **Especificaciones:**

- Voltaje de operación: 3.3V-5.5V DC.
- Consumo de corriente máximo: 100 mA (picos de 200 mA).
- Frecuencia de trabajo: 433.4 MHz a 473.0 MHz (100 canales).
- Interfaz: UART TTL.
- Alcance: <1000 metros en zona abierta.
- Potencia de transmisión máxima: -1 a 20 dBm.
- Sensibilidad del receptor: -100 a -117 dBm.
- Velocidad de comunicación serial: 1200 a 115200 baudios.
- Velocidad de comunicación inalámbrica: 5000 a 236000 bps.
- Dimensiones: 28 mm x 13 mm.
- Peso: 2 g.

Figura 16:

Modulo RF HC - 12



Nota: Extraído de (NayLamp, 2023)

### 2.2.10. Display / Pantalla

#### Pantalla TFT 2.8"

- Compatibilidad: Se puede usar con placas de desarrollo como Arduino UNO, Mega2560, ESP8266, y ESP32.
- Resolución: 320x240.
- Pantalla: Clara, con soporte para función táctil usando un lápiz.
- Color: Admite pantalla RGB de 65K colores a 16 bits, mostrando colores intensos.
- Bus: Paralelo de 8 bits, más rápido que el SPI serie.

#### Características del módulo:

- Tipo: Pantalla en color SPI de 2.8 pulgadas con función táctil.
- Interfaz: Admite SPI analógico y hardware SPI.
- Tarjeta SD: Incluye un socket para tarjeta SD.

- Placa de PCB: Incluye IC de fuente de alimentación y SD, compatible con la interfaz 5110.
- Voltaje: Compatible con 5V, pero también puede usar lógica de 3.3V o 5V.
- Resolución: 240x320.
- Pantalla táctil: MSP4021.
- Voltaje de entrada: 5V / 3.3V.
- Interfaz: SPI.
- Controlador: ILI9341.
- Referencia de producto: TFT LCD 2.8 TOUCH 320X240.

Figura 17:

Pantalla TFT 2.8"



Nota: Extraído de (SDielect, 2023)



## 2.2.11. Modulo RTC

### RTC DS3231

Los relojes en tiempo real (RTC) son ideales para integrar mediciones de tiempo en proyectos debido a su bajo consumo energético, lo que permite que se alimenten con baterías y mantengan la sincronización. Aunque los microcontroladores tienen contadores internos, no alcanzan la precisión de un RTC dedicado.

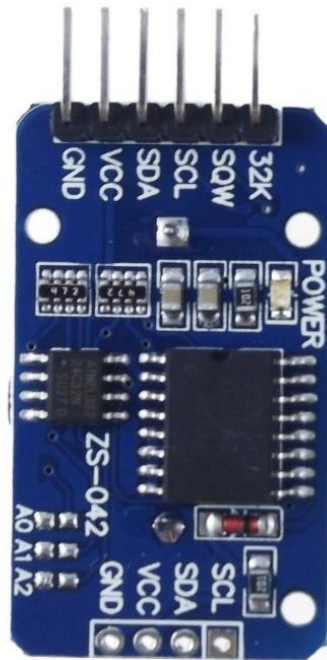
El módulo utiliza el RTC DS3231 de MAXIM y la EEPROM AT24C32 de ATMEL, ambos comunicándose a través del bus I2C. El DS3231 es una versión mejorada del DS1307, destacándose por su oscilador interno compensado por temperatura, que ofrece una alta precisión. La EEPROM AT24C32 proporciona almacenamiento permanente de 32Kbits (4K Bytes) de datos.

### Especificaciones técnicas

- Voltaje de Alimentación: 3.3V a 5V DC.
- RTC: DS3231, un reloj en tiempo real de alta precisión con un oscilador interno que se ajusta según la temperatura.
- Precisión del Reloj: 2 ppm.
- Interfaz de Comunicación: I2C.
- Dirección I2C del DS3231: Para lectura es 11010001 y para escritura es 11010000.
- Memoria EEPROM: AT24C32 con una capacidad de 32Kbit (4K Bytes).
- Modularidad: Puede ser conectado en serie con otros dispositivos I2C, y la dirección del AT24C32 se puede cambiar (la dirección predeterminada es 0x57).
- Salida: Onda cuadrada configurable.
- Duración de la Batería: Puede mantener el RTC en funcionamiento durante hasta 10 años.
- Dimensiones: 38x22 mm.
- Peso: 5 gramos.

Figura 18:

Modulo RTC DS3132



Nota: Extraído de (NayLamp, 2023)

### 2.2.12. Regresión Lineal

La regresión lineal es un método estadístico que se utiliza para estimar el valor de una variable dependiente en función de una o varias variables independientes. Esta técnica establece una relación entre las variables a través de una ecuación lineal.

#### Regresión Lineal Simple

La regresión lineal simple se expresa mediante la siguiente función lineal:

$$Y = \beta_0 \cdot X + \beta_1 + \epsilon$$

En esta ecuación,  $\beta_0$  y  $\beta_1$  son constantes que determinan la pendiente de la regresión, mientras que  $\epsilon$  (épsilon) representa el término de error.

Ejemplos:

Lluvia y rendimiento de los cultivos: Relaciona la cantidad de lluvia con el rendimiento de los cultivos.



Temperatura y expansión del mercurio: Relaciona la temperatura con la expansión del mercurio en un termómetro.

### Regresión lineal múltiple

En el análisis de regresión lineal múltiple, se trabaja con un conjunto de datos que incluye una variable dependiente y varias variables independientes. La ecuación de la línea de regresión se adapta para incorporar múltiples factores, de la siguiente manera:

$$Y = \beta_0 \cdot x_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_N x_N + \epsilon$$

A medida que aumenta el número de variables predictivas, las constantes  $\beta$  también aumentan en consecuencia.

Ejemplos:

El impacto de la lluvia, la temperatura y el uso de fertilizantes en el rendimiento de los cultivos.

La influencia de la dieta y el ejercicio en la aparición de enfermedades cardíacas.

La relación entre el crecimiento salarial y la inflación en las tasas de préstamos hipotecarios.

### Regresión logística

La regresión logística es empleada por los científicos de datos para estimar la probabilidad de que ocurra un evento específico. El resultado es un valor entre 0 y 1, donde 0 denota una baja probabilidad de ocurrencia y 1 indica una alta probabilidad. Las ecuaciones logísticas utilizan funciones logarítmicas para calcular la línea de regresión.

A continuación, se indican varios ejemplos:

- La probabilidad de ganar o perder en un partido deportivo
- La probabilidad de aprobar o reprobado una prueba
- La probabilidad de que una imagen sea una fruta o un animal.



## 2.3. Marco conceptual

### 2.3.1. Sensores

Para (Pelaez & Jimenez, 2023) es un dispositivo diseñado para detectar variaciones en magnitudes físicas como luz, magnetismo, presión, humedad, entre otros, y convertir estas variaciones en señales eléctricas que son útiles para sistemas de medida o control. Cada sensor consta de un elemento sensible a la magnitud física que mide, y debe ser capaz de generar una señal eléctrica adecuada para su posterior procesamiento.

### 2.3.2. Sensor de tensión

Los sensores de tensión son utilizados para adaptar niveles de voltaje en un circuito de manera que sean compatibles con el sistema de procesamiento de datos. Dado que los niveles de tensión pueden no ser directamente compatibles con los requerimientos de un convertidor analógico-digital (ADC) en un microcontrolador, se utilizan diferentes tecnologías para asegurar una señal adecuada.

### 2.3.3. Sensor de corriente

Un sistema de medición está compuesto por diversos elementos que permiten la captura y procesamiento de datos relacionados con magnitudes físicas como corriente y voltaje.

### 2.3.4. Divisor de tensión

Una manera simple y eficaz para adecuar una señal de tensión es mediante divisores de tensión. Estos circuitos utilizan resistencias para dividir la tensión de entrada a un nivel adecuado que el sistema de medición puede manejar.

### 2.3.5. Sensores de efecto Hall

Los sensores basados en el efecto Hall funcionan aprovechando el fenómeno descubierto por Edwin Herbert Hall. El efecto Hall altera el movimiento de las cargas eléctricas dentro de un conductor cuando se expone a un campo magnético, generando una tensión



proporcional a la corriente medida. Esto permite detectar corrientes sin necesidad de contacto directo.

### **2.3.6. Eficiencia energética**

La eficiencia energética se refiere al uso óptimo de la energía eléctrica para conservar los servicios energéticos. Este concepto se centra en:  
Cambio de Equipos: Sustituir equipos antiguos por versiones más eficientes que ofrezcan un mejor rendimiento sin alterar la calidad de vida.

Conservación del Medio Ambiente: Reducir el consumo de energía de manera que se minimice el impacto ambiental.

### **2.3.7. Ahorro energético**

El ahorro energético implica la reducción del consumo innecesario de energía. No se trata simplemente de apagar luces o desconectar dispositivos, sino de:

Evitar el Racionamiento: Implementar prácticas que reduzcan el consumo sin afectar la funcionalidad y la necesidad de procesos o actividades.

Eficiencia en el Uso: Optimizar el uso de la energía de manera que se mantengan los beneficios y servicios esenciales.



## CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 3.1. Enfoque de la investigación

Cuantitativo, ya que se pretende demostrar una hipótesis con base a las mediciones de los sensores utilizados.

### 3.2. Nivel de la investigación

Este proyecto emplea una metodología de investigación aplicada, ya que se basa en los conocimientos adquiridos durante la formación profesional (Fernandez Collado & Baptista Lucio, S.E.).

### 3.3. Tipo de la investigación

En el presente proyecto se ha optado por una investigación aplicada, la cual utiliza recursos científicos, técnicos y tecnologías ya existentes para resolver problemas prácticos. Se han utilizado las siguientes modalidades de investigación:

#### **Investigación Bibliográfica**

Descripción: Esta modalidad consistió en la revisión exhaustiva de libros, documentos, revistas indexadas, artículos científicos y publicaciones electrónicas.

Objetivo: El propósito fue sustentar y profundizar las bases teóricas y temáticas relacionadas con el proyecto. Esta investigación proporcionó el contexto y la fundamentación necesaria para el desarrollo del proyecto, asegurando que se basara en conocimientos y hallazgos previos relevantes.

#### **Investigación Tecnológica**

Descripción: Se llevó a cabo un análisis y estudio sistemático de la tecnología y recursos técnicos disponibles y aplicables al problema a resolver.

Objetivo: El objetivo fue obtener toda la información necesaria para definir el diseño adecuado del proyecto. Esta modalidad ayudó a determinar las tecnologías y métodos más apropiados para cumplir con los objetivos planteados, asegurando que el diseño del proyecto estuviera basado en soluciones tecnológicas efectivas y actuales.

#### **Investigación Experimental**

Descripción: Se realizó una serie de pruebas experimentales para evaluar y determinar los elementos y componentes más adecuados para el proyecto.

**Objetivo:** La investigación experimental fue crucial para probar y validar las hipótesis del proyecto. A través de experimentos y pruebas, se identificaron y ajustaron los elementos necesarios para garantizar el desarrollo óptimo y el funcionamiento eficiente del proyecto. (Fernandez Collado & Baptista Lucio, S.E.).

### 3.4. Diseño de la investigación

Investigación Experimental debido a que se desarrolló varias pruebas hasta conseguir el dispositivo de recargas electrónicas.

### 3.5. Ubicación del proyecto

El proyecto está orientado ser implementada en la ciudad de Juliaca durante el 2024, y directamente dirigido en cada hogar de manera casera o industrial para la medición de energía eléctrica de carácter monofásico.

### 3.6. Metodología de la investigación

Científico, porque se utilizara técnicas de ensayo y verificación aceptadas por la comunidad científica como válidas.

### 3.7. Población y muestra

#### 3.7.1. Población

Dispositivo de monitoreo y centralización de consumo de energía eléctrica para los hogares de la ciudad de Juliaca.

#### 3.7.2. Muestra

El dispositivo de monitoreo y centralización de consumo de energía eléctrica realizado con tecnología RF para un hogar de la ciudad de Juliaca Nota: Extraído de Solo se elaborará un módulo de monitoreo y un módulo de centralización, ello debido al costo de inversión inicial al realizar prototipos.

### 3.8. Técnicas e instrumentos

#### 3.8.1. TÉCNICAS:

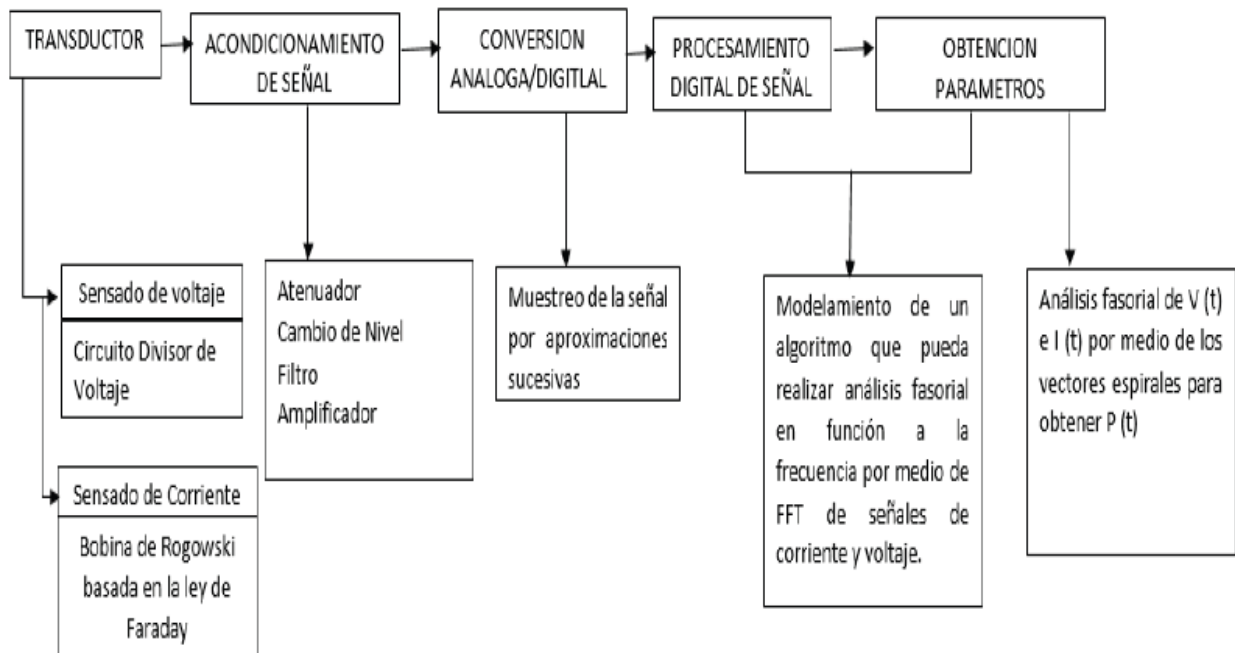
- Programación
- Simulación Proteus 8 Professional (Schematic)

- Diseño de PCB y manufacturado por Proteus 8 Professional (PCB Layout)

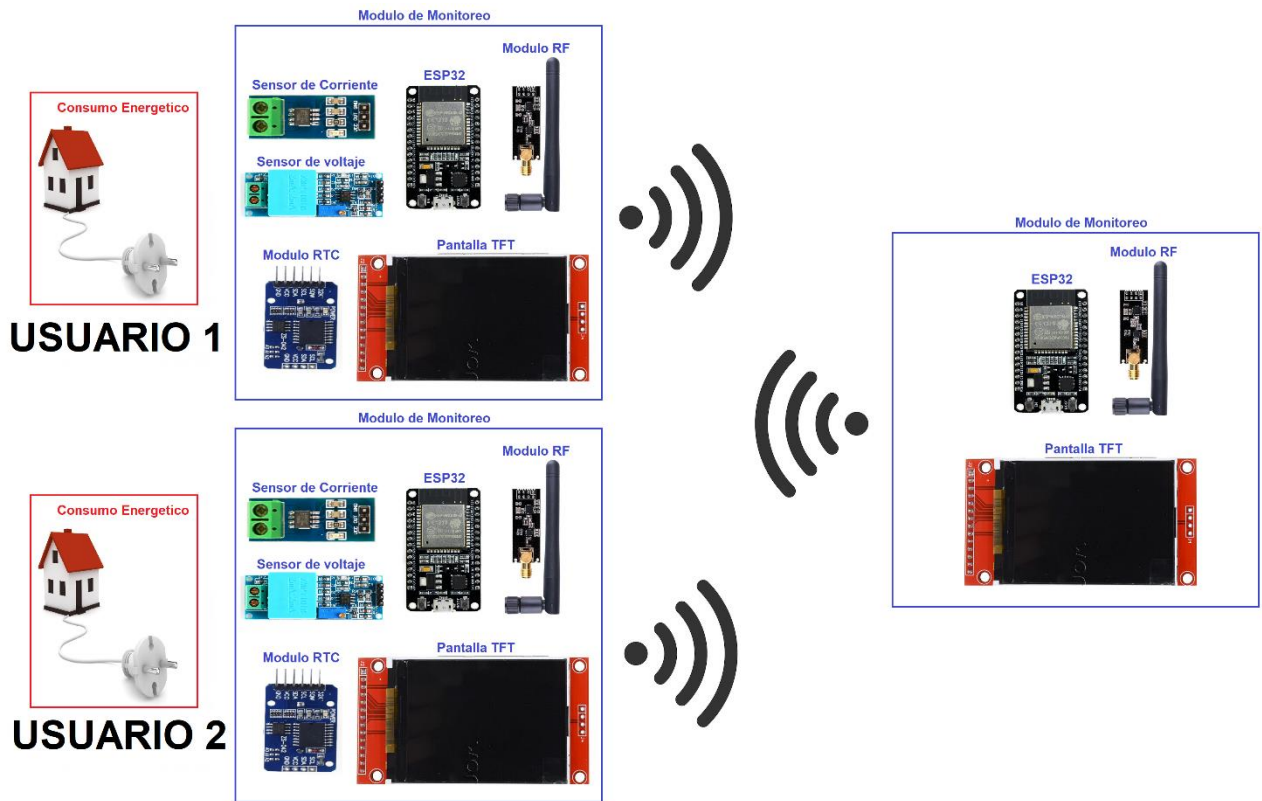
### 3.8.2. INSTRUMENTOS, RECOLECCIÓN DE DATOS:

1. Voltímetro : PRASEK PREMIUM PR-85
  - a. Precisión : +- 0.5%
2. Amperímetro : PRASEK PREMIUM PR-202<sup>a</sup>
  - a. Precisión : +- 1%

### 3.9. Procesamiento de la información



### 3.10. Esquema tentativo del circuito



### 3.10.1. Matriz de Consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	JUSTIFICACIÓN	VARIABLES	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA
<p><b>Problema General</b></p> <p>1.- ¿Cómo elaborar el dispositivo de monitoreo y centralización de consumo de energía eléctrica para los hogares de la ciudad de Juliaca?</p> <p><b>Problemas Específicos</b></p> <p>A.- ¿Cuáles son los dispositivos electrónicos idóneos para el dispositivo de monitoreo y centralización?</p> <p>B.- ¿Cuál es el diseño del dispositivo de monitoreo de consumo de energía eléctrica?</p> <p>C.- ¿Cuál es el diseño del dispositivo de centralización de información del consumo de energía eléctrica?</p>	<p><b>Objetivos General</b></p> <p>Elaborar el dispositivo de monitoreo y centralización de consumo de energía eléctrica para los hogares de la ciudad de Juliaca</p> <p><b>Objetivos Específicos</b></p> <p>A.- Determinar los dispositivos electrónicos idóneos para el dispositivo de monitoreo y centralización</p> <p>B.- Diseñar el dispositivo de monitoreo de consumo de energía eléctrica.</p> <p>C.- Diseñar el dispositivo de centralización de información del consumo de energía eléctrica.</p>	<p><b>Técnica</b></p> <p>El desarrollo de sistemas energéticos inteligentes permite adoptar medidas de adaptación de la demanda</p> <p><b>Social</b></p> <p>El presente proyecto de investigación tiene como beneficiarios directos a los dueños de los hogares en el sector residencial en entornos urbanos y rurales, mientras que los beneficiarios indirectos son las empresas distribuidoras de energía.</p> <p><b>Económica</b></p> <p>Esto representa un desafío considerable para los sectores en donde incide de manera decisiva el manejo de energía, la máxima disponibilidad y una reducción permanente de los costos.</p>	<p><b>Variable Independiente</b></p> <p>Consumo de energía eléctrica</p> <p><b>Variable Dependiente</b></p> <p>Dispositivo de monitoreo y centralización</p>	<p><b>Hipótesis General</b></p> <p>El dispositivo de monitoreo y centralización de consumo de energía eléctrica permite optimizar y realizar las tomas de lectura de forma más sencilla y rápida.</p> <p><b>Hipótesis específicas</b></p> <p>A.- Con la elección de los componentes electrónicos correctos permite que los dispositivos funcionen de forma correcta.</p> <p>B.- Con el dispositivo de monitoreo se tendrá valores reales del consumo de energía eléctrica, guardadas y procesadas.</p> <p>C.- Con el dispositivo de centralización de información se tendrá los valores de consumo de energía eléctrica, lista y preparada para ser procesada.</p>	<p><b>TIPO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tecnológico</li> </ul> <p><b>ENFOQUE:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Aplicativo</li> </ul> <p><b>NIVEL:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Cuantitativo</li> </ul> <p><b>DISEÑO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Experimental</li> </ul>



## **CAPITULO IV: ELABORACIÓN DEL DISPOSITIVO DE MONITOREO Y CENTRALIZACIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

### **4.1. DISPOSITIVO DE MONITOREO DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

Para la elaboración del prototipo de monitoreo de consumo de energía eléctrica mediante comunicación por radio frecuencia RF fue necesario contar con los siguientes componentes electrónicos:

1. Esp32 Pico D4
2. Pantalla OLED 0.97"
3. Modulo SD Card
4. Modulo LORA
5. Módulo de carga de Batería Li-Ion 3.7v
6. Modulo ACS712T 05B
7. Modulo ZMPT101B
8. Modulo StepUp XL6009

Para optimizar el diseño y disminuir las perturbaciones se optó por el embebido TTGO LORA 32 V2.1-1.6 el cual es un dispositivo comercializado por la empresa LILYGO el cual integra:

1. Esp32 Pico S3
2. Pantalla OLED 0.97"
3. Modulo SD Card
4. Modulo LORA
5. Módulo de carga de Batería Li-Ion 3.7v

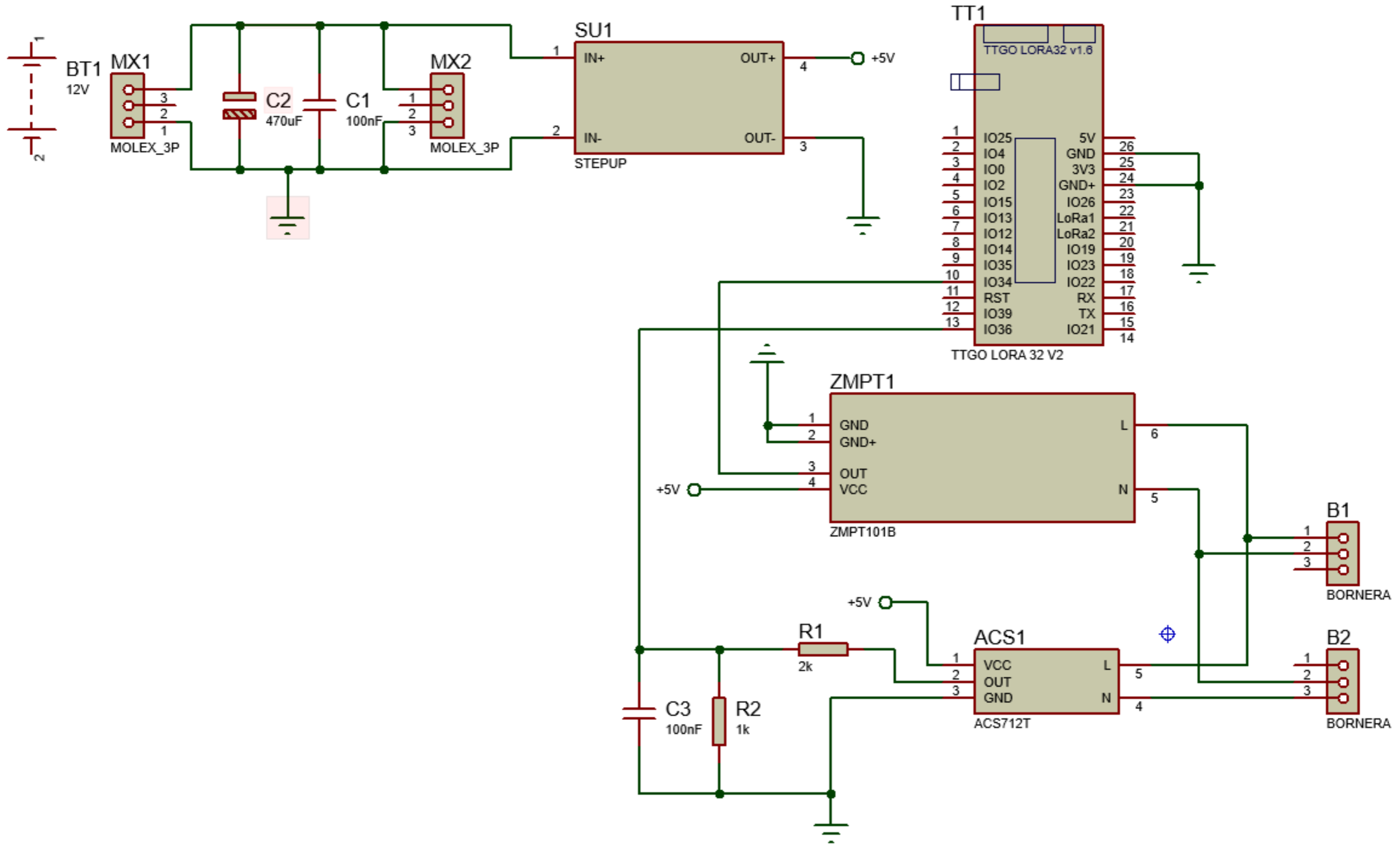


Figura 19: Diagrama Electrónico general





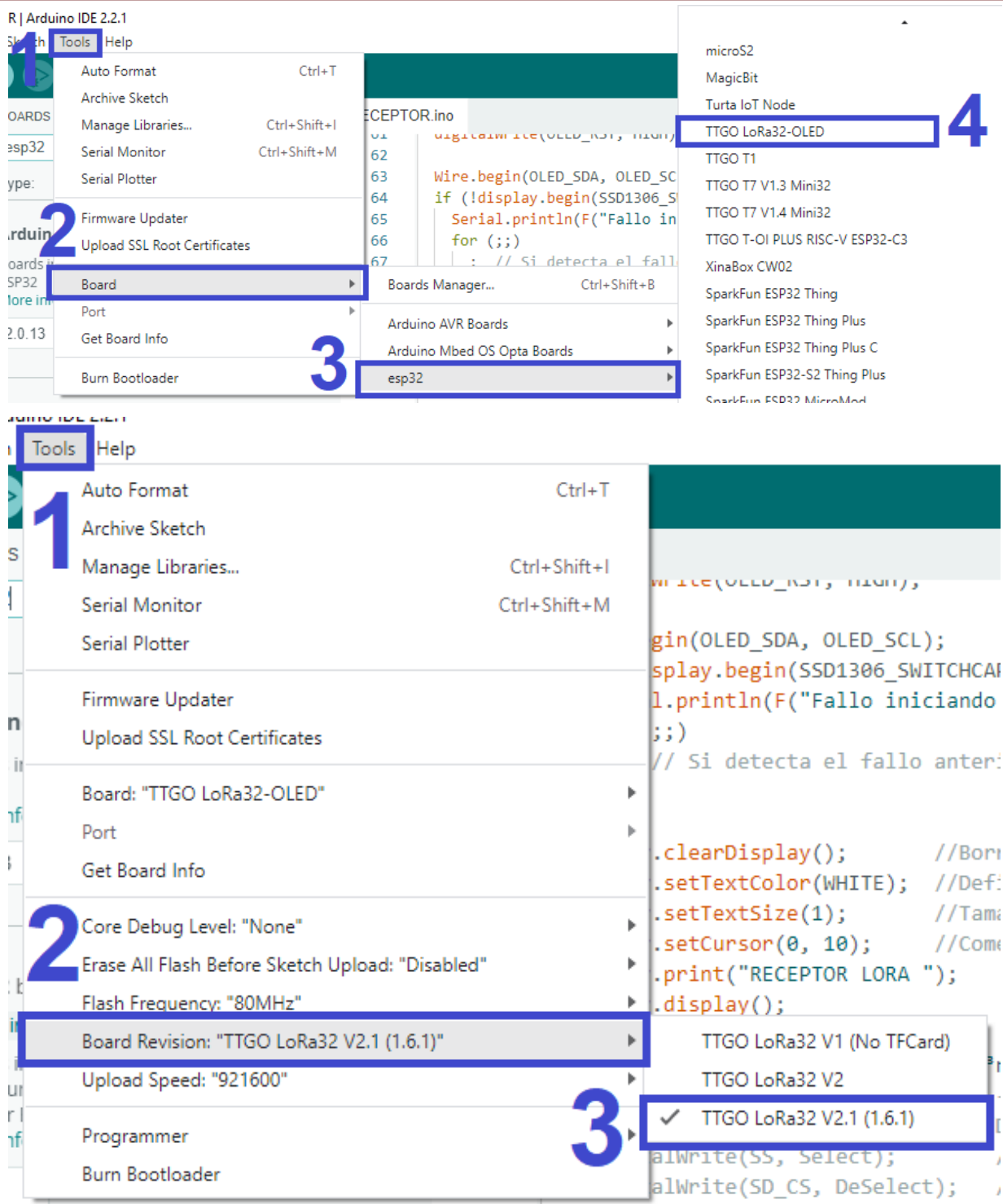


Figura 23: Selección del modelo del TTGO LORA 32 V2.1-1.6

#### 4.1.1.3. Diagrama de bloques de la preparación

Para comenzar la preparación de la tarjeta, TTGO LORA 32 V2.1-1.6 es necesario seguir los siguientes pasos:

1. Instalar el IDE 2.2.1 desde: <https://www.arduino.cc/en/software>

2. Instalar la librería Esp32: <https://github.com/topics/esp32-ttgo>
3. Instalar la librería de la tarjeta: <https://github.com/LilyGO/TTGO-LORA32>

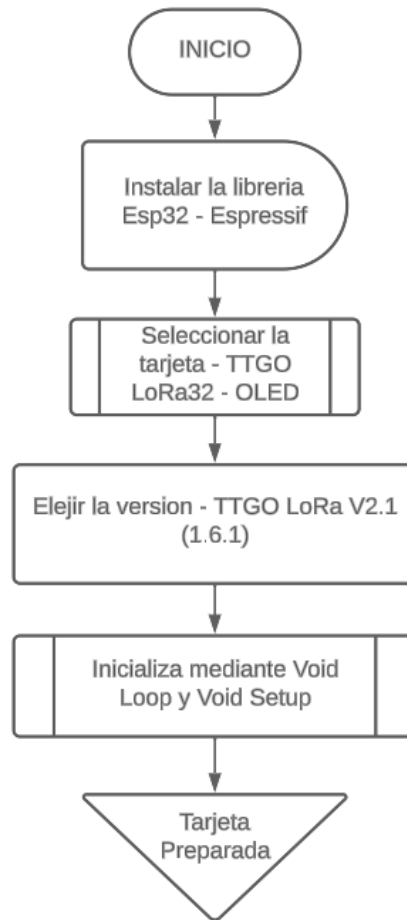


Figura 24: Diagrama de bloques de la previa instalación de la tarjeta TTGO LORA 32 V2.1-1.6

## 4.1.2. Configuración de la pantalla OLED 0.97"

La pantalla oled de 0.97" es una pantalla con la capacidad de poder mostrar datos en una pantalla de 128x64 pixeles los cuales deben de ser integrado al TTGO LORA 32 V2.1-1.6 el cual tiene como características:

- ❖ Voltaje de operación de 3.3v
- ❖ Pines de conexión, SDA pin 21 y SCL pin 22
- ❖ Protocolo de comunicación I2C

### 4.1.2.1. Diagrama electrónico de la pantalla OLED 0.97"

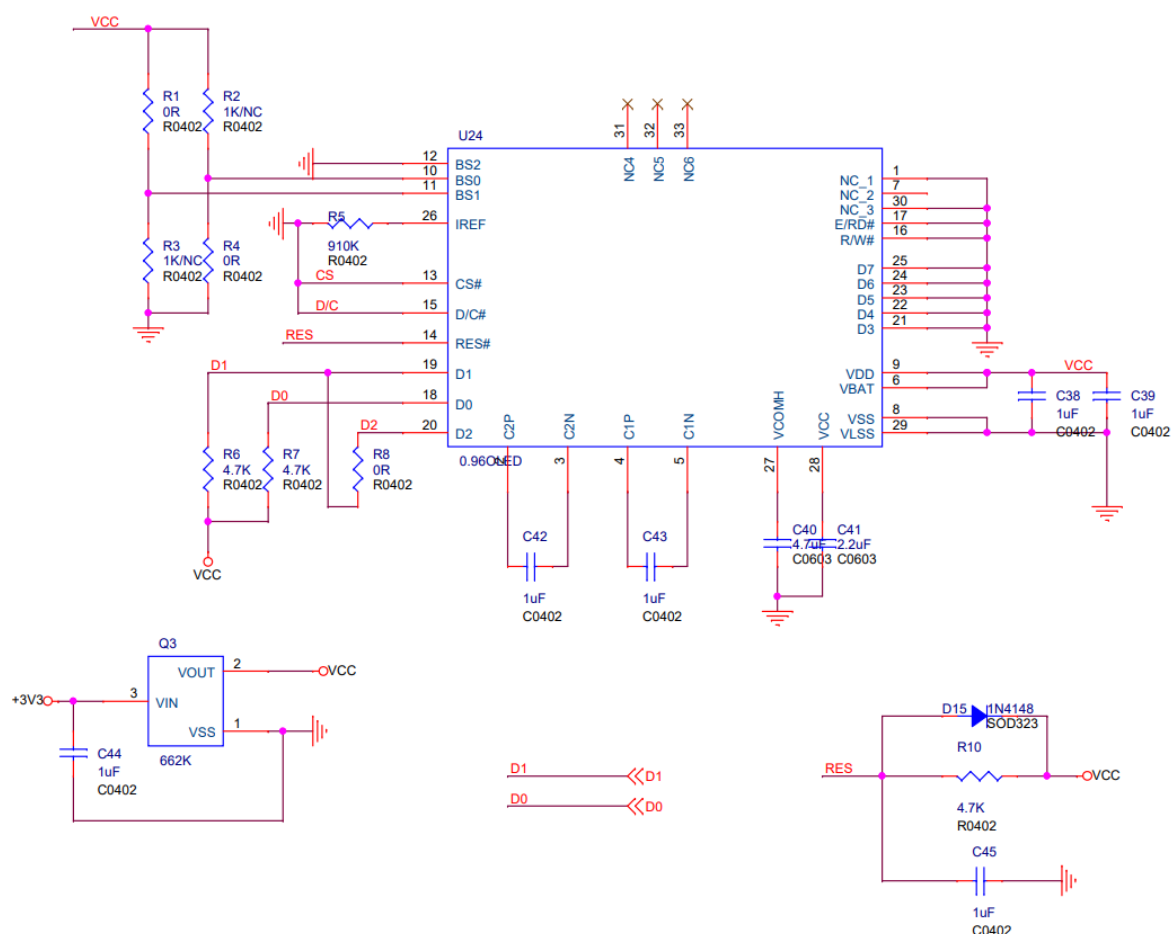


Figura 25: Diagrama Electrónico de la pantalla OLED 0.97"

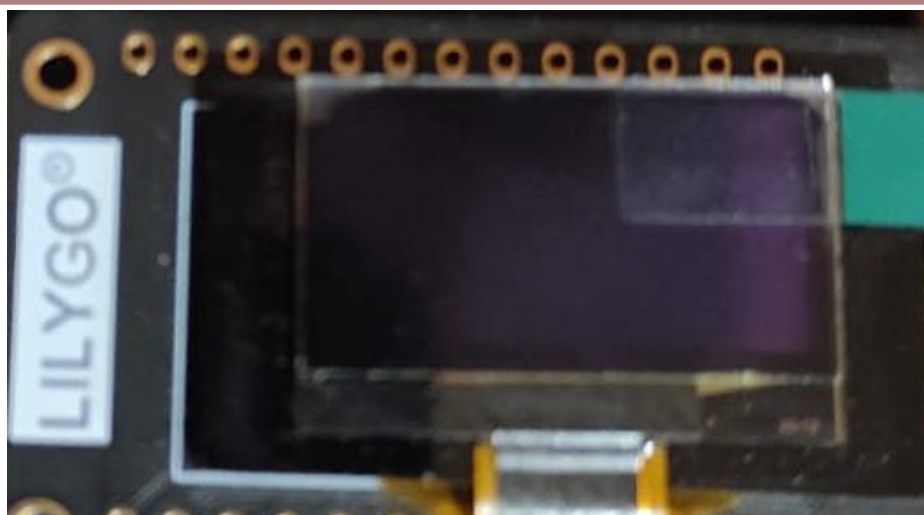


Figura 26: Implementación de la pantalla OLED 0.97"

#### 4.1.2.2. Programa de la pantalla OLED 0.97"

1. Para la comunicación del TTGO LORA 32 V2.1-1.6 con la pantalla OLED integrada es necesario la instalación de una librería de control dentro del IDE de Arduino siguiendo los siguientes pasos:

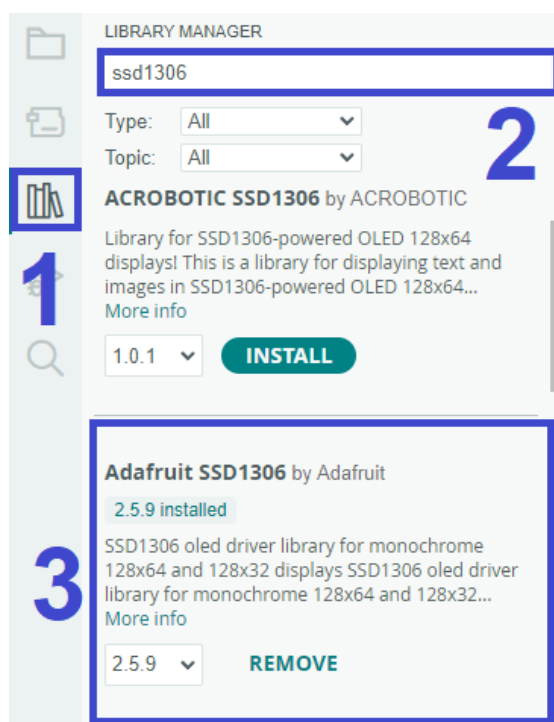


Figura 27: Instalación de librería SSD1306 para la pantalla OLED

2. Para la configuración de los pines fue necesario realizar la inicialización y puesta en marcha de los pines de necesarios según la documentación del TTGO LORA 32 V2.1-1.6.

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
//PINES - PANTALLA OLED
#define ANCHOPANTALLA 128 // El ancho de la pantalla en pixeles es de 128px
#define ALTOPANTALLA 64 // El ancho de la pantalla en pixeles es de 64px
#define OLED_SDA 21
#define OLED_SCL 22
#define OLED_RST 22
Wire.begin(OLED_SDA, OLED_SCL); //inicia OLED
if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3c, false, false)) { // 0x3C representa 128x32
  Serial.println(F("Fallo iniciando SSD1306"));
  for (;;)
    ; // Si detecta el fallo anterior, detiene el código aquí hasta que se reinicie
}
```

Figura 28: Programa de inicialización de la pantalla OLED

#### 4.1.2.3. Diagrama de bloques de la inicialización de la pantalla

Para la configuración se debe seguir los siguientes pasos:

1. Descargar la librería para la pantalla "OLED 0.97" de <https://github.com/LilyGO/ESP32-OLED0.96-ssd1306>
2. Incluir las librerías Wire, GFX y SSD1306
3. Declarar los pines a utilizar SDA y SCL siendo los pines 21 y 22 respectivamente.
4. Inicializa la pantalla mediante el comando Wire.begin()

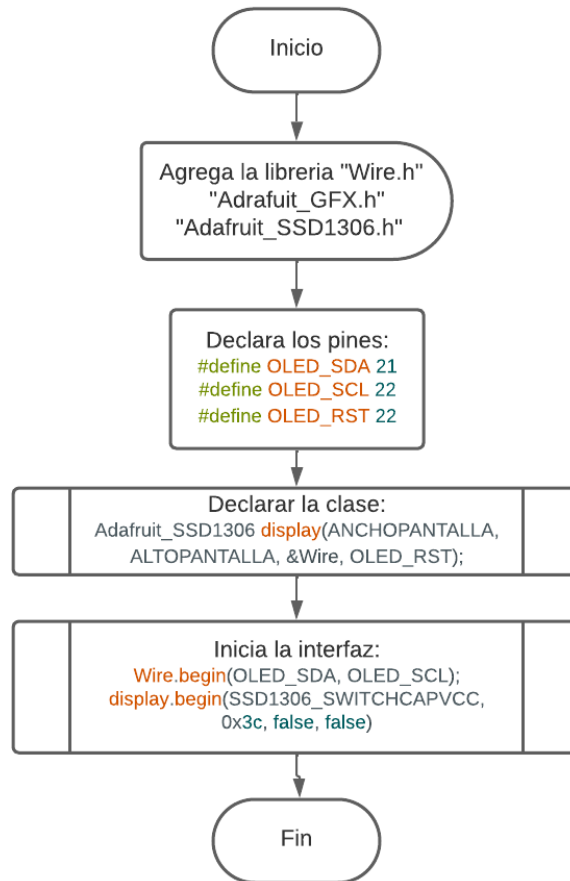


Figura 29: Diagrama de bloques para la pantalla OLED

### 4.1.3. Configuración del Módulo SD Card

El modulo SD Card es la encargada de guardar información para poder almacenar los datos de Voltaje, Corriente, Potencia y Energía, la cual será almacenada en una SD Card de 8GB, la cual tiene como características:

- ❖ Voltaje de operación de 3.3v
- ❖ Protocolo de comunicación SPI
- ❖ Pines de Conexión, siendo CS pin 13, MOSI pin 15, SCK pin 14 y MISO pin 2.

#### 4.1.3.1. Diagrama electrónico del módulo SD Card

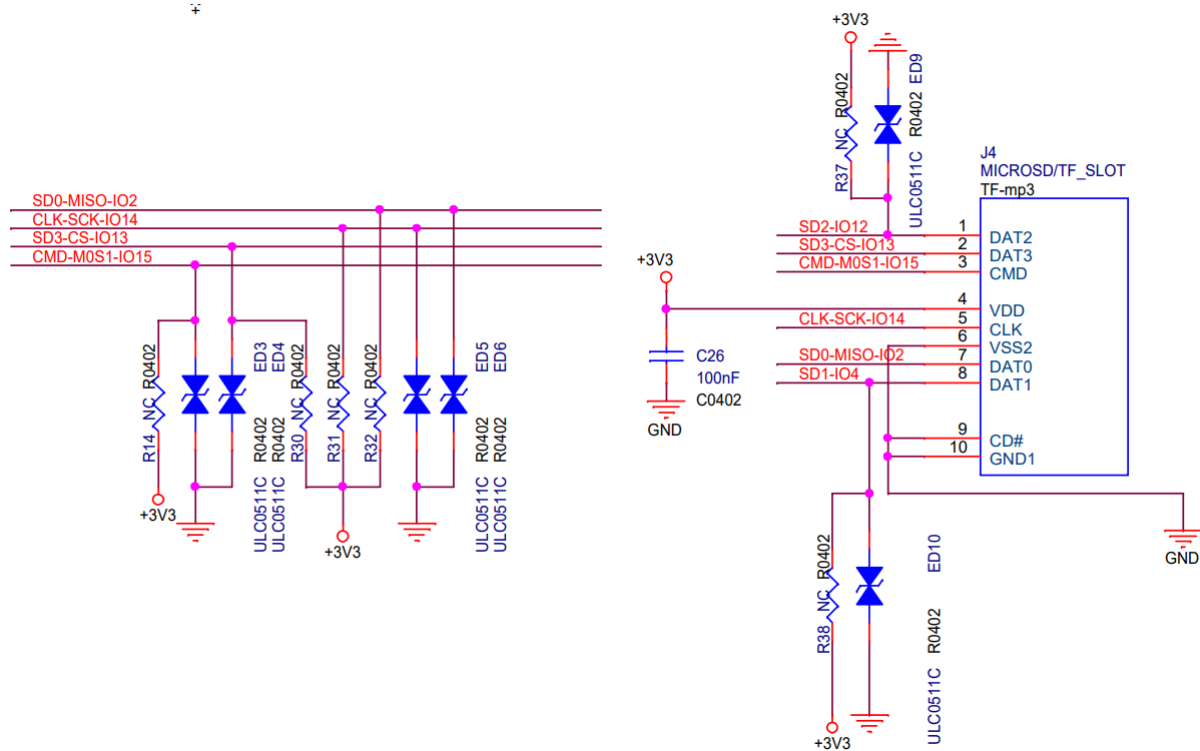


Figura 30: Diagrama Electrónico del módulo SD Card



Figura 31: Implementación del módulo de SD Card

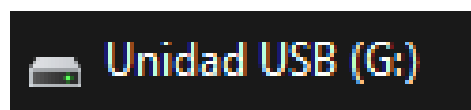
#### 4.1.3.2. Preparación de la MicroSD

Para que la tarjeta sea reconocida por el lector es necesario formatearla en el formato FAT32 para ello es necesario ejecutar los siguientes pasos:

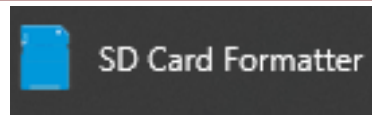


Figura 32: MicroSD Kingston

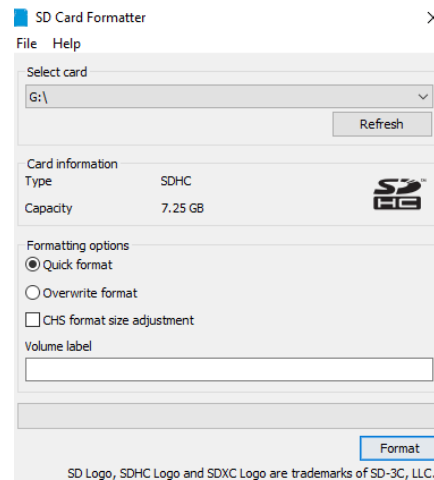
- 1) Insertar la SD para que sea reconocido por la PC



- 2) Ejecutar el software SD CARD Formatter



3) Seleccionar la unidad a formatear y click en FORMATEAR



#### 4.1.3.3. Programa del módulo SD Card

1. Para la comunicación del TTGO LORA 32 V2.1-1.6 con la micro SD integrada es necesario la instalación de una librería de control dentro del IDE de Arduino siguiendo los siguientes pasos:

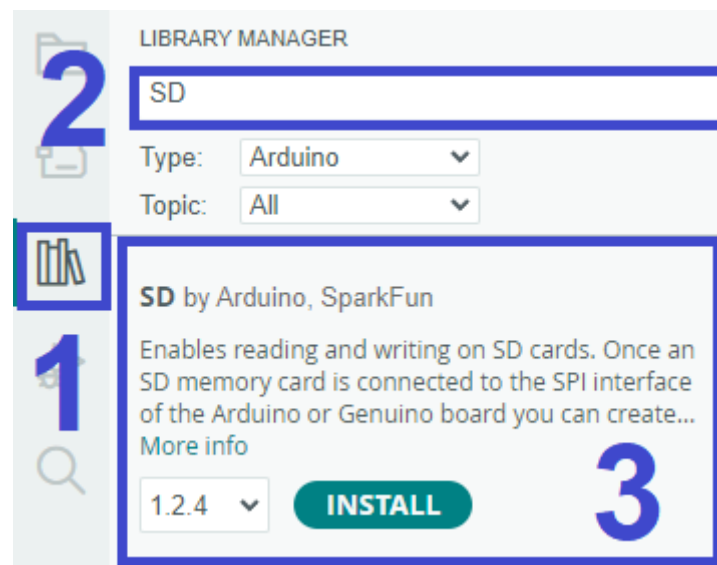


Figura 33: Instalación de librería SD para la microSD

2. Para la configuración de los pines fue necesario realizar la inicialización y puesta en marcha los pines de necesarios según la documentación del TTGO LORA 32 V2.1-1.6.

```
//Librerías para LoRa
#include <LoRa.h>

#include "FS.h"
#include <SD.h>
#include <SPI.h>
//Configuración de SD Card
#define USE_SD_CARD
#define SD_CLK 14
#define SD_MISO 2
#define SD_MOSI 15
#define SD_CS 13
#define Select LOW // Low CS means that SPI device Selected
#define DeSelect HIGH // High CS means that SPI device Deselected

SPIClass hspi = SPIClass(HSPI);
File myFile;
hspi.begin(SD_CLK, SD_MISO, SD_MOSI, SD_CS); //Definimos pines SPI
//digitalWrite(SS, DeSelect); // SELECT LORA
//digitalWrite(SD_CS, Select); // SELECT LORA
#if defined(USE_SD_CARD)
  if (!SD.begin(SD_CS, hspi)) {
    Serial.println(F("SD CARD FAILED, OR NOT PRESENT!"));
    while (1)
      ; // stop the program
  }
#else
  // SPI or QSPI flash requires two steps, one to access the bare flash
  // memory itself, then the second to access the filesystem within...
  if (!flash.begin()) {
    Serial.println(F("flash begin() failed"));
    for (;;)
      ;
  }
  if (!filesystem.begin(&flash)) {
    Serial.println(F("filesystem begin() failed"));
    for (;;)
      ;
  }
#endif
#endif
```

Figura 34: Programa de inicialización del módulo SD Card

#### 4.1.3.4. Diagrama de bloque de la inicialización del módulo SD Card

Para la configuración se debe seguir los siguientes pasos:

1. Descargue la librería para la pantalla "SD.h" de <https://github.com/arduino-libraries/SD>

<https://github.com/arduino/ArduinoCore-avr/blob/master/libraries/SPI/src/SPI.h>

2. Defina los pines CS, MOSI, SCK y MISO para el módulo TTGO LORA 32 V2.1-1.6.
3. Configure el lector denominado SD
4. Inicialice la pantalla usando el comando "SD.begin()".

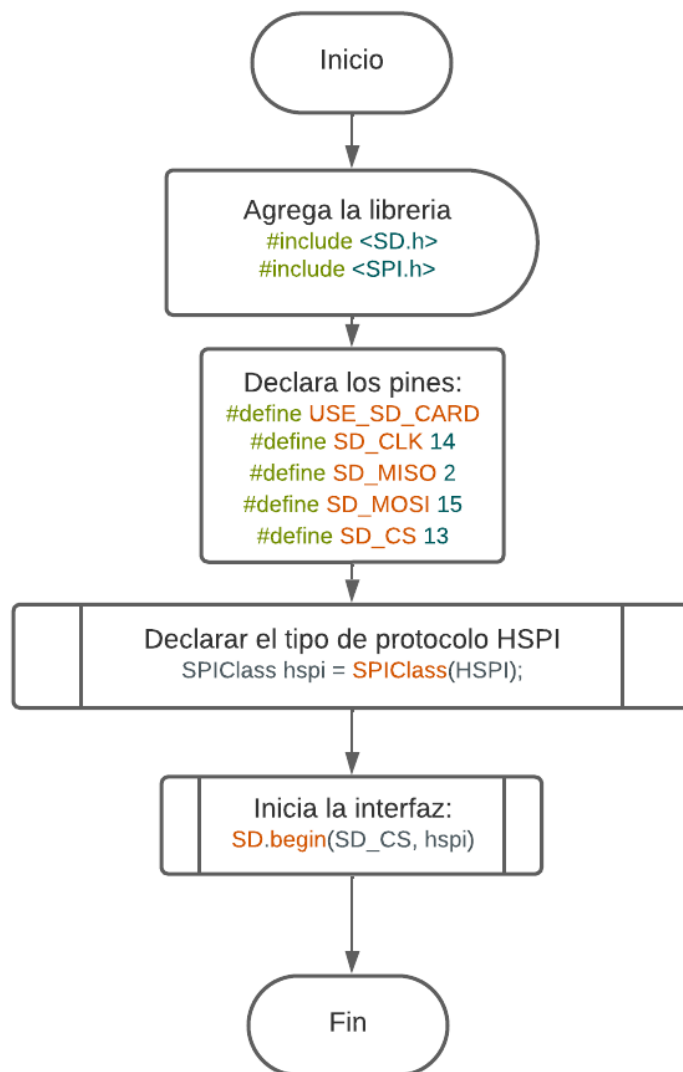


Figura 35: Diagrama de bloques del módulo SD Card

#### 4.1.4. Configuración del módulo LoRa

El módulo LoRa es la encargada de enviar los datos de Voltaje, Corriente, Potencia y Energía mediante radio frecuencia RF (915 Mhz), la cual será enviada hacia el dispositivo receptor, el cual tiene como características:

- ❖ Voltaje de operación de 3.3v
- ❖ Protocolo de comunicación SPI
- ❖ Pines de conexión, siendo MOSI pin 27, SCLK pin 5, CS pin 18, DIO pin 26, RST pin 23y MISO pin 19

##### 4.1.4.1. Diagrama electrónico del módulo LoRa

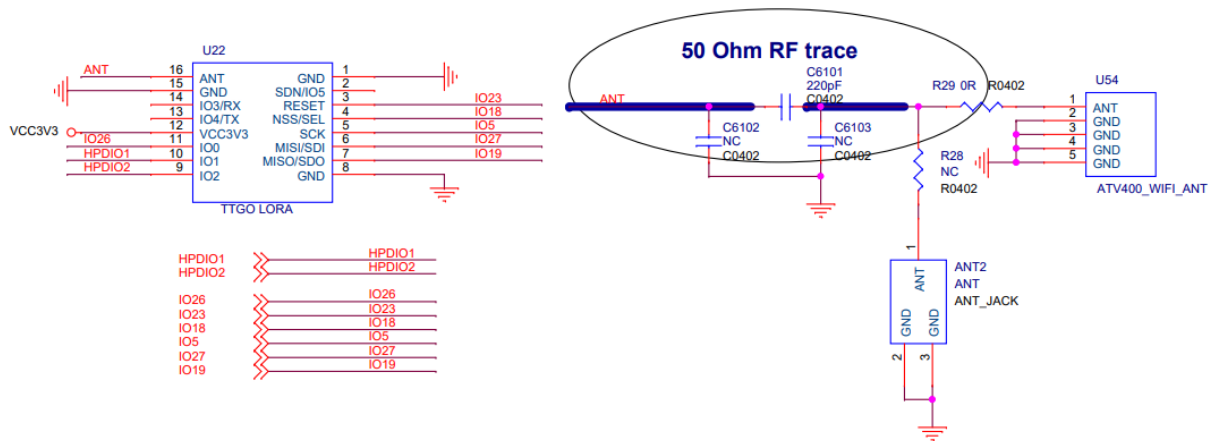


Figura 36: Diagrama Electrónico del módulo LoRa



Figura 37: Implementación del módulo LoRa

#### 4.1.4.2. Programa del módulo LoRa

1. Para la comunicación del TTGO LORA 32 V2.1-1.6 con el módulo LoRa integrada es necesario la instalación de una librería de control dentro del IDE de Arduino siguiendo los siguientes pasos:

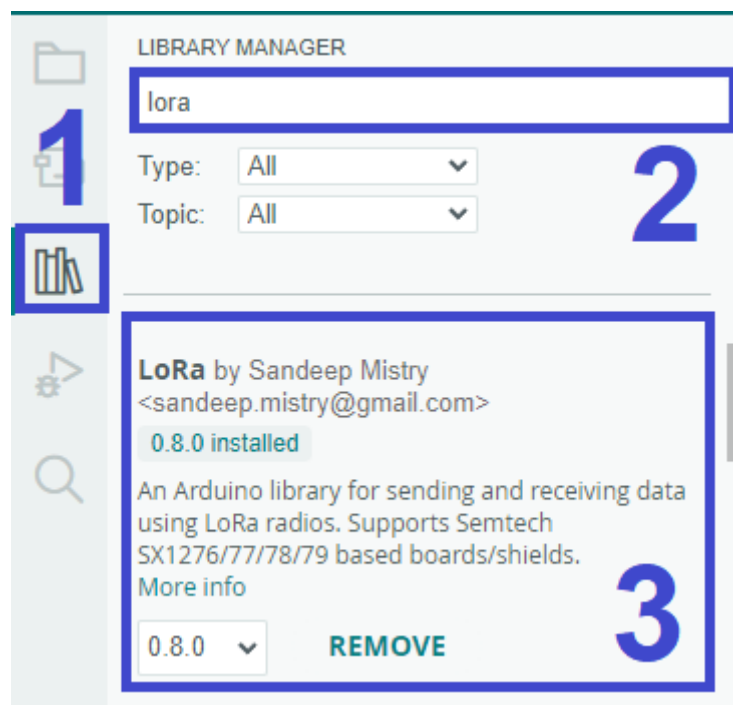


Figura 38: Instalación de librería LoRa

2. Para la configuración de los pines fue necesario realizar la inicialización y puesta en marcha los pines de necesarios según la documentación del TTGO LORA 32 V2.1-1.6.

```
//Librerías para LoRa
#include <LoRa.h>
//PINES - LORA
#define SCK 5
#define MISO 19
#define MOSI 27
#define SS 18
#define RST 23
#define DIO0 26

//Aquí definimos una frecuencia
#define BAND 915E6
//-----
SPI.begin(SCK, MISO, MOSI, SS); //Definimos pines SPI
//digitalWrite(SS, Select); // SELECT LORA
//digitalWrite(SS, DeSelect); // DESELECT LORA
LoRa.setPins(SS, RST, DIO0); //Configuramos el LoRa para enviar

if (!LoRa.begin(BAND)) { //Intenta transmitir en la banda elegida
  Serial.println("Error iniciando LoRa"); //Si no puede transmitir, marca error
  while (1)
  | ;
}
Serial.println("Inicio exitoso de LoRa!"); //Mensaje de todo bien en puerto serial
display.setCursor(0, 30);
display.print("Inicio exitoso de LoRa!"); //Mensaje de todo bien en pantalla OLED
display.display();
delay(2000); //Esperamos un par de segundos
digitalWrite(25, LOW);
```

Figura 39: Programa de inicialización del módulo LoRa

#### 4.1.4.3. Diagrama de bloque de la inicialización del módulo LoRa

Para la configuración se debe seguir los siguientes pasos:

1. Descargar la librería para la pantalla "LoRa.h" de <https://github.com/sandeepmistry/arduino-LoRa>
2. Declarar los pines a utilizar MOSI pin 27, SCLK pin 5, CS pin 18, DIO pin 26, RST pin 23y MISO pin 19
3. Configura el módulo LoRa con SPI.begin()
4. Inicializa la pantalla mediante el comando LoRa.begin()

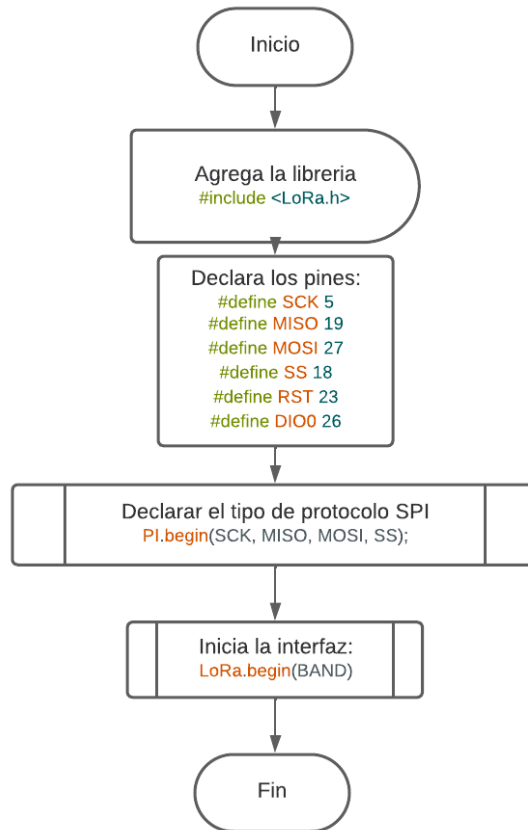


Figura 40: Diagrama de bloques del módulo LoRa

## 4.1.5. Configuración del módulo de carga de la batería Li-Ion

El embebido TTGO LORA 32 V2.1-1.6 cuenta con un modulo encargado cargar y descargar una batería de tipo Li-Ion de 3.7-4.2v, el cual tiene la capacidad de cargar la batería por medio puerto USB.

### 4.1.5.1. Diagrama electrónico del módulo de carga de la batería Li-Ion

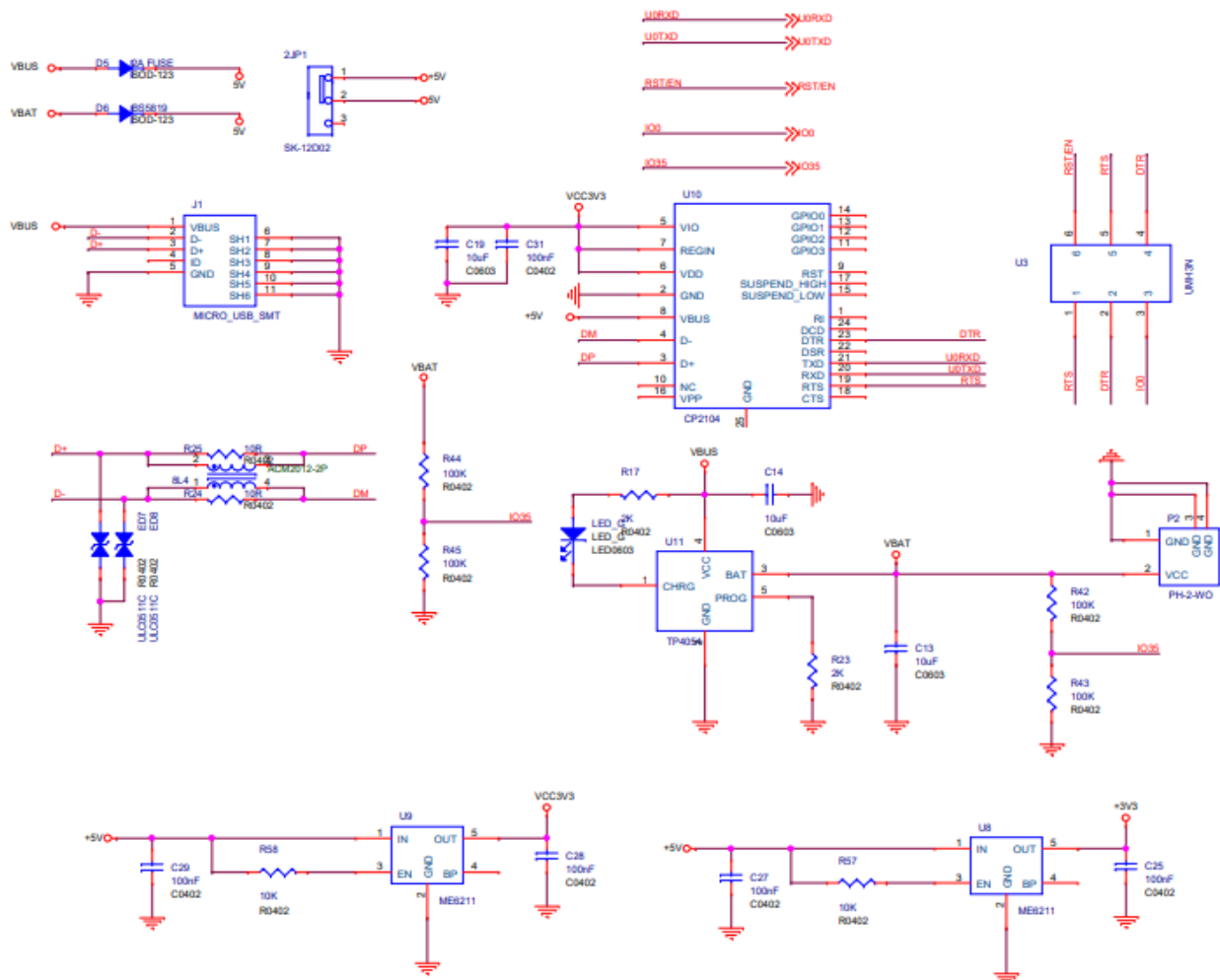


Figura 41: Diagrama Electrónico del módulo de carga de la batería Li-Ion

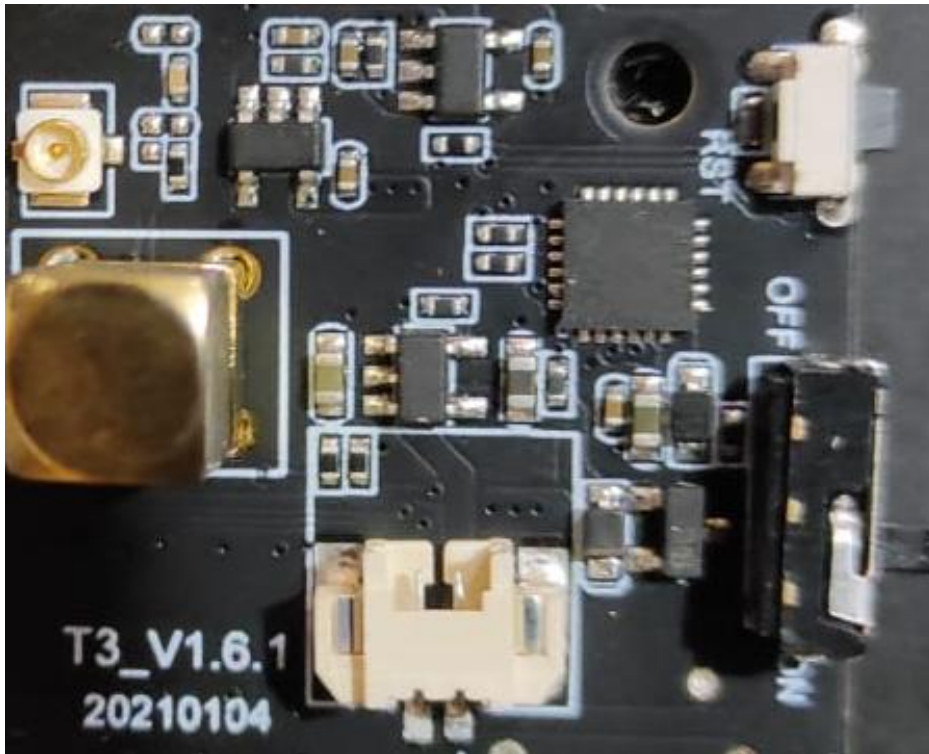


Figura 42: Implementación del módulo de carga de la batería Li-Ion

#### 4.1.6. Configuración del módulo de censado de corriente ACS712T 05B

El modulo ACS712T de 5 amp máximo de censado tiene como principal funcionamiento mediante la inducción electromagnética que produce la corriente alterna en su paso, para ello es necesario tener en consideración sus características:

- ❖ Voltaje de operación de 5v
- ❖ Corriente de operación máxima de 1 amp
- ❖ Salida analógica de 2.5 – 3.5 v

##### 4.1.6.1. Diagrama electrónico del módulo ACS712T 05B

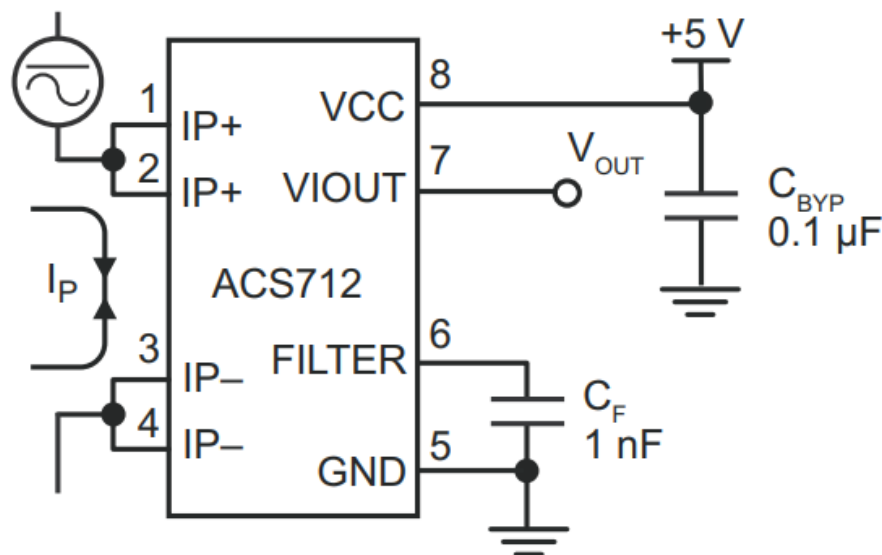


Figura 43: Diagrama Electrónico del módulo ACS712T 05B

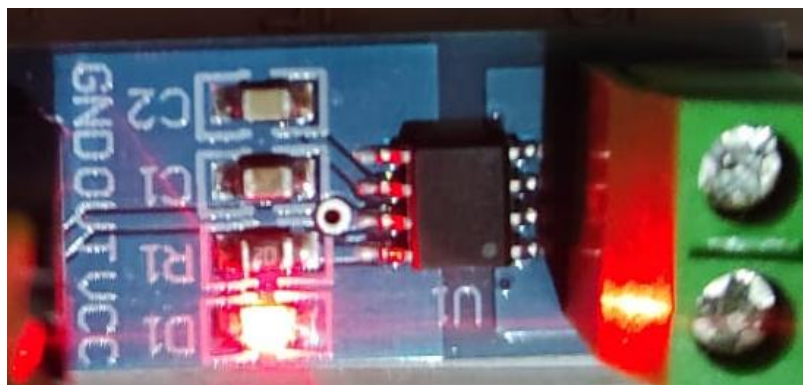


Figura 44: Implementación del módulo ACS712T 05B

##### 4.1.6.2. Preparación del módulo ACS712T 05B

Según el Datasheet del modulo nos da a conocer que su operación es línea siendo:

- ❖ 2.5 V equivale a 0 Amp
- ❖ 3.5 V equivale a 5 Amp

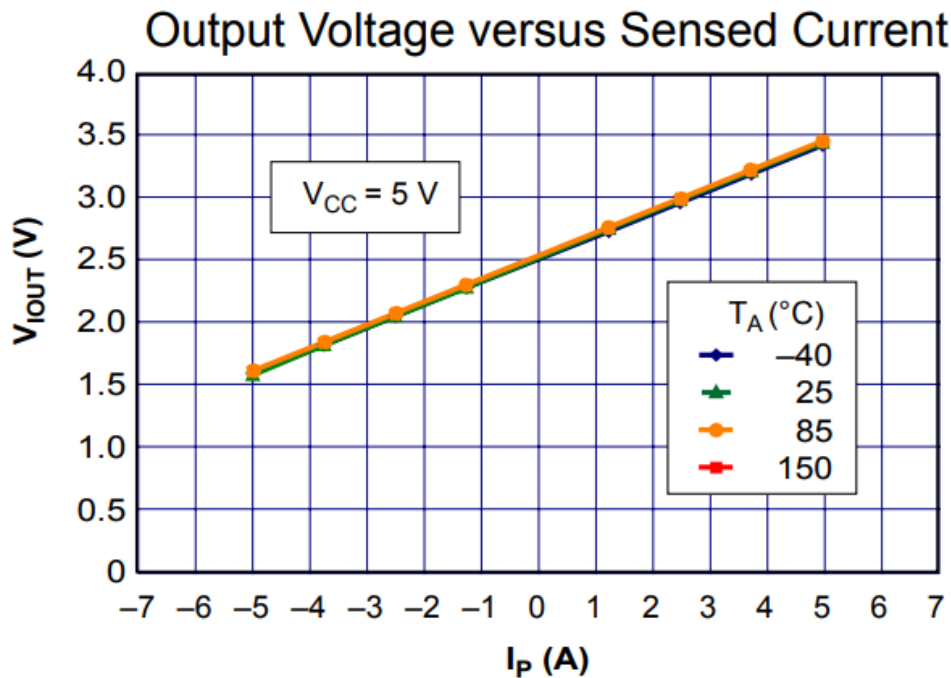


Figura 45: Curva características del módulo ACS712T 05B

El sensor proporciona un valor de 2.5 voltios cuando la corriente es de 0A, y a partir de este punto, el voltaje aumenta proporcionalmente en función de la sensibilidad del sensor, estableciendo una relación lineal entre la salida de voltaje y la corriente. Esta relación se representa gráficamente como una línea recta en un gráfico de Voltaje vs Corriente, donde la pendiente de la línea corresponde a la sensibilidad del sensor y el punto de intersección en el eje Y es de 2.5 voltios. La ecuación de esta línea recta sería la siguiente:

$$V = m I + 2.5$$

Donde la pendiente es m y equivale a la Sensibilidad

Despejando tendremos la ecuación para hallar la corriente a partir de la lectura del sensor:

$$I = \frac{V - 2.5}{Sensibilidad}$$

Con esta ecuación podemos pasar a realizar los ejemplos con Arduino:

#### 4.1.6.3. Programa del módulo ACS712T 05B

1. Para la comunicación del TTGO LORA 32 V2.1-1.6 con el módulo ACS712T 05B es necesario la instalación de una librería de control dentro del IDE de Arduino siguiendo los siguientes pasos:

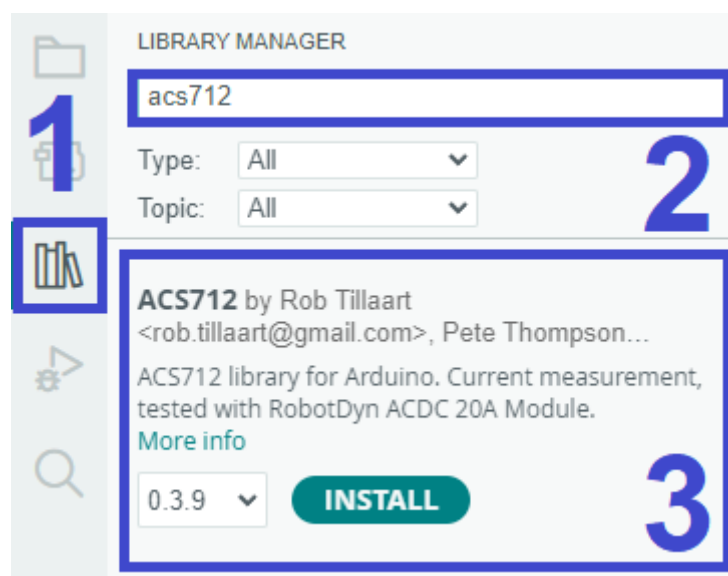


Figura 46: Instalación de librería ACS712T 05B

2. Para la configuración de los pines fue necesario realizar la inicialización y puesta en marcha los pines de necesarios según la documentación del TTGO LORA 32 V2.1-1.6.

```
#include "ACS712.h"  
ACS712 currentSensor(ACS712_05B, 36);  
currentSensor.setZeroPoint(zeroPointAmp);  
currentSensor.setSensitivity(0.15);
```

Figura 47: Programa de inicialización del módulo ACS712T 05B

#### 4.1.6.4. Diagrama de bloque de la inicialización del módulo ACS712T 05B

Para la configuración se debe seguir los siguientes pasos:

1. Descargar la librería para la pantalla "ACS712.h" de <https://github.com/sandeepmistry/arduino-LoRa>

2. Declarar el pin analógico 36
3. Configura el punto cero iniciales
4. Inicializa la sensibilidad

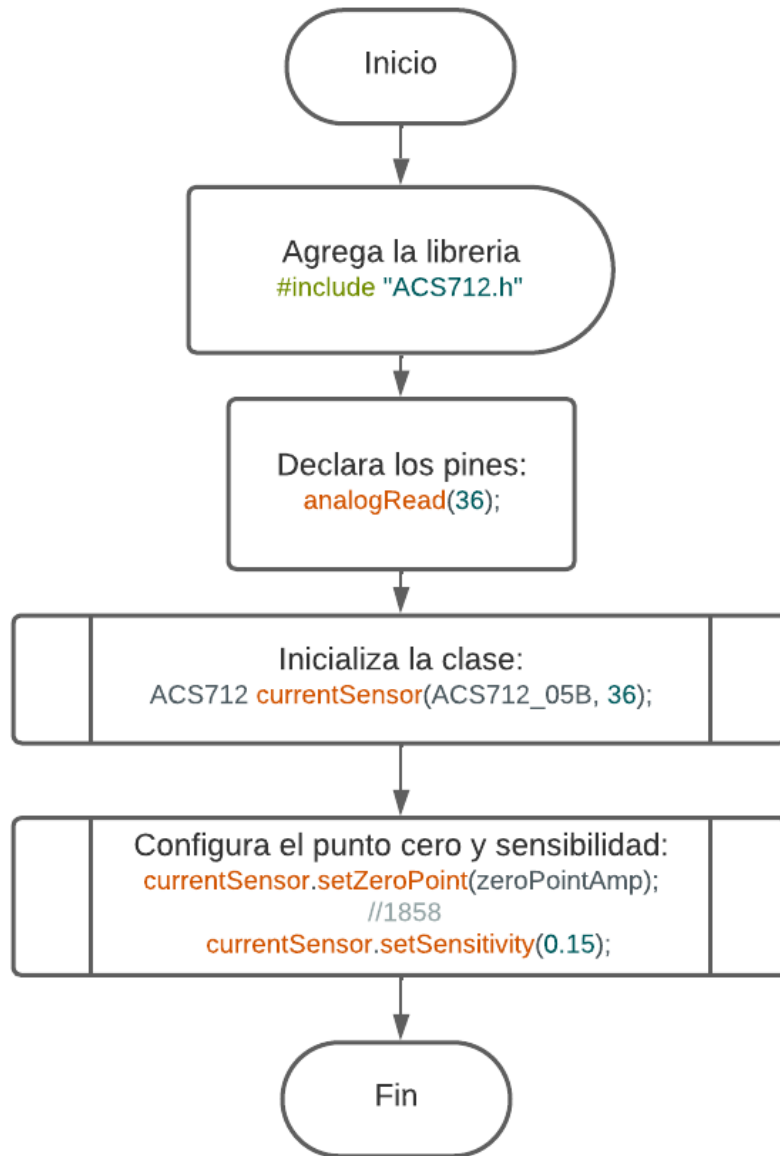


Figura 48: Diagrama de bloques del módulo ACS712T 05B

Configuración del

### 4.1.7. Configuración del módulo de censado de voltaje alterno ZMPT101B

El módulo ZMPT101B de 0 a 240 v máximo de censado tiene como principal funcionamiento mediante la reducción de voltaje mediante un transformador en su paso, para ello es necesario tener en consideración sus características:

- ❖ Voltaje de operación de 5v
- ❖ Corriente de operación máxima de 1 amp
- ❖ Salida analógica de 2.5 – 5 v

#### 4.1.7.1. Diagrama electrónico del módulo ZMPT101B

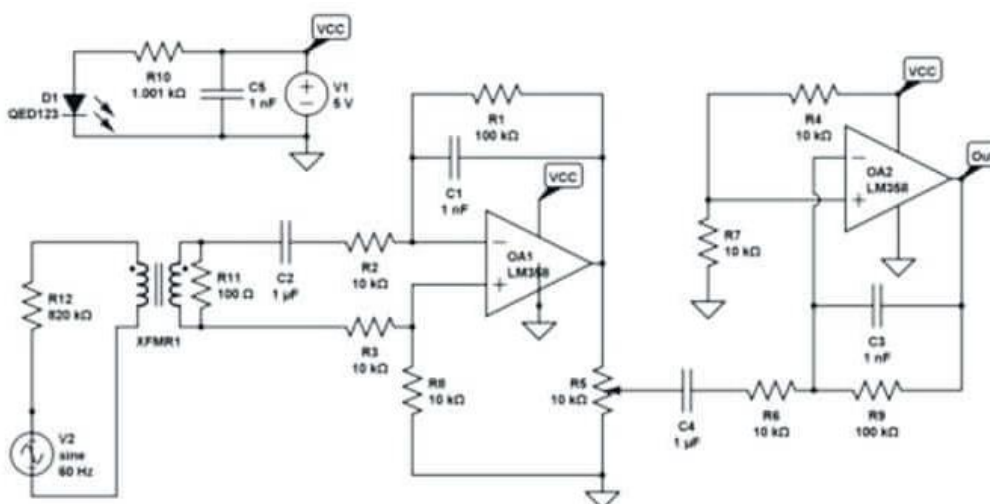


Figura 49: Diagrama Electrónico del módulo ZMPT101B

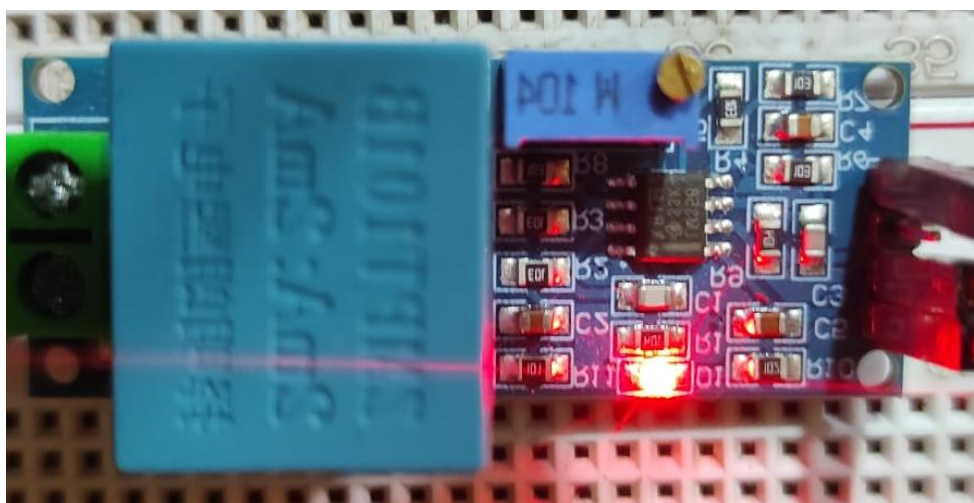


Figura 50: Implementación del módulo ZMPT101B

#### 4.1.7.2. Preparación del módulo ZMPT101B

El módulo que estoy usando, se llama ZMPT101B, pero en realidad este es el nombre del transformador tiene un amplificador LM358.

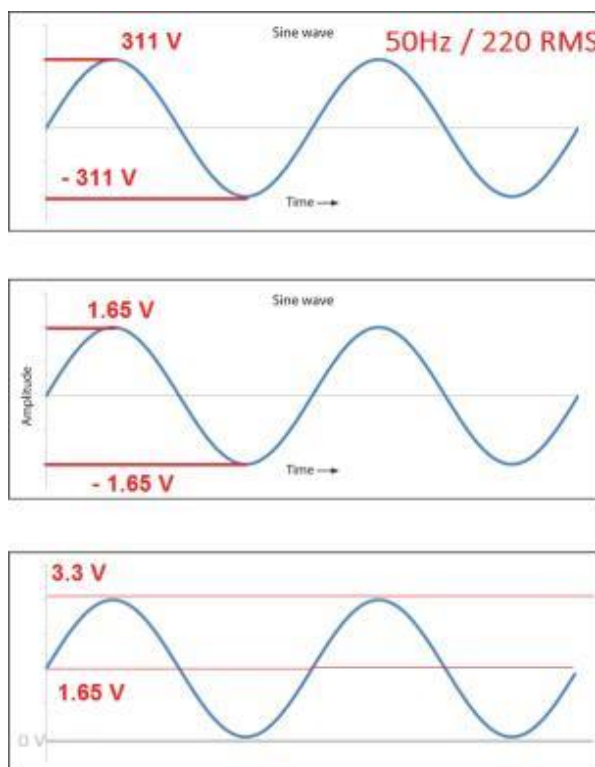


Figura 51: Señal del ZMPT101B al Esp32 Pico D4

Dependiendo de la placa que esté utilizando, el voltaje de salida será diferente y también el desplazamiento; para Arduino, los extremos fueron 0 y 5 V con un desplazamiento de 2,5 V.

Para el ESP8266, los extremos son 0 y 3,3 V con un desplazamiento de 1,65 V.

Es por eso que el módulo es bueno, toma una señal que, y la adaptará sin perder su forma, lo cual es muy importante para una medición TrueRMS.

#### 4.1.7.3. Programa del módulo ZMPT101B

1. Para la comunicación del TTGO LORA 32 V2.1-1.6 con el módulo ZMPT101B es necesario la instalación de una librería de control dentro del IDE de Arduino siguiendo los siguientes pasos:

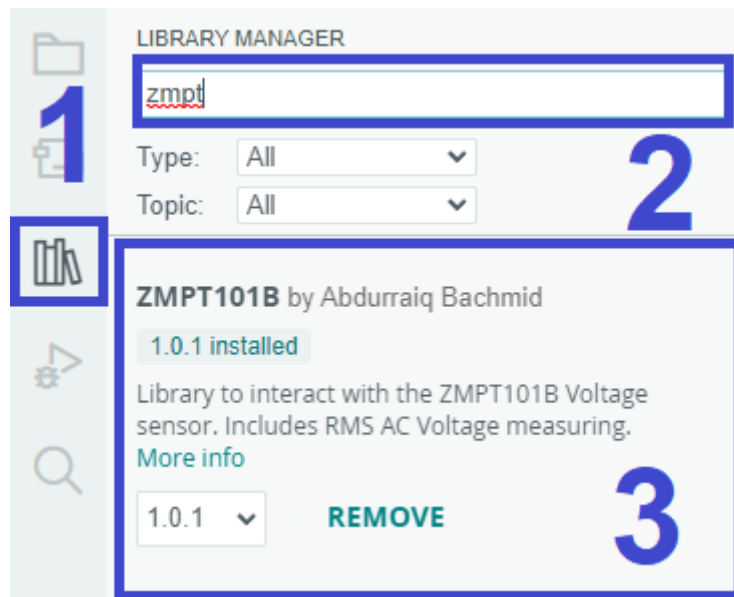


Figura 52: Instalación de librería ZMPT101B

2. Para la configuración de los pines fue necesario realizar la inicialización y puesta en marcha los pines de necesarios según la documentación del TTGO LORA 32 V2.1-1.6.

```
#include "ZMPT101B.h"  
ZMPT101B voltageSensor(34);  
voltageSensor.setSensitivity(0.0025);  
voltageSensor.setZeroPoint(zeroPointV);
```

Figura 53: Programa de inicialización del módulo ZMPT101B

#### 4.1.7.4. Diagrama de bloque de la inicialización del módulo ZMPT101B

Para la configuración se debe seguir los siguientes pasos:

1. Descargar la librería para la pantalla "ZMPT101B.h" de <https://github.com/Abdurraiq/ZMPT101B-arduino>
2. Declarar el pin analógico 34
3. Configura el punto cero iniciales

## 4. Inicializa la sensibilidad

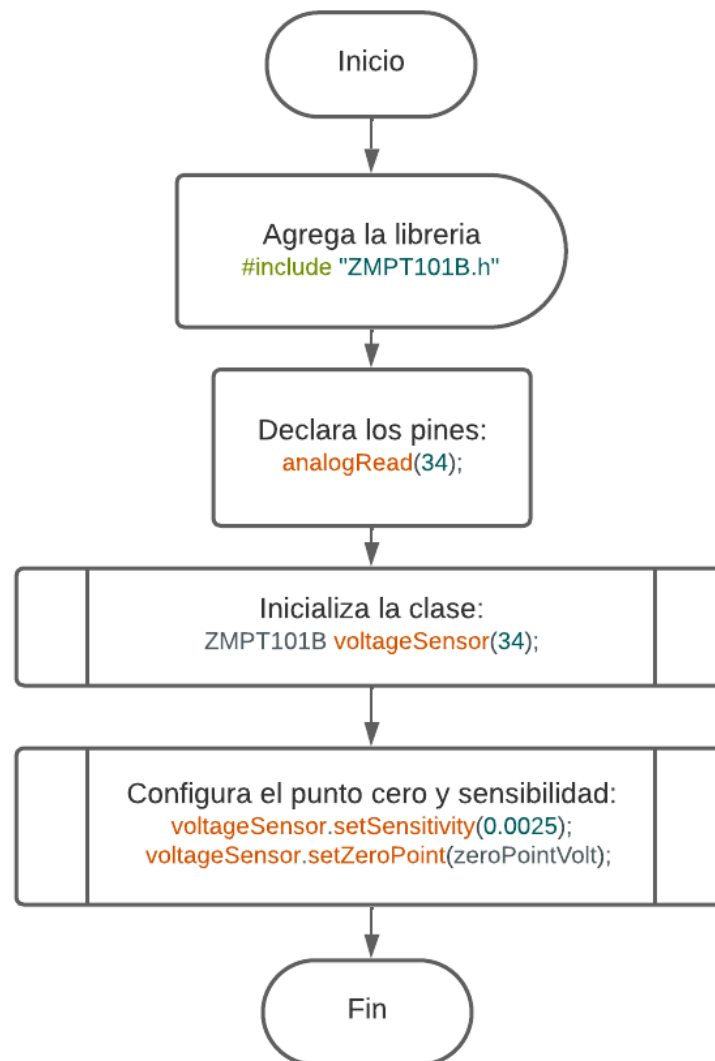


Figura 54: Diagrama de bloques del módulo ZMPT101B

### 4.1.8. Configuración del módulo StepUp XL6009

Para el control de los sensores de corriente y voltaje los cuales funcionan a 5V, pero la batería Li-Ion suministra de 3.7 a 4.2v por lo cual es necesario un circuito para subir su voltaje.

#### 4.1.8.1. Diagrama electrónico del módulo StepUp XL6009

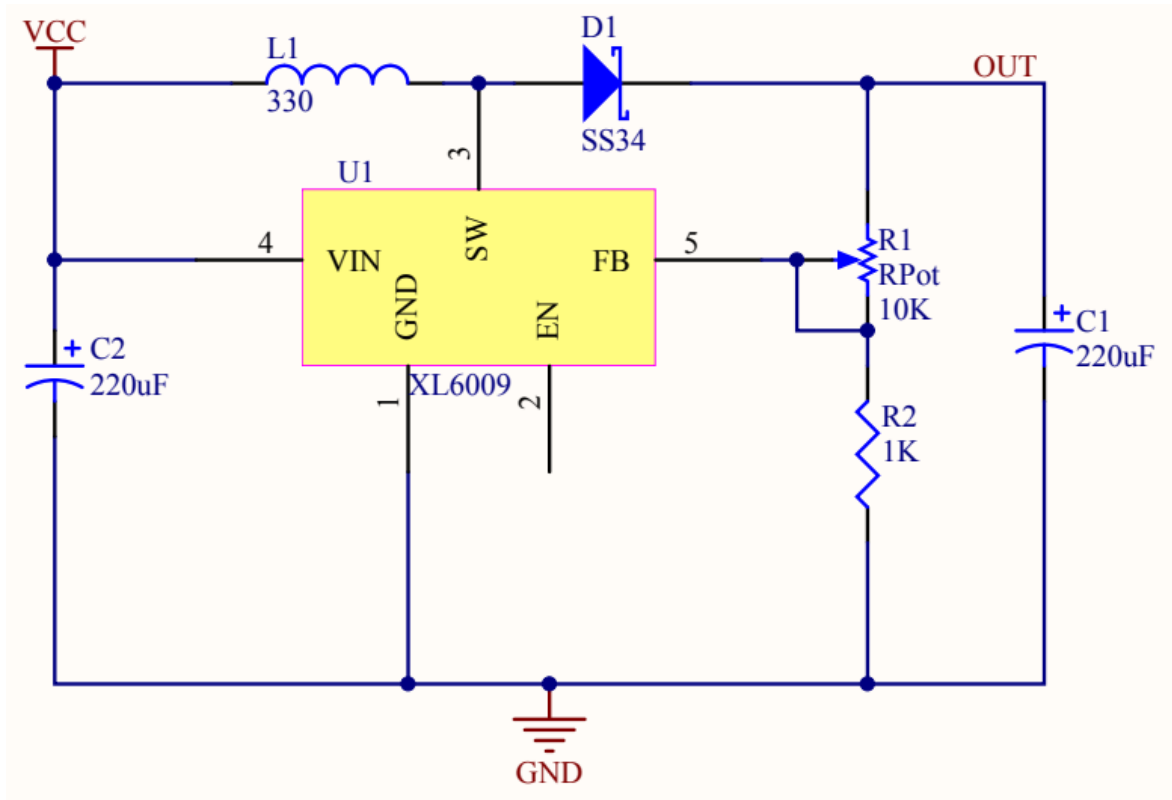


Figura 55: Diagrama Electrónico del módulo StepUp XL6009



Figura 56: Implementación del módulo StepUp XL6009

## 4.2. DISPOSITIVO DE CENTRALIZACIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Para la elaboración del prototipo de monitoreo de consumo de energía eléctrica mediante comunicación por radio frecuencia RF fue necesario contar con los siguientes componentes electrónicos:

1. Esp32 Pico D4
2. Pantalla OLED 0.97"
3. Modulo SD Card
4. Modulo LORA
5. Módulo de carga de Batería Li-Ion 3.7v

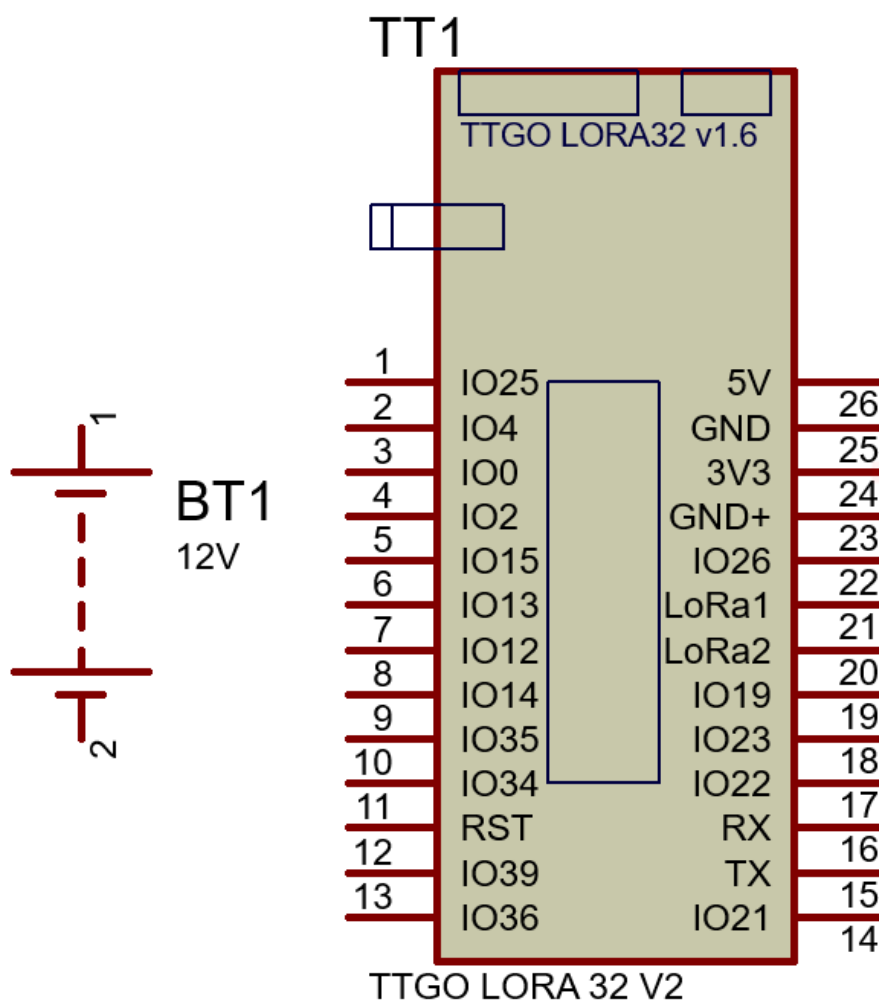


Figura 57: Diagrama Electrónico general

## 4.2.1. Configuración del Esp32 Pico D4

El chip Esp32 Pico d4 fue seleccionado ya que cuenta con la capacidad interna de tener pines para comunicación RF con un clock interno, además de una resolución de 12 Bit para tener una mayor precisión de los datos, el cual tiene como características:

- ❖ Voltaje de operación 3.3v
- ❖ Interfaz I2C para la pantalla OLED
- ❖ Interfaz SPI para el módulo LORA
- ❖ Interfaz HSPI para el lector SD Card
- ❖ Pines de operación, 34 para el módulo lector de voltaje
- ❖ Pines de operación, 36 para el módulo lector de corriente

### 4.2.1.1. Diagrama electrónico del Esp32 Pico D4

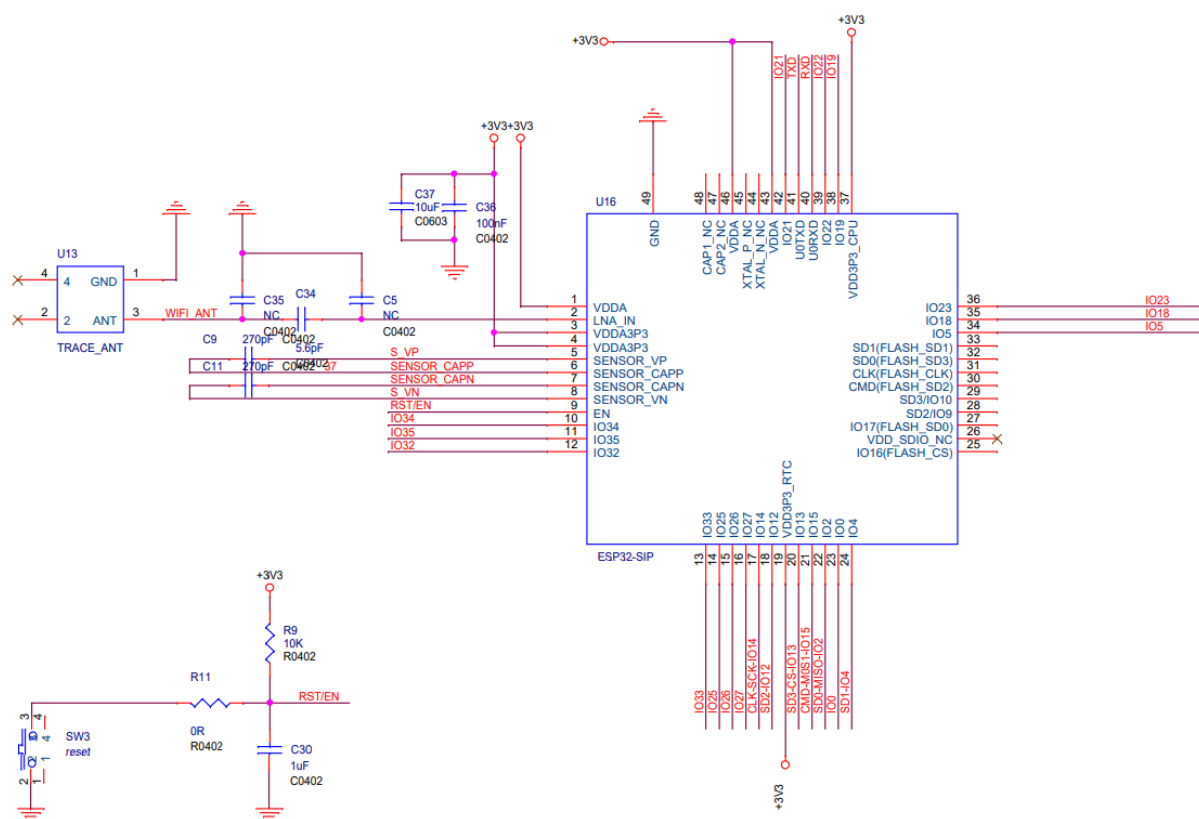


Figura 58: Diagrama Electrónico del Esp32 Pico D4



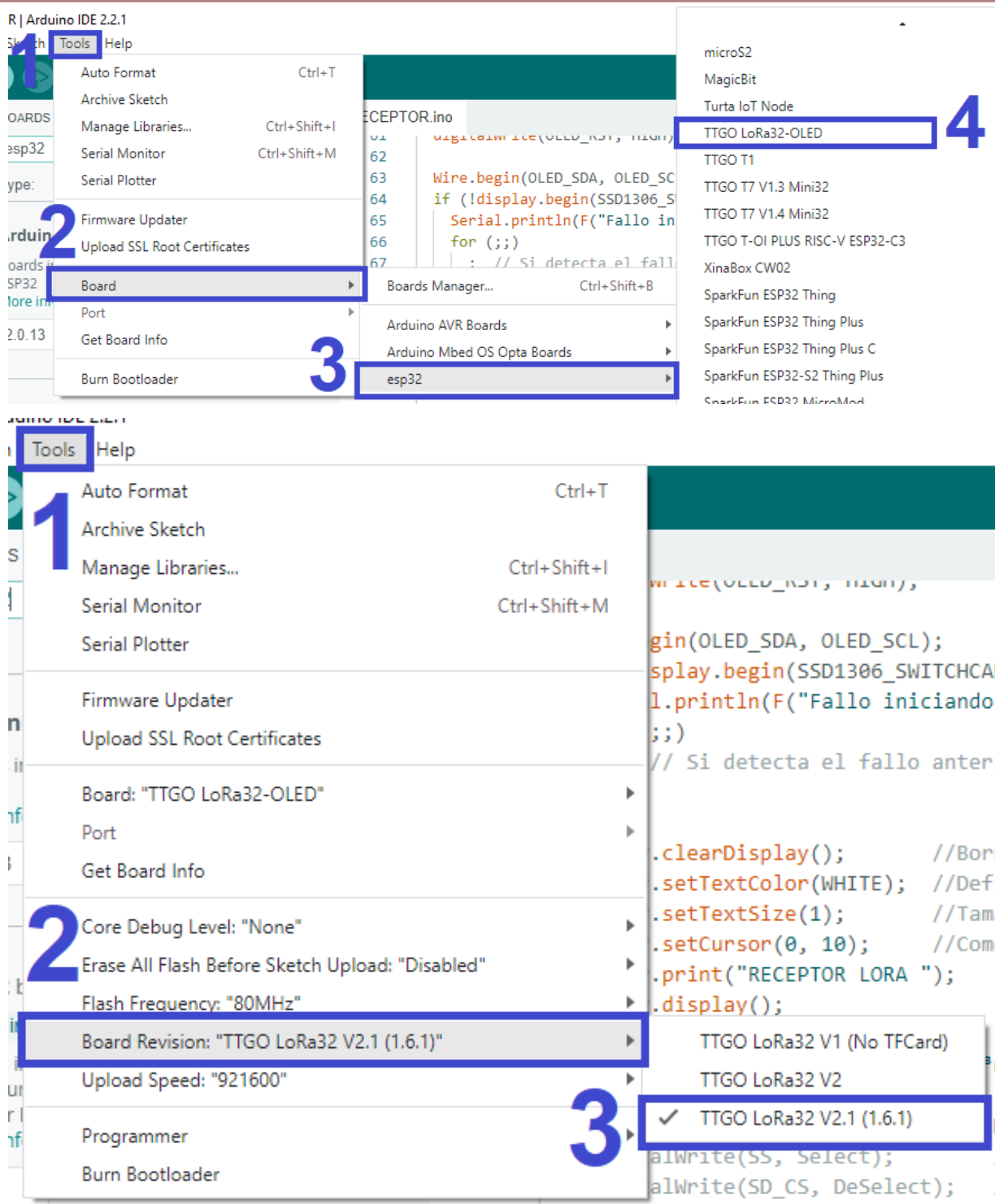


Figura 61: Selección del modelo del TTGO LORA 32 V2.1-1.6

#### 4.2.1.3. Diagrama de bloques de la preparación

Para comenzar la preparación de la tarjeta, TTGO LORA 32 V2.1-1.6 es necesario seguir los siguientes pasos:

4. Instalar el IDE 2.2.1 desde: <https://www.arduino.cc/en/software>

5. Instalar la librería Esp32: <https://github.com/topics/esp32-ttgo>
6. Instalar la librería de la tarjeta: <https://github.com/LilyGO/TTGO-LORA32>

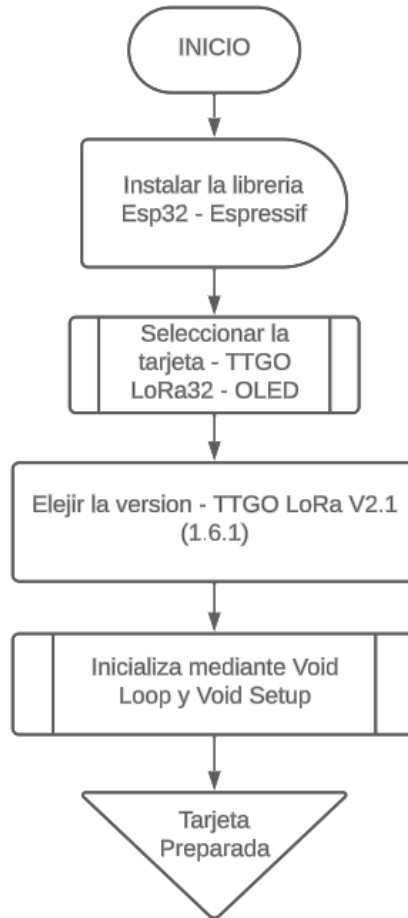


Figura 62: Diagrama de bloques de la previa instalación de la tarjeta TTGO LORA 32 V2.1-1.6

### 4.2.2. Configuración de la pantalla OLED 0.97"

La pantalla oled de 0.97" es una pantalla con la capacidad de poder mostrar datos en una pantalla de 128x64 pixeles los cuales deben de ser integrado al TTGO LORA 32 V2.1-1.6 el cual tiene como características:

- ❖ Voltaje de operación de 3.3v
- ❖ Pines de conexión, SDA pin 21 y SCL pin 22
- ❖ Protocolo de comunicación I2C

#### 4.2.2.1. Diagrama electrónico de la pantalla OLED 0.97"

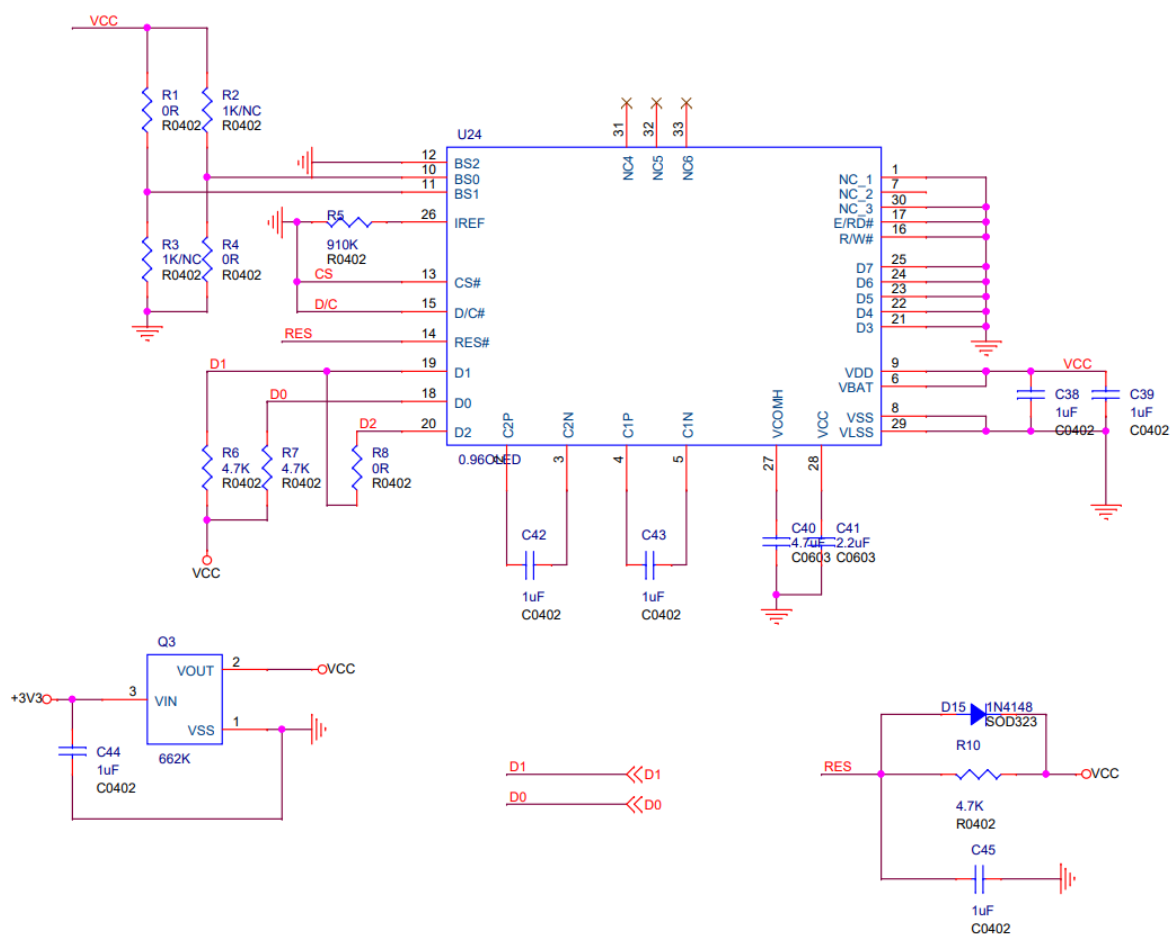


Figura 63: Diagrama Electrónico de la pantalla OLED 0.97"

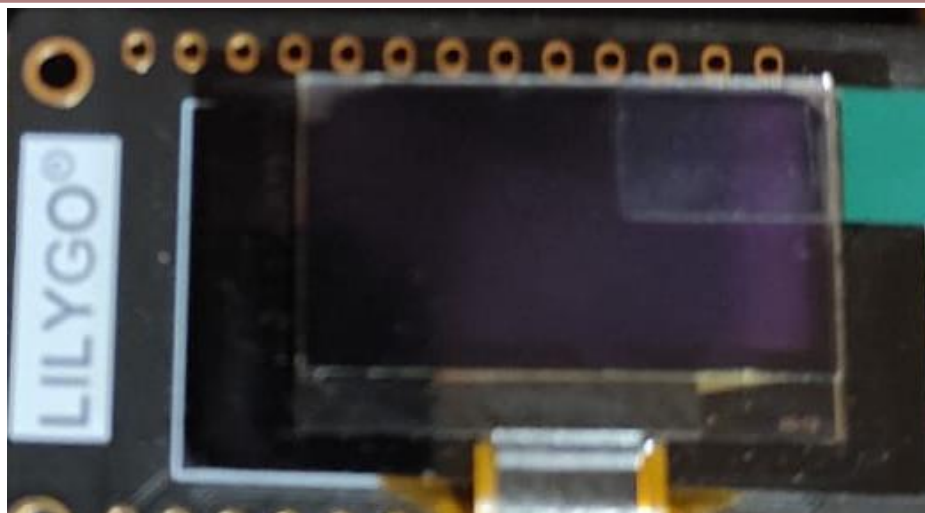


Figura 64: Implementación de la pantalla OLED 0.97"

#### 4.2.2.2. Programa de la pantalla OLED 0.97"

3. Para la comunicación del TTGO LORA 32 V2.1-1.6 con la pantalla OLED integrada es necesario la instalación de una librería de control dentro del IDE de Arduino siguiendo los siguientes pasos:

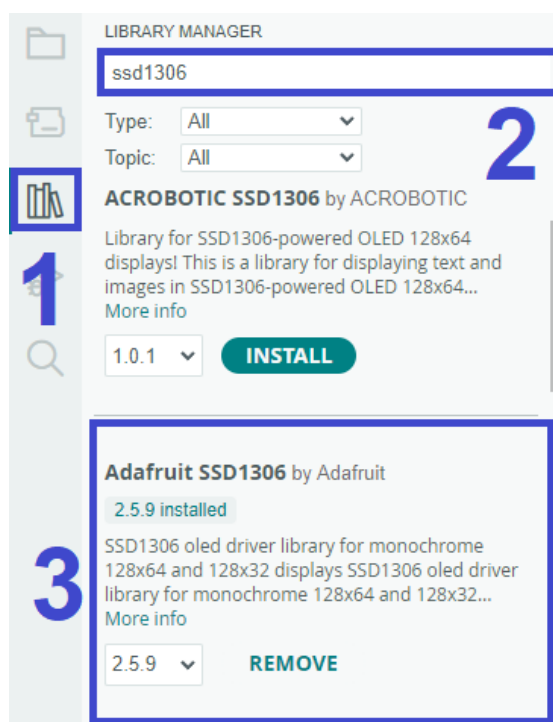


Figura 65: Instalación de librería SSD1306 para la pantalla OLED

4. Para la configuración de los pines fue necesario realizar la inicialización y puesta en marcha de los pines de necesarios según la documentación del TTGO LORA 32 V2.1-1.6.

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
//PINES - PANTALLA OLED
#define ANCHOPANTALLA 128 // El ancho de la pantalla en pixeles es de 128px
#define ALTOPANTALLA 64 // El ancho de la pantalla en pixeles es de 64px
#define OLED_SDA 21
#define OLED_SCL 22
#define OLED_RST 22
Wire.begin(OLED_SDA, OLED_SCL); //inicia OLED
if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3c, false, false)) { // 0x3C representa 128x32
  Serial.println(F("Fallo iniciando SSD1306"));
  for (;;)
    ; // Si detecta el fallo anterior, detiene el código aquí hasta que se reinicie
}
```

Figura 66: Programa de inicialización de la pantalla OLED

#### 4.2.2.3. Diagrama de bloques de la inicialización de la pantalla

Para la configuración se debe seguir los siguientes pasos:

5. Descargar la librería para la pantalla "OLED 0.97" de <https://github.com/LilyGO/ESP32-OLED0.96-ssd1306>
6. Incluir las librerías Wire, GFX y SSD1306
7. Declarar los pines a utilizar SDA y SCL siendo los pines 21 y 22 respectivamente.
8. Inicializa la pantalla mediante el comando Wire.begin()

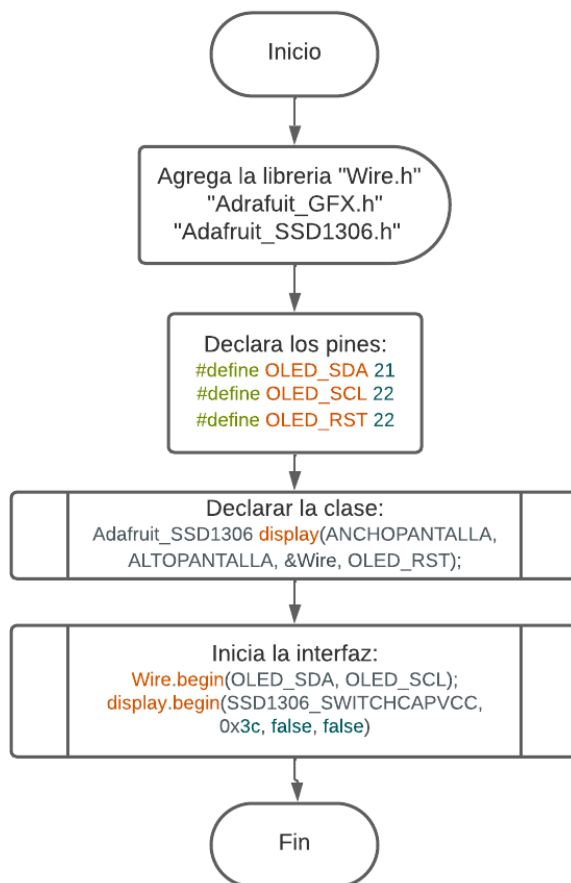


Figura 67: Diagrama de bloques para la pantalla OLED

### 4.2.3. Configuración del Módulo SD Card

El modulo SD Card es la encargada de guardar información para poder almacenar los datos de Voltaje, Corriente, Potencia y Energía, la cual será almacenada en una SD Card de 8GB, la cual tiene como características:

- ❖ Voltaje de operación de 3.3v
- ❖ Protocolo de comunicación SPI
- ❖ Pines de Conexión, siendo CS pin 13, MOSI pin 15, SCK pin 14 y MISO pin 2.

#### 4.2.3.1. Diagrama electrónico del módulo SD Card

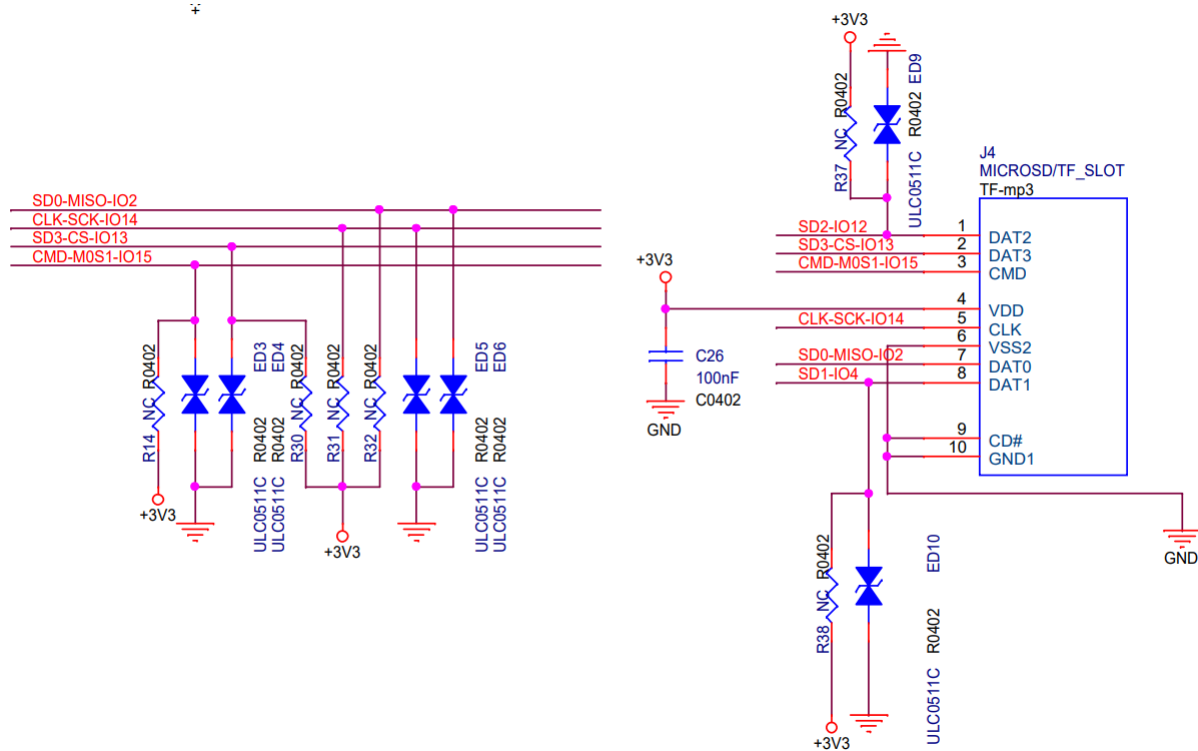


Figura 68: Diagrama Electrónico del módulo SD Card



Figura 69: Implementación del módulo de SD Card

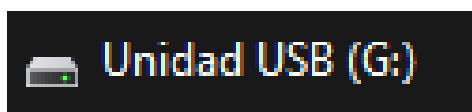
#### 4.2.3.2. Preparación de la MicroSD

Para que la tarjeta sea reconocida por el lector es necesario formatearla en el formato FAT32 para ello es necesario ejecutar los siguientes pasos:

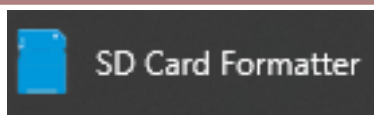


Figura 70: MicroSD Kingston

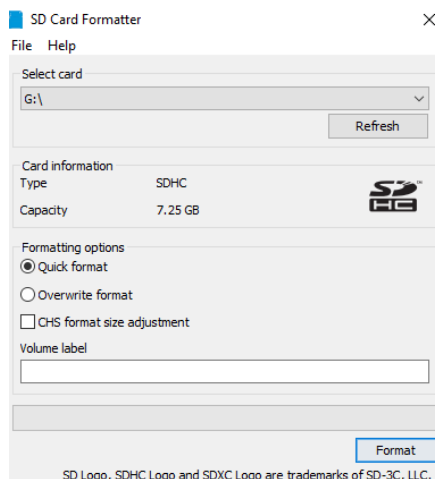
- 4) Insertar la SD para que sea reconocido por la PC



- 5) Ejecutar el software SD CARD Formatter



6) Seleccionar la unidad a formatear y click en FORMATEAR



#### 4.2.3.3. Programa del módulo SD Card

3. Para la comunicación del TTGO LORA 32 V2.1-1.6 con la micro SD integrada es necesario la instalación de una librería de control dentro del IDE de Arduino siguiendo los siguientes pasos:

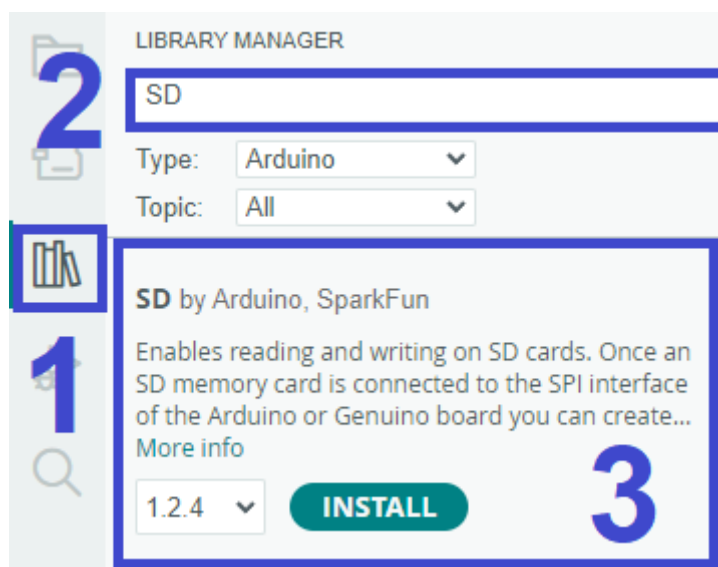


Figura 71: Instalación de librería SD para la microSD

4. Para la configuración de los pines fue necesario realizar la inicialización y puesta en marcha los pines de necesarios según la documentación del TTGO LORA 32 V2.1-1.6.

```
//Librerías para LoRa
#include <LoRa.h>

#include "FS.h"
#include <SD.h>
#include <SPI.h>
//Configuración de SD Card
#define USE_SD_CARD
#define SD_CLK 14
#define SD_MISO 2
#define SD_MOSI 15
#define SD_CS 13
#define Select LOW // Low CS means that SPI device Selected
#define DeSelect HIGH // High CS means that SPI device Deselected

SPIClass hspi = SPIClass(HSPI);
File myFile;
hspi.begin(SD_CLK, SD_MISO, SD_MOSI, SD_CS); //Definimos pines SPI
//digitalWrite(SS, DeSelect); // SELECT LORA
//digitalWrite(SD_CS, Select); // SELECT LORA
#if defined(USE_SD_CARD)
  if (!SD.begin(SD_CS, hspi)) {
    Serial.println(F("SD CARD FAILED, OR NOT PRESENT!"));
    while (1)
      ; // stop the program
  }
#else
  // SPI or QSPI flash requires two steps, one to access the bare flash
  // memory itself, then the second to access the filesystem within...
  if (!flash.begin()) {
    Serial.println(F("flash begin() failed"));
    for (;;)
      ;
  }
  if (!filesystem.begin(&flash)) {
    Serial.println(F("filesystem begin() failed"));
    for (;;)
      ;
  }
#endif
#endif
```

Figura 72: Programa de inicialización del módulo SD Card

#### 4.2.3.4. Diagrama de bloque de la inicialización del módulo SD Card

Para la configuración se debe seguir los siguientes pasos:

5. Descargar la librería para la pantalla "SD.h" de <https://github.com/arduino-libraries/SD>

<https://github.com/arduino/ArduinoCore-avr/blob/master/libraries/SPI/src/SPI.h>

6. Declarar los pines a utilizar CS, MOSI, SCK y MISO para el módulo TTGO LORA 32 V2.1-1.6
7. Configura el lector denominada SD
8. Inicializa la pantalla mediante el comando "SD.begin()"

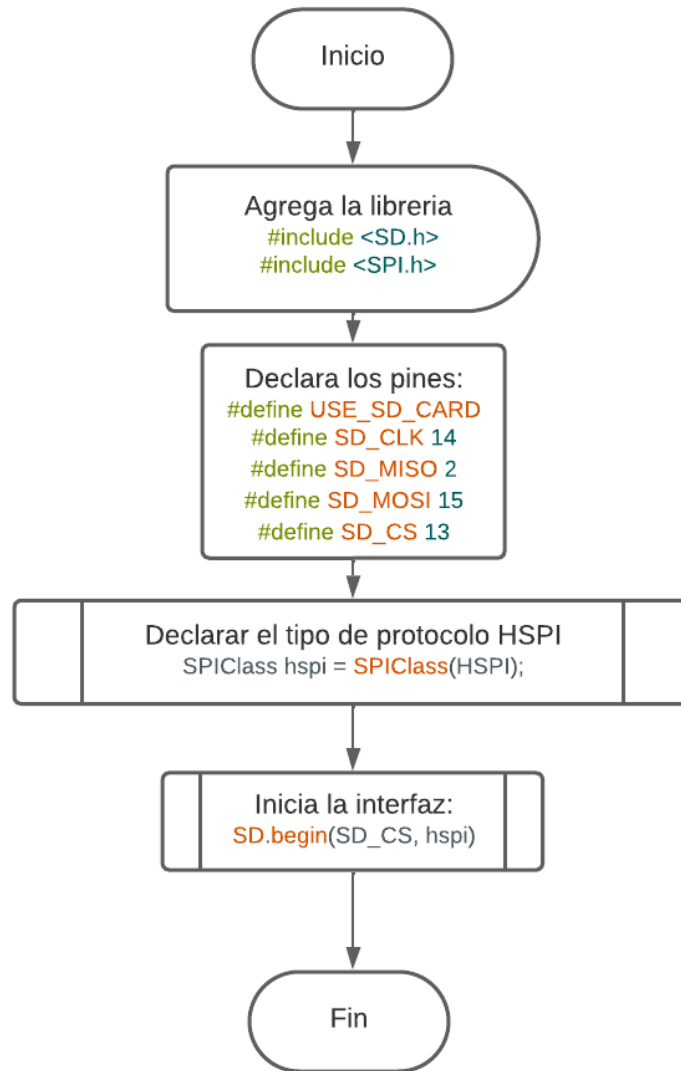


Figura 73: Diagrama de bloques del módulo SD Card

## 4.2.4. Configuración del módulo LoRa

El módulo LoRa es la encargada de enviar los datos de Voltaje, Corriente, Potencia y Energía mediante radio frecuencia RF (915 Mhz), la cual será enviada hacia el dispositivo receptor, el cual tiene como características:

- ❖ Voltaje de operación de 3.3v
- ❖ Protocolo de comunicación SPI
- ❖ Pines de conexión, siendo MOSI pin 27, SCLK pin 5, CS pin 18, DIO pin 26, RST pin 23 y MISO pin 19

### 4.2.4.1. Diagrama electrónico del módulo LoRa

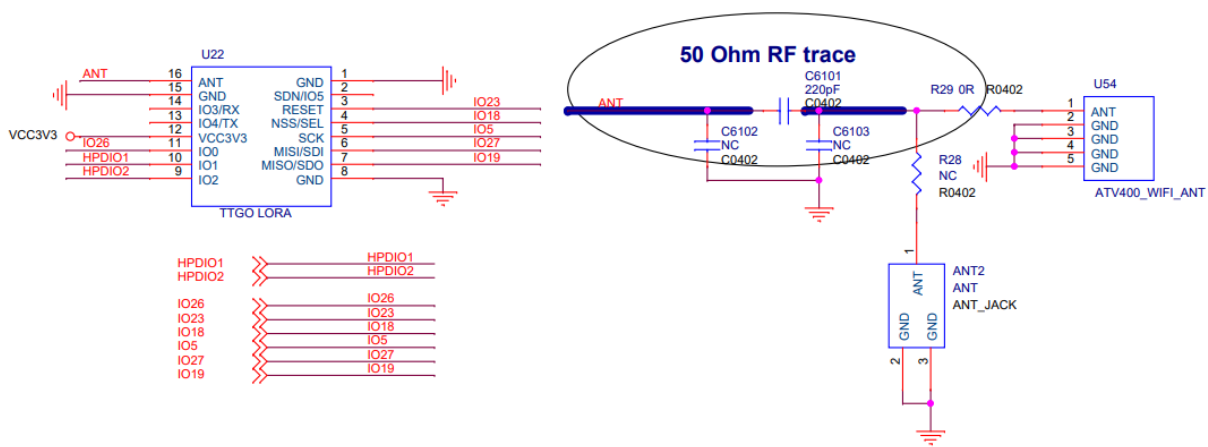


Figura 74: Diagrama Electrónico del módulo LoRa



Figura 75: Implementación del módulo LoRa

#### 4.2.4.2. Programa del módulo LoRa

3. Para la comunicación del TTGO LORA 32 V2.1-1.6 con el módulo LoRa integrada es necesario la instalación de una librería de control dentro del IDE de Arduino siguiendo los siguientes pasos:

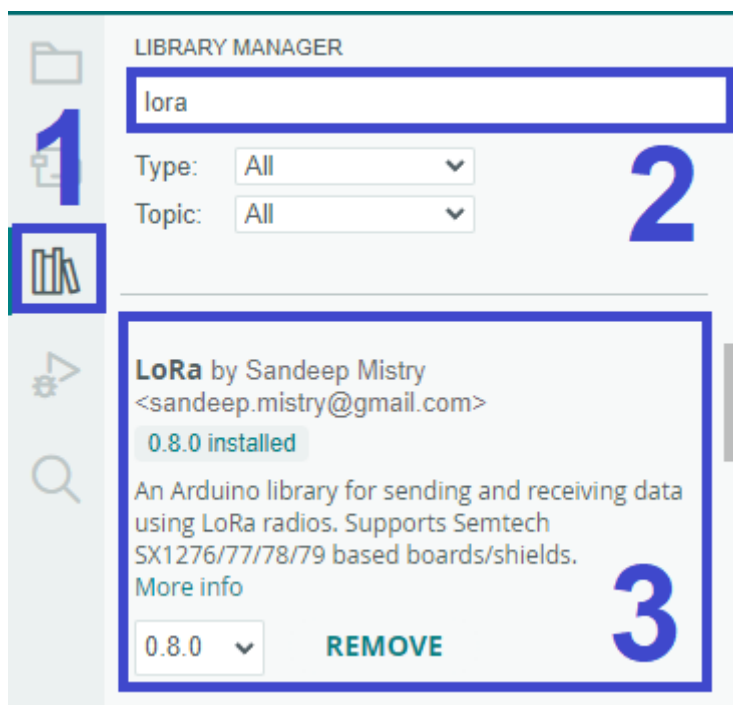


Figura 76: Instalación de librería LoRa

4. Para la configuración de los pines fue necesario realizar la inicialización y puesta en marcha los pines de necesarios según la documentación del TTGO LORA 32 V2.1-1.6.

```
//Librerías para LoRa
#include <LoRa.h>
//PINES - LORA
#define SCK 5
#define MISO 19
#define MOSI 27
#define SS 18
#define RST 23
#define DIO0 26

//Aquí definimos una frecuencia
#define BAND 915E6
//-----
SPI.begin(SCK, MISO, MOSI, SS); //Definimos pines SPI
//digitalWrite(SS, Select); // SELECT LORA
//digitalWrite(SD_CS, DeSelect); // DESELECT LORA
LoRa.setPins(SS, RST, DIO0); //Configuramos el LoRa para enviar

if (!LoRa.begin(BAND)) { //Intenta transmitir en la banda elegida
  Serial.println("Error iniciando LoRa"); //Si no puede transmitir, marca error
  while (1)
  | ;
}
Serial.println("Inicio exitoso de LoRa!"); //Mensaje de todo bien en puerto serial
display.setCursor(0, 30);
display.print("Inicio exitoso de LoRa!"); //Mensaje de todo bien en pantalla OLED
display.display();
delay(2000); //Esperamos un par de segundos
digitalWrite(25, LOW);
```

Figura 77: Programa de inicialización del módulo LoRa

#### 4.2.4.3. Diagrama de bloque de la inicialización del módulo LoRa

Para la configuración se debe seguir los siguientes pasos:

5. Descargar la librería para la pantalla "LoRa.h" de <https://github.com/sandeepmistry/arduino-LoRa>
6. Declarar los pines a utilizar MOSI pin 27, SCLK pin 5, CS pin 18, DIO pin 26, RST pin 23 y MISO pin 19
7. Configura el módulo LoRa con SPI.begin()
8. Inicializa la pantalla mediante el comando LoRa.begin()

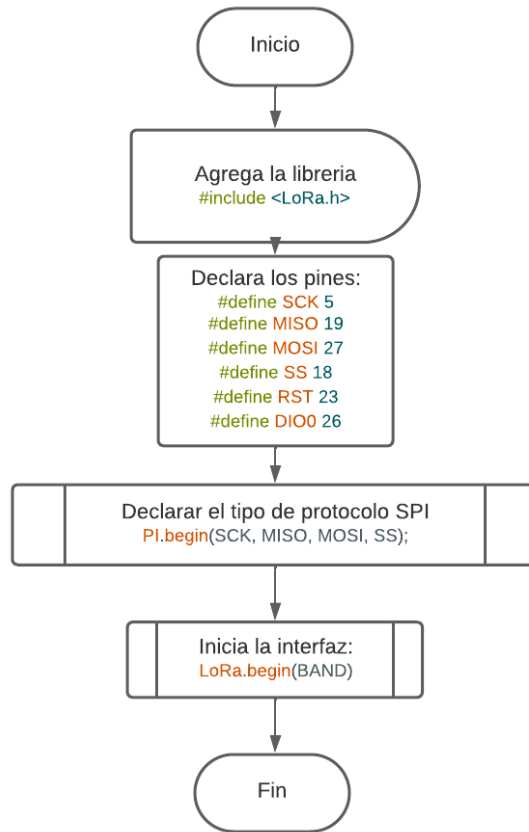


Figura 78: Diagrama de bloques del módulo LoRa

## 4.2.5. Configuración del módulo de carga de la batería Li-Ion

El embebido TTGO LORA 32 V2.1-1.6 cuenta con un modulo encargado cargar y descargar una batería de tipo Li-Ion de 3.7-4.2v, el cual tiene la capacidad de cargar la batería por medio puerto USB.

### 4.2.5.1. Diagrama electrónico del módulo de carga de la batería Li-Ion

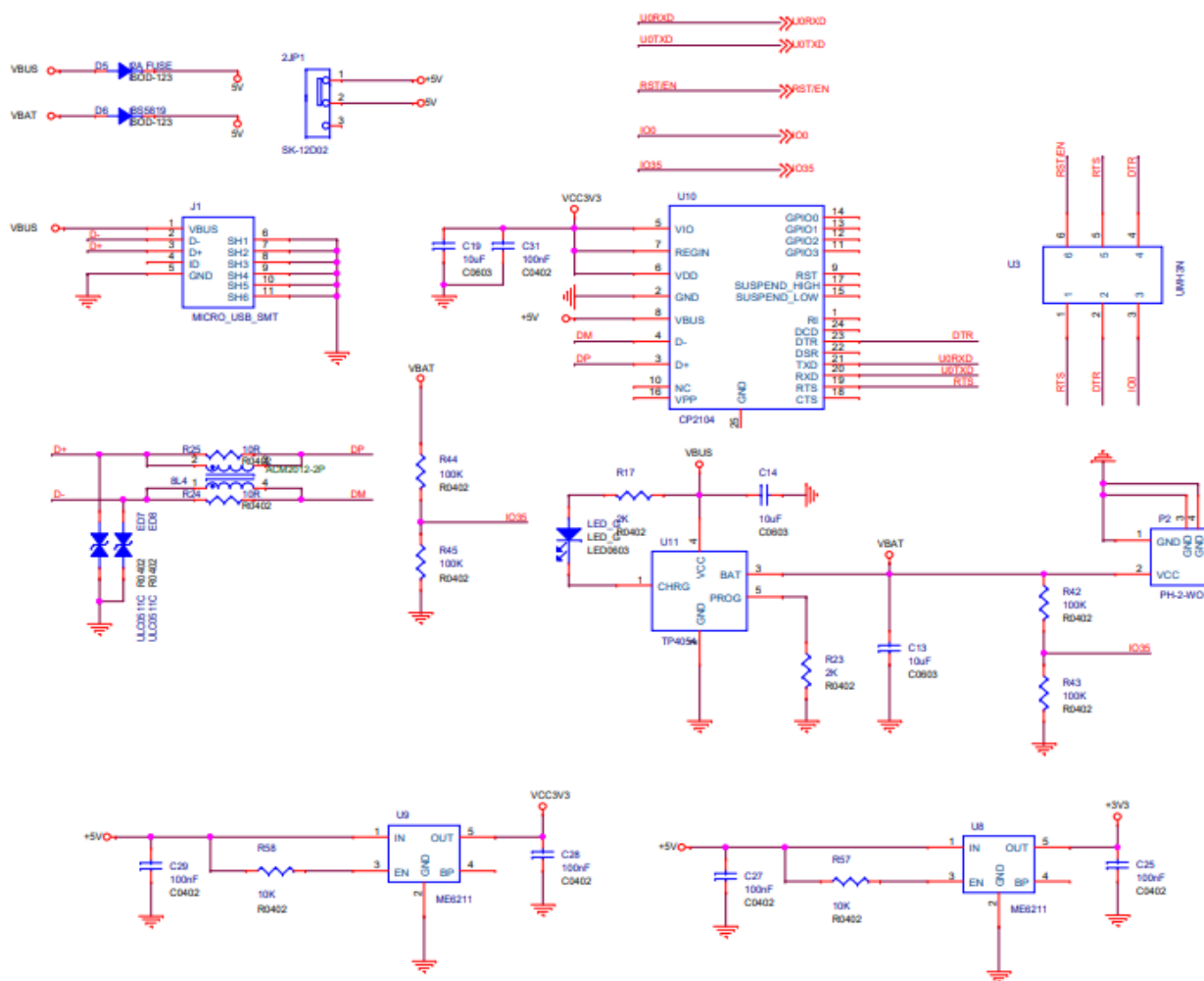


Figura 79: Diagrama Electrónico del módulo de carga de la batería Li-Ion



Figura 80: Implementación del módulo de carga de la batería Li-Ion

## V. RESULTADOS

### 5.1. Elaboración del módulo de monitoreo

#### 5.1.1. Primer Prototipo

Para el 1er prototipo, en el cual se verifico el funcionamiento y comunicación entre los componentes se utilizó como medio un Protoboard para verificar su correcto funcionamiento y estabilidad corriente y voltaje, para lo cual se utilizó:

1. Esp32 Pico D4
2. Pantalla OLED 0.97"
3. Modulo SD Card
4. Modulo LORA
5. Módulo de carga de Batería Li-Ion 3.7v
6. Modulo ACS712T 05B
7. Modulo ZMPT101B
8. Modulo StepUp XL6009

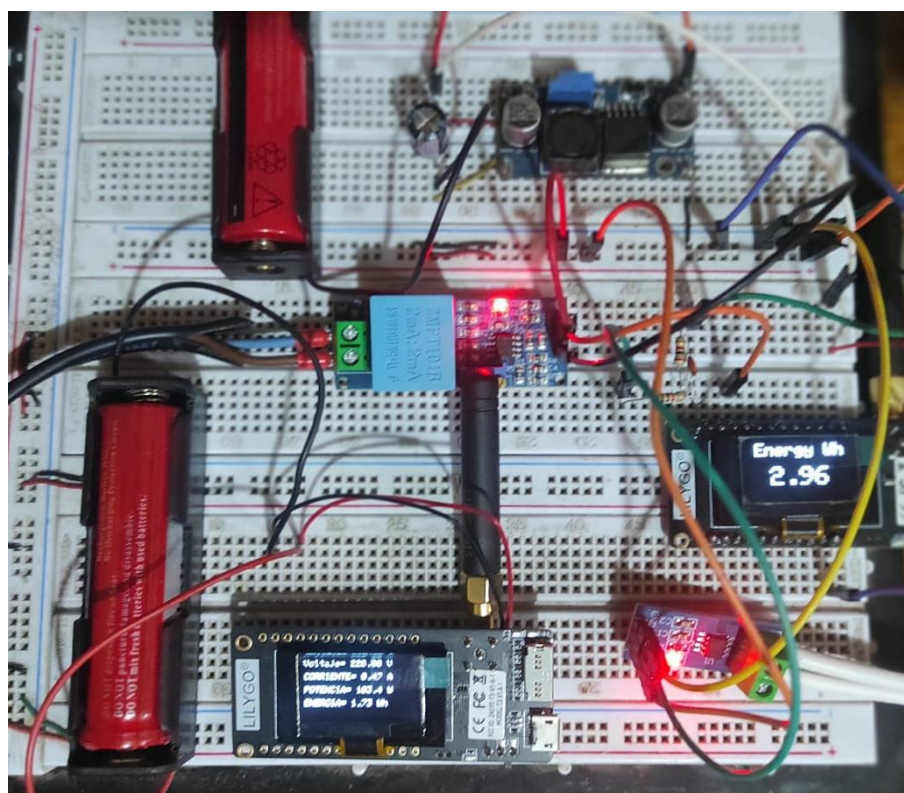


Figura 81: Primer prototipo del módulo de monitoreo

### 5.1.2. Segundo Prototipo

Para el 2do prototipo, en el cual se redujo el tamaño del prototipo utilizando módulos fáciles de adquirir y se desarrolló un circuito en baquelita realizado en el software Proteus, además se corroboró que los componentes no presentar dificultades tanto de suministro de energía eléctrica como de comunicación entre modulo, para lo cual se utilizó:

1. Esp32 Pico D4
2. Pantalla OLED 0.97"
3. Modulo SD Card
4. Modulo LORA
5. Módulo de carga de Batería Li-Ion 3.7v
6. Modulo ACS712T 05B
7. Modulo ZMPT101B
8. Modulo StepUp XL6009

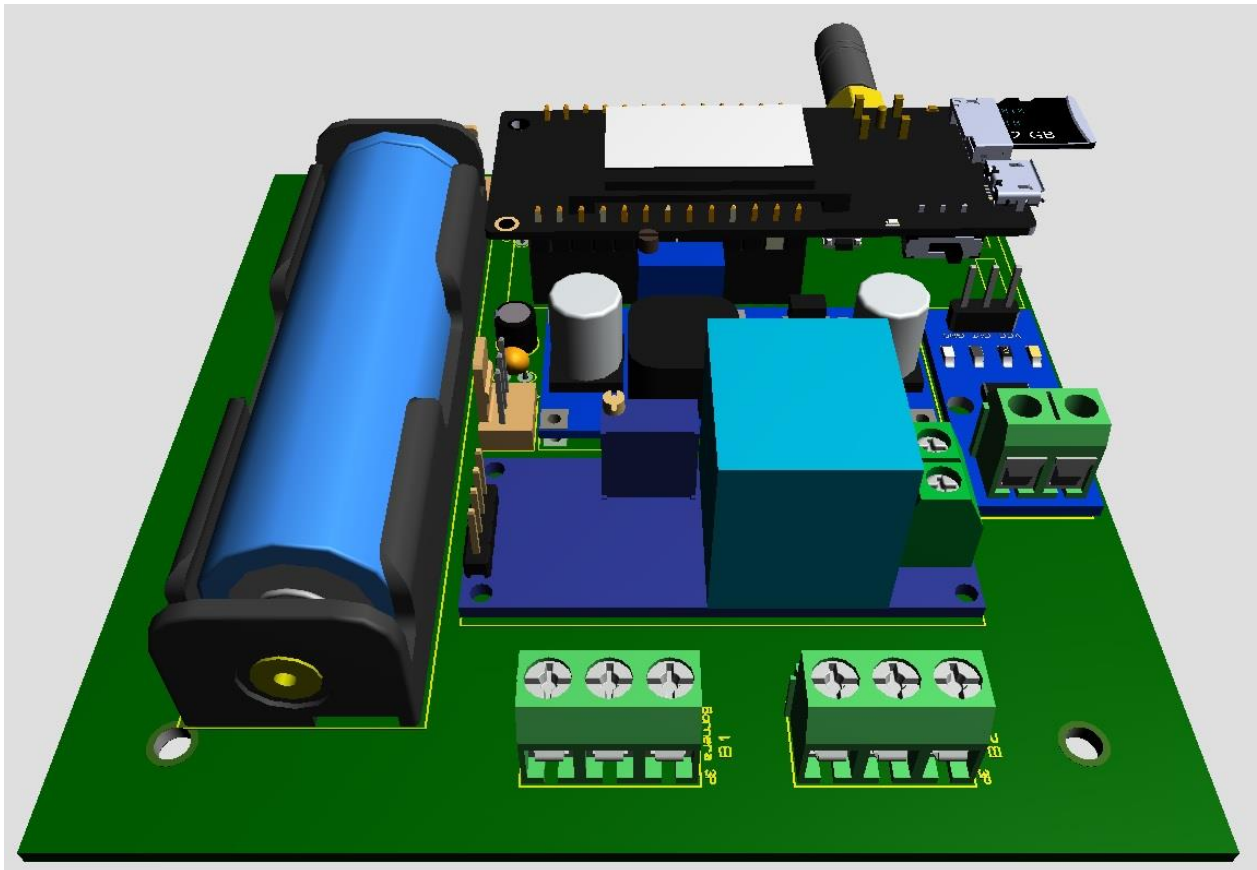


Figura 82: Segundo prototipo del módulo de monitoreo

### 5.1.3. Tercer prototipo

Para el 3er prototipo, en el cual se redujo aún más el tamaño del prototipo utilizando módulos fáciles de adquirir y se desarrolló un circuito en

baquelita realizado en el software Proteus, además se agregó un acabado con protección UV de color verde para evitar ruido o estática y evitar la corrosión en el tiempo, además se corroboró que los componentes no presentaran dificultades tanto de suministro de energía eléctrica como de comunicación entre módulos, para lo cual se utilizó:

1. Esp32 Pico D4
2. Pantalla OLED 0.97"
3. Modulo SD Card
4. Modulo LORA
5. Módulo de carga de Batería Li-Ion 3.7v
6. Modulo ACS712T 05B
7. Modulo ZMPT101B
8. Modulo StepUp XL6009

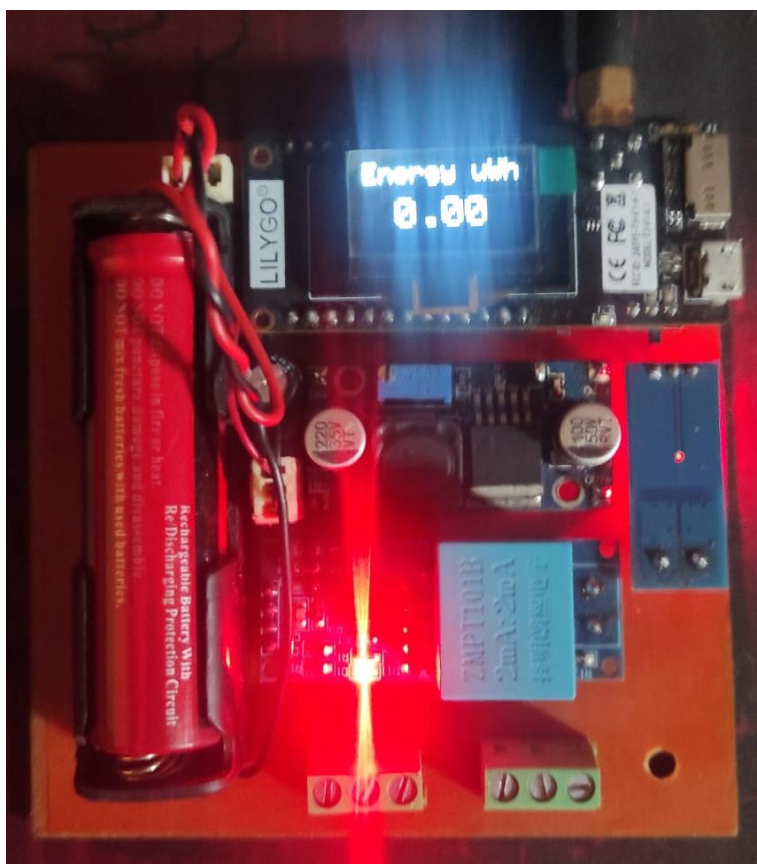


Figura 83: Tercer prototipo del módulo de monitoreo

#### 5.1.4. Mecanización del Case para los Módulos

Para tener una cobertura sólida y una mejor presentación de los Módulos se optó por realizar un case, el cual fue diseñado mediante un software

de modelado 3D y su posterior fabricación mediante Impresión 3D (Creality CR 10), para lo cual se requirió:

1. Filamento negro PLA de 1.75 mm
2. Pernos M3
3. Tevo Tornado

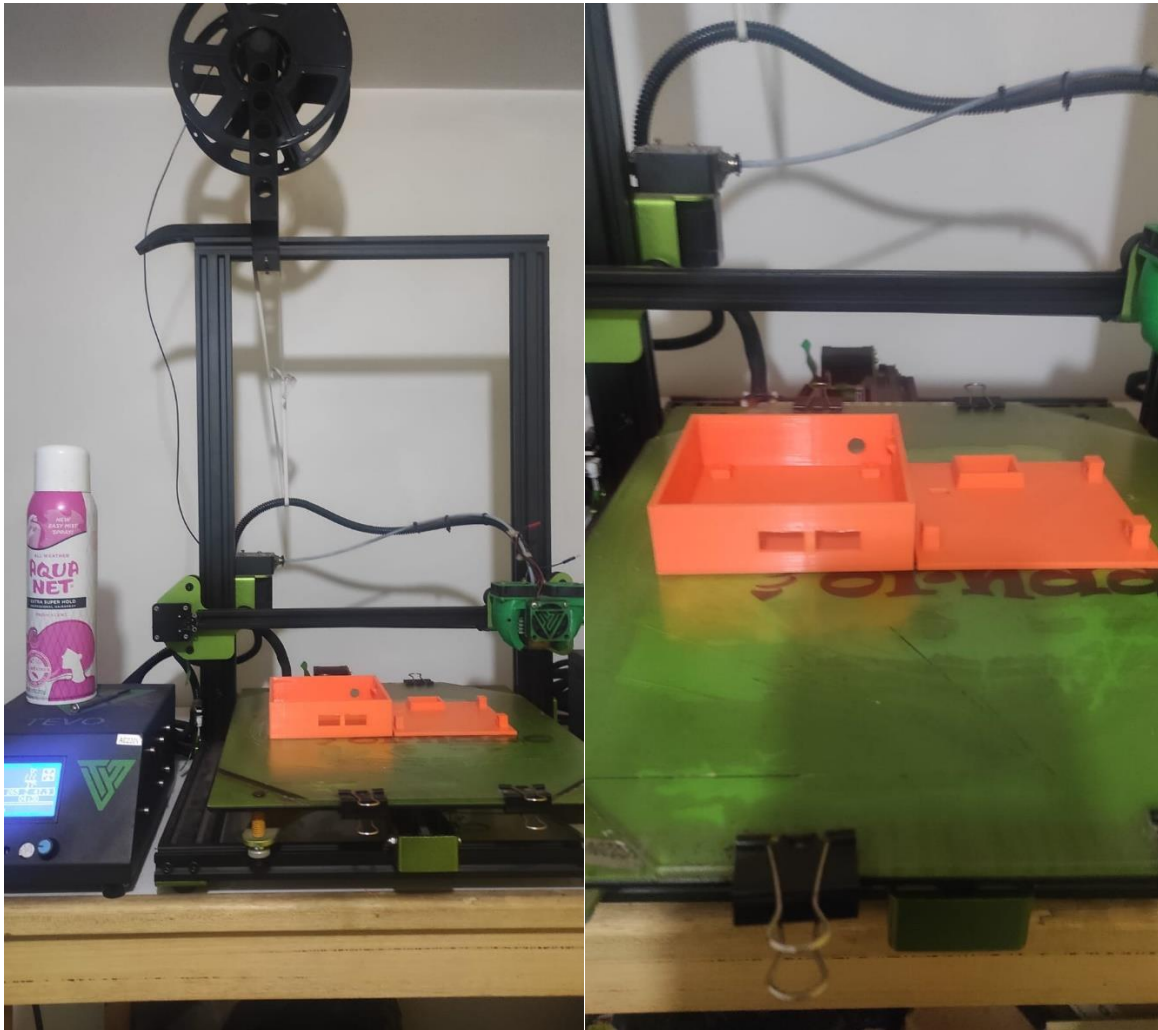


Figura 84: Case fabricado por Impresión 3D – Tevo Tornado

### 5.1.5. Modulo Final del módulo de monitoreo

Para el prototipo final, en el cual se redujo aún más el tamaño del prototipo utilizando módulos fáciles de adquirir y se desarrolló un circuito en baquelita realizado en el software Proteus, además se corroboró que los componentes no presentar dificultades tanto de suministro de energía eléctrica como de comunicación entre modulo, para lo cual se utilizó:

1. Esp32 Pico D4
2. Pantalla OLED 0.97"
3. Modulo SD Card
4. Modulo LORA
5. Módulo de carga de Batería Li-Ion 3.7v
6. Modulo ACS712T 05B
7. Modulo ZMPT101B
8. Modulo StepUp XL6009
9. Case 3D – PLA



Figura 85: Prototipo Final del módulo de monitoreo

## 5.2. Diagrama de bloques del funcionamiento del módulo de monitoreo de consumo de energía

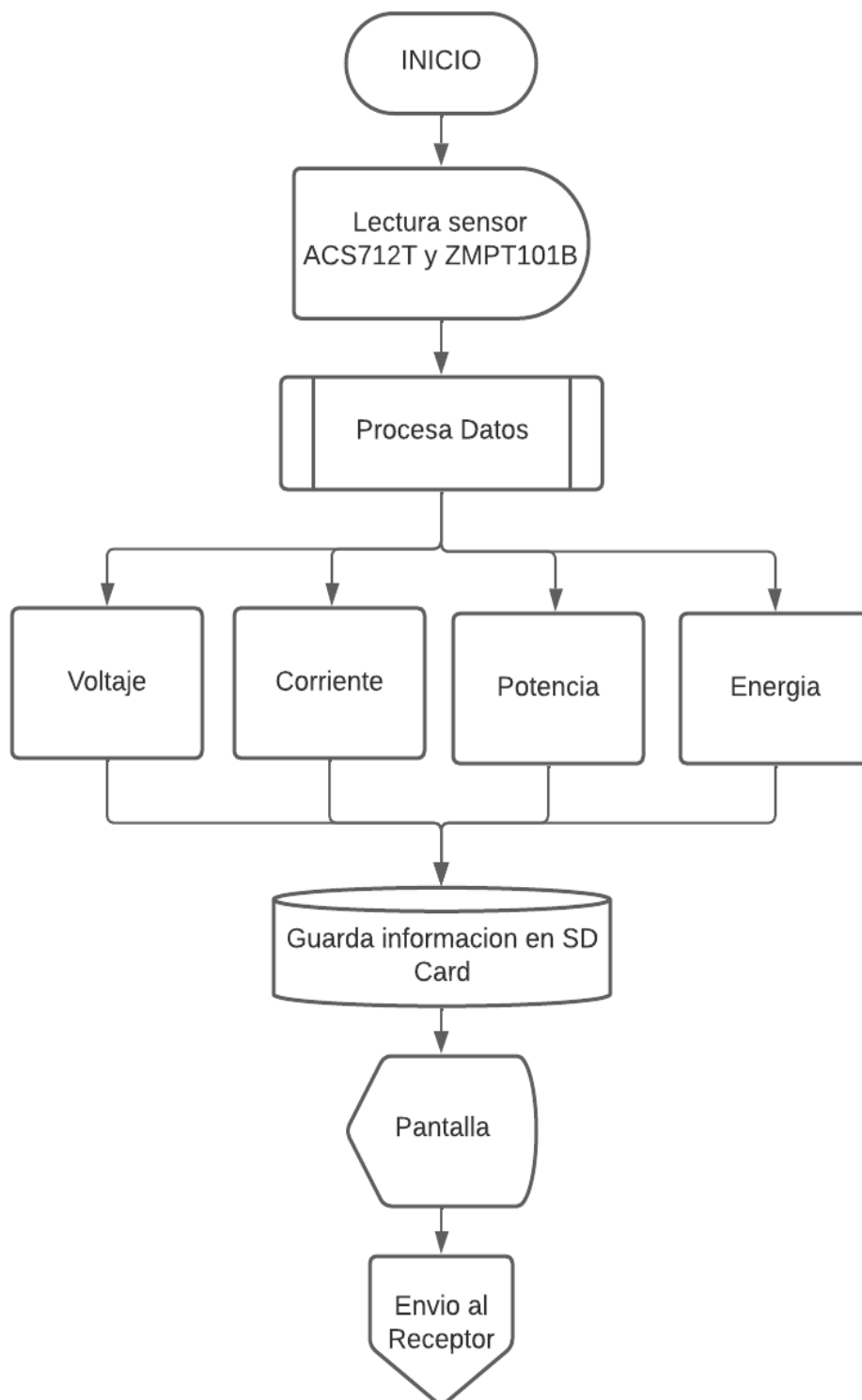


Figura 86: Diagrama del funcionamiento de Prototipo de monitoreo de consumo de energía

### 5.3. Programa del módulo de monitoreo de consumo de energía

```
void loop() {
  U = voltageSensor.getVoltageAC();
  /*Serial.print("Voltaje: ");
  Serial.print(U);*/
  data[0] = (String)U;
  data[0] = (String)U + "V";
  if (U < 55) {
    U = 0;
    CulmPwh = 0;
    data[0] = (String)U + "V";
  }

  I = currentSensor.getCurrentAC();
  /*Serial.print(" Corriente: ");
  Serial.println(I);*/
  dt = micros() - lastSample;
  data[1] = (String)I + "AMP";
  if (I < 0.15) {
    I = 0;
    CulmPwh = 0;
    data[1] = (String)I + "AMP";
  }

  // To calculate the power we need voltage multiplied by current
  P = U * I;

  CulmPwh = CulmPwh + P * (dt / 3600); ///uwh
  units = CulmPwh / 1000;

  if (millis() - changeScreen > 5000) {
    ScreenSelect += 1;
    changeScreen = millis();
  }

  if (millis() - lasttime > 500) {
    if ((ScreenSelect % 4) == 0) { displayVoltCurrent(); } //Volts and Current

    else if ((ScreenSelect % 4) == 1) {
      displayInstPower();
    } //Instantaneous Power

    else if ((ScreenSelect % 4) == 2) { displayEnergy(); } //Energy
  }
}
```

Figura 87: Programa principal de la lectura de voltaje “U”, corriente “I”, potencia “P” y energía “wh”

### 5.3.1. Sub-Rutina de la pantalla OLED 0.97"

Al iniciar el programa la pantalla se inicia la pantalla OLED con el mensaje "TRANSMISOR LORA".

```
display.clearDisplay(); //Borramos pantalla
display.setTextColor(WHITE); //Definimos texto color blanco
display.setTextSize(1); //Tamaño de fuente a 1 punto
display.setCursor(0, 0); //Comenzamos a graficar desde coordenadas 0,0
display.print("TRANSMISOR LORA ");
display.display();

display.setCursor(0, 0);
display.print("Voltaje= 220.00 V"); //Mensaje
display.setCursor(0, 15);
display.print("CORRIENTE= 0.47 A"); //Mensaje
display.setCursor(0, 30);
display.print("POTENCIA= 103.4 W"); //Mensaje
display.setCursor(0, 45);
display.print("ENERGIA= 1.73 Wh"); //Mensaje
display.display();
```

Figura 88: Programa principal del módulo OLED 0.97"

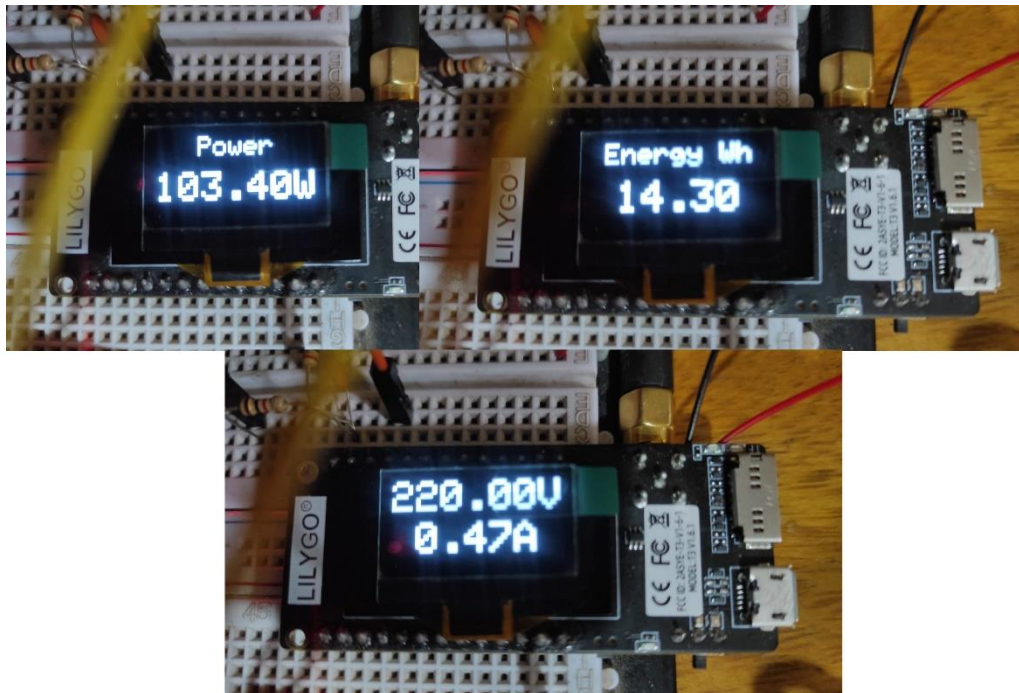


Figura 89: Datos en la pantalla OLED de 0.97"

### 5.3.2. Sub-Rutina del módulo SD Card

Después de realizar el análisis de datos de los sensores se procede a almacenar los datos en el módulo SD Card en el archivo test.txt y TRANSMISOR – DATA.txt.

```
myFile = SD.open("/test.txt", "a");  
if (!myFile) {  
  Serial.println("SD Card: writing file failed.");  
} else {  
  myFile.println(DatoLoRa);  
  myFile.close();  
}
```



TRANSMISOR -  
DATA - v2.0



TRANSMISOR -  
DATA - v3.0



TRANSMISOR -  
DATA

#### **V, I, W, Wh**

**220, 0.47, 103.4, 1.73**  
**220, 0.47, 103.4, 1.76**  
**220, 0.46, 103.4, 1.79**  
**220, 0.47, 103.4, 1.82**  
**220, 0.48, 103.4, 1.85**  
**220, 0.47, 103.4, 1.88**  
**220, 0.47, 103.1, 1.91**  
**221, 0.47, 103.4, 1.94**  
**220, 0.47, 103.4, 1.97**  
**220, 0.47, 103.4, 2.00**  
**218, 0.46, 103.4, 2.03**  
**219, 0.47, 103.4, 2.06**  
**221, 0.47, 103.4, 2.09**  
**220, 0.45, 103.4, 2.12**  
**220, 0.47, 103.4, 2.15**

Figura 90: Archivos .TXT creados en la Micros SD Card

### 5.3.3. Sub-Rutina del módulo LoRa

Después de realizar el análisis de datos de los sensores se procede a almacenar los datos en el módulo SD Card en el archivo test.txt y TRANSMISOR – DATA.txt y finalmente se envía los datos al módulo RECEPTOR.

```
int tamanoPaquete = LoRa.parsePacket(); //analizamos paquete
if (tamanoPaquete) { //Si nos llega paquete de datos
  Serial.print("Paquete recibido "); //Muestra confirmaciÃ³n

  while (LoRa.available()) { //Leemos el paquete
    //digitalWrite(25, HIGH);
    DatoLoRa = LoRa.readString(); //Guardamos cadena en variable
    Serial.print(DatoLoRa); //Lo imprimimos en monitor serial
  }

  int rssi = LoRa.packetRssi(); //Esto nos imprime la intensidad de seÑal recibida
  Serial.print(" con RSSI ");
  Serial.println(rssi);
}
```

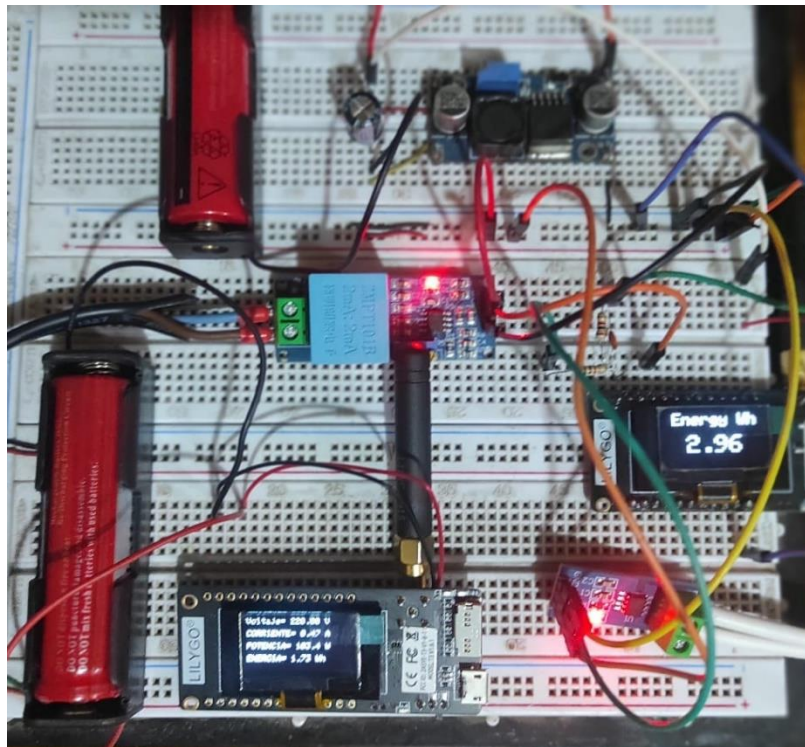


Figura 91: Transmisión de datos del módulo de monitoreo al módulo de centralización

#### 5.3.3.1. Validación del módulo de monitoreo de consumo de energía

Para realizar la validación se contó con dos instrumentos:

3. Voltímetro : PRASEK PREMIUM PR-85
  - a. Precisión :  $\pm 0.5\%$
4. Amperímetro : PRASEK PREMIUM PR-202<sup>a</sup>
  - a. Precisión :  $\pm 1\%$

Al momento de realizar las mediciones de los sensores se comparó con los datos de los instrumentos separados en dos partes para el voltímetro y para el amperímetro de la siguiente manera:

- A. En el punto "A" se evidencia la lectura obtenida con el voltímetro PRASEK.
- B. El punto "C" corresponde al modulo de lectura de datos, módulo de monitoreo de datos.
- C. El punto "B" corresponde al módulo de centralización de datos.

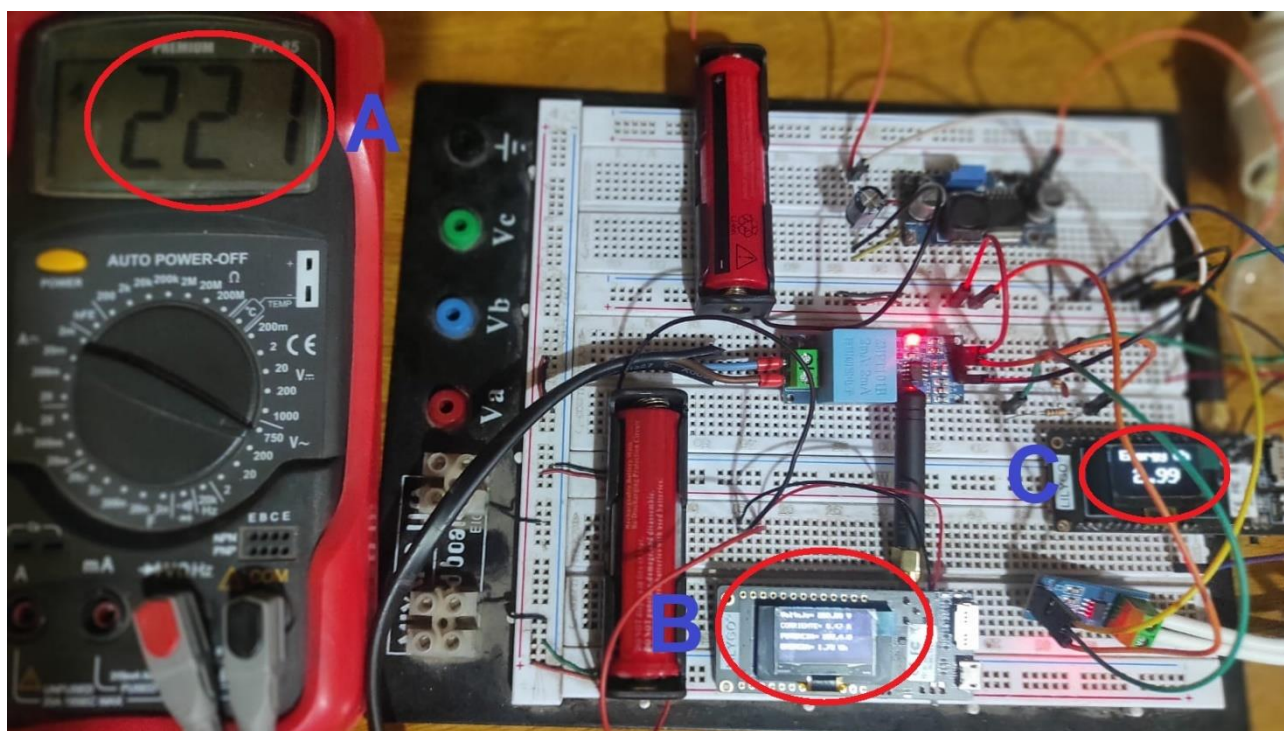


Figura 92: Validación de los datos de voltaje por el voltímetro – PRASEK

Al momento de realizar las mediciones de los sensores se comparó con los datos de los instrumentos separados en dos partes para el voltímetro y para el amperímetro de la siguiente manera:

- A. En el punto "A" se evidencia la lectura obtenida con el amperímetro PRASEK.
- B. El punto "C" corresponde al módulo de lectura de datos, módulo de monitoreo de datos.
- C. El punto "B" corresponde al módulo de centralización de datos.

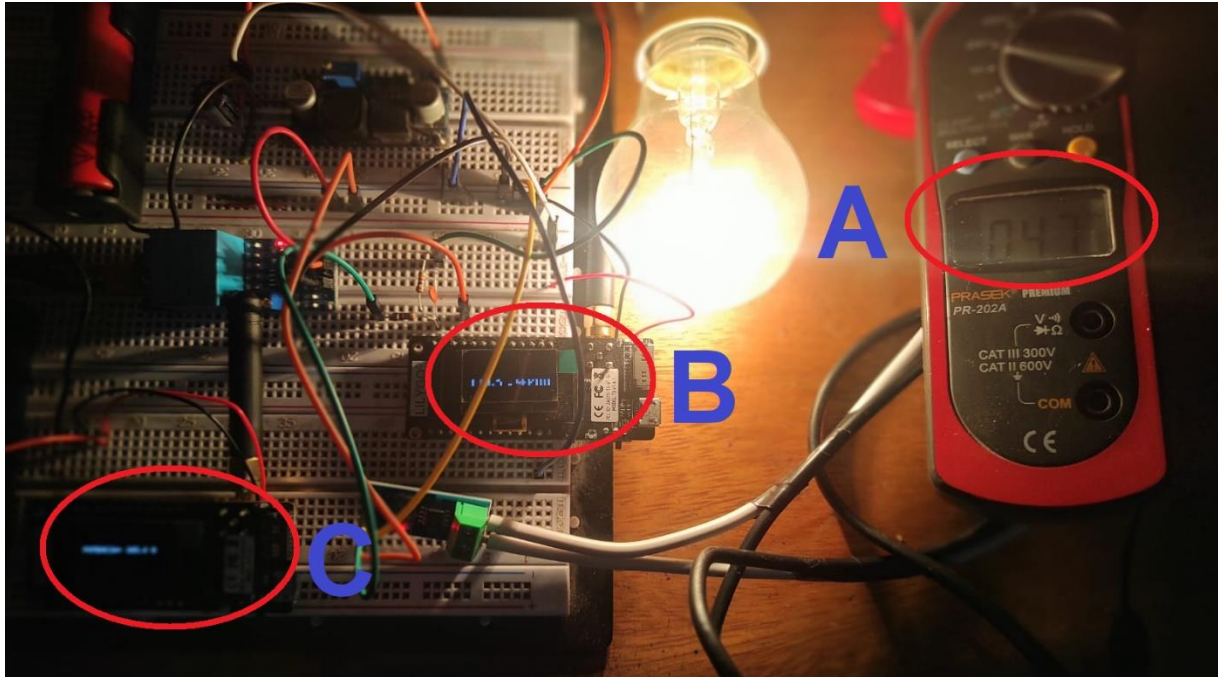


Figura 93: Validación de los datos de voltaje por el amperímetro – PRASEK

## 5.5. Elaboración del módulo de centralización del consumo de energía eléctrica

### 5.5.1. Primer Prototipo

Para el 1er prototipo, en el cual se verifico el funcionamiento y comunicación entre los componentes se utilizó como medio un Protoboard para verificar su correcto funcionamiento y estabilidad corriente y voltaje, para lo cual se utilizó:

1. Esp32 Pico D4
2. Pantalla OLED 0.97"
3. Modulo SD Card
4. Modulo LORA
5. Módulo de carga de Batería Li-Ion 3.7v

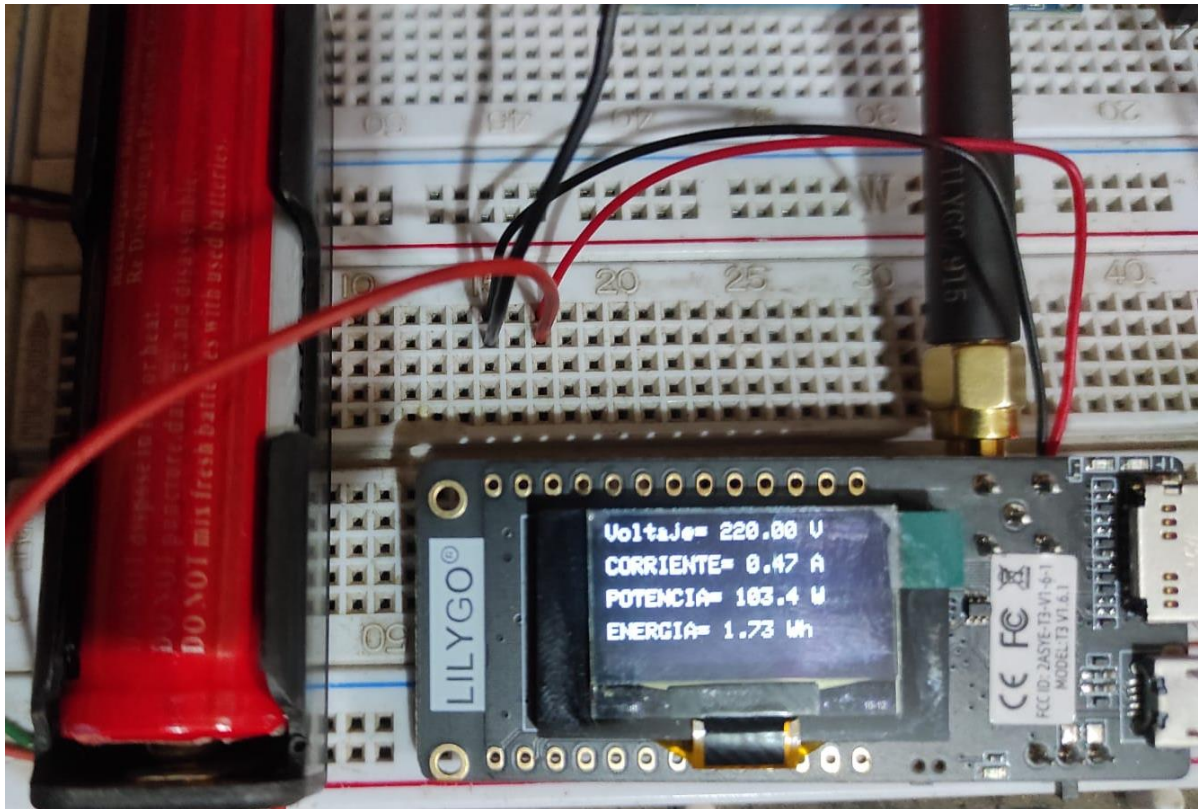


Figura 94: Primer prototipo del módulo de centralización

### 5.5.2. Segundo Prototipo

Para el 2do prototipo, en el cual se redujo el tamaño del prototipo utilizando módulos fáciles de adquirir y se desarrolló un circuito en

baquelita realizado en el software Proteus, además se corroboró que los componentes no presentar dificultades tanto de suministro de energía eléctrica como de comunicación entre módulo, para lo cual se utilizó:

1. Esp32 Pico D4
2. Pantalla OLED 0.97"
3. Modulo SD Card
4. Modulo LORA
5. Módulo de carga de Batería Li-Ion 3.7v

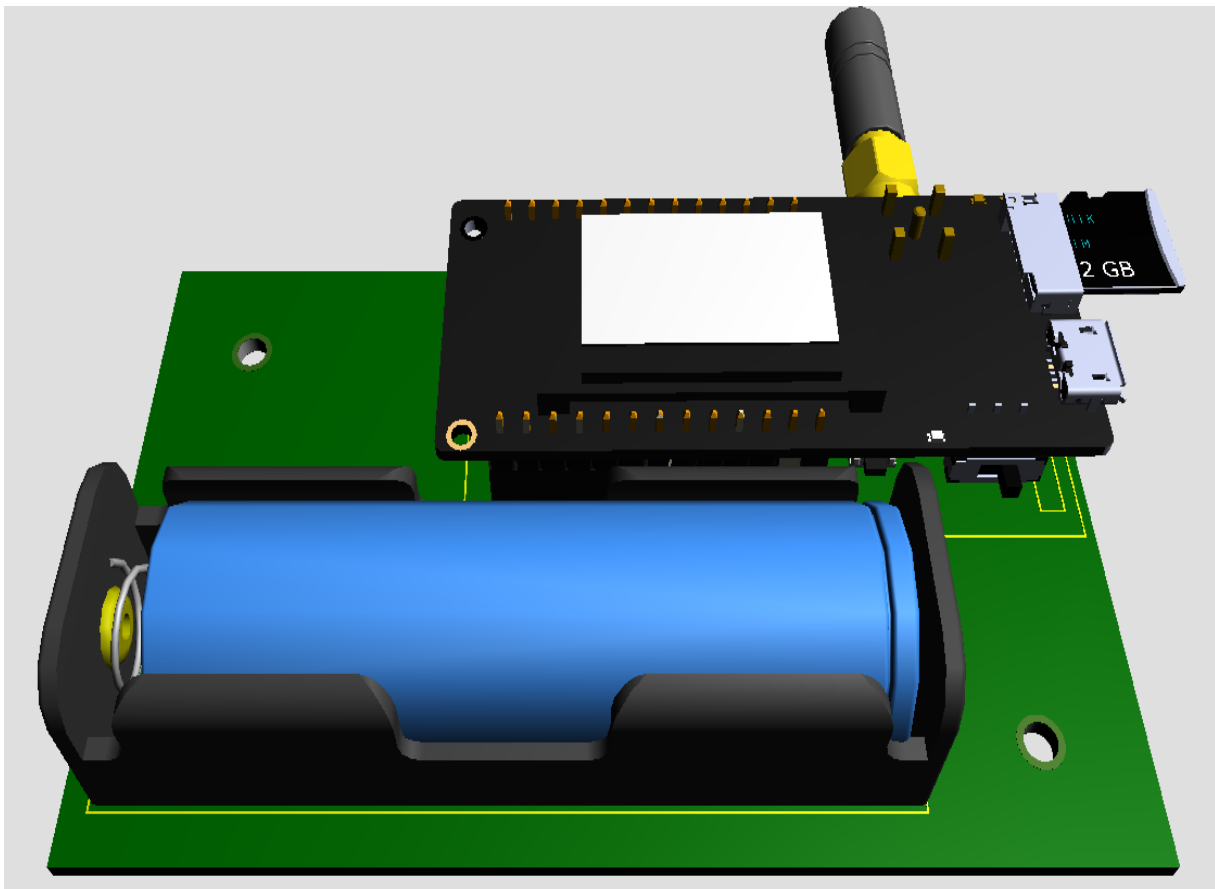


Figura 95: Segundo prototipo del módulo de centralización

### 5.5.3. Tercer prototipo

Para el 3er prototipo, en el cual se redujo aún más el tamaño del prototipo utilizando módulos fáciles de adquirir y se desarrolló un circuito en baquelita realizado en el software Proteus, además se agregó un acabado con protección UV de color verde para evitar ruido o estática y

evitar la corrosión en el tiempo, además se corroboró que los componentes no presentan dificultades tanto de suministro de energía eléctrica como de comunicación entre módulo, para lo cual se utilizó:

1. Esp32 Pico D4
2. Pantalla OLED 0.97"
3. Modulo SD Card
4. Modulo LORA
5. Módulo de carga de Batería Li-Ion 3.7v



Figura 96: Segundo prototipo del módulo de centralización

#### 5.5.4. Mecanización del Case para los Módulos

Para tener una cobertura sólida y una mejor presentación de los Módulos se optó por realizar un case, el cual fue diseñado mediante un software de modelado 3D y su posterior fabricación mediante Impresión 3D (Creality CR 10), para lo cual se requirió:

4. Filamento negro PLA de 1.75 mm
5. Pernos M3

## 6. Tuerca M3

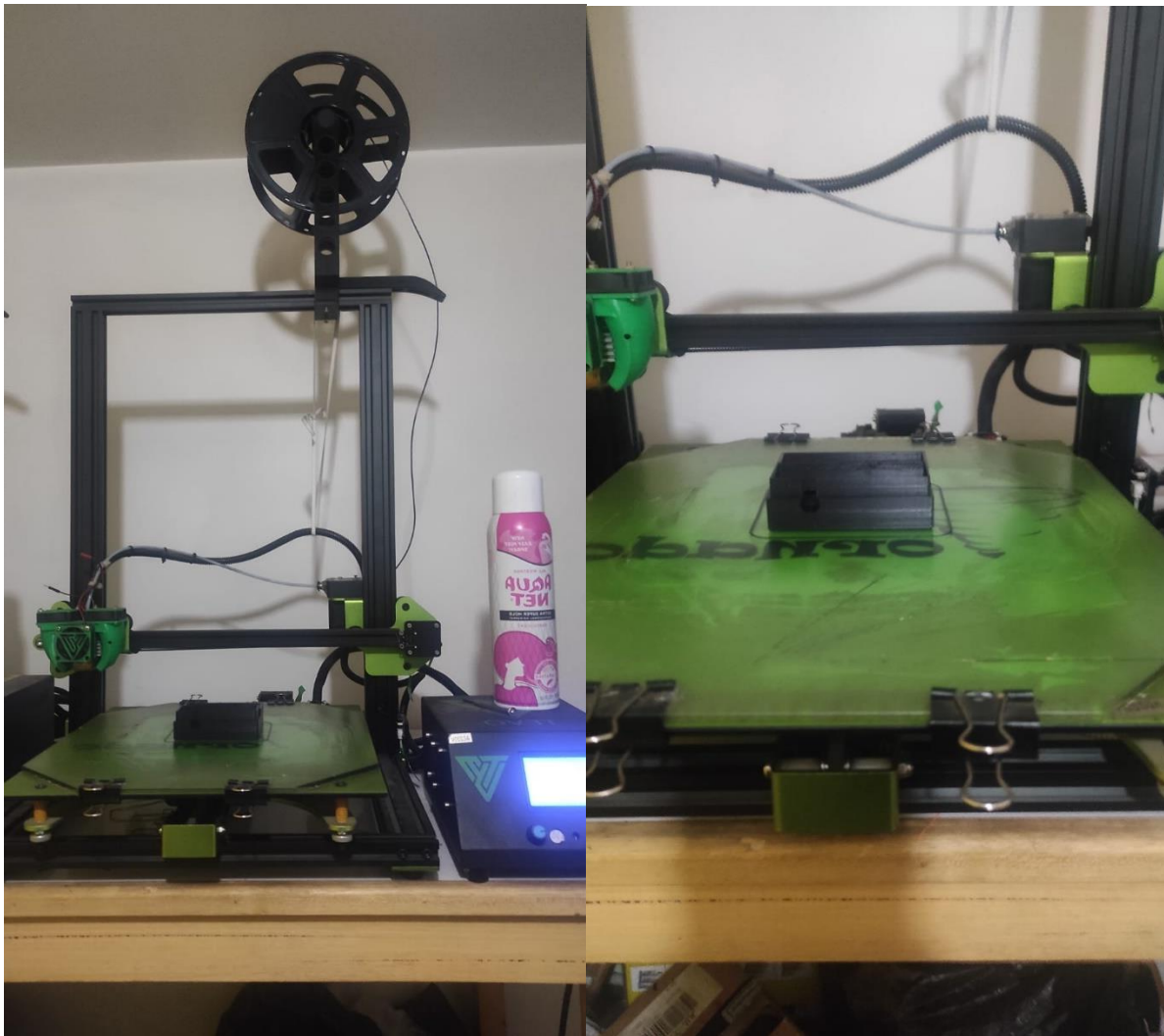


Figura 97: Case fabricado por Impresión 3D – Artillery

**5.5.1. Modulo Final del módulo de monitoreo**

Para el prototipo final, en el cual se redujo aún más el tamaño del prototipo utilizando módulos fáciles de adquirir y se desarrolló un circuito en baquelita realizado en el software Proteus, además se corroboró que los componentes no presentar dificultades tanto de suministro de energía eléctrica como de comunicación entre módulo, para lo cual se utilizó:

- 10. Esp32 Pico D4
- 11. Pantalla OLED 0.97"
- 12. Modulo SD Card

- 13. Modulo LORA
- 14. Módulo de carga de Batería Li-Ion 3.7v
- 15. Modulo ACS712T 05B
- 16. Modulo ZMPT101B
- 17. Modulo StepUp XL6009
- 18. Case 3D – PLA



Figura 98: Prototipo Final del módulo de monitoreo

## 5.5.1. Programa del módulo de monitoreo de consumo de energía

### 5.5.1.1. *Sub-Rutina de la pantalla OLED 0.97"*

Al iniciar el programa la pantalla se inicia la pantalla OLED con el mensaje "TRANSMISOR LORA".

```
display.clearDisplay(); //Borramos pantalla
display.setTextColor(WHITE); //Definimos texto color blanco
display.setTextSize(1); //Tamaño de fuente a 1 punto
display.setCursor(0, 0); //Comenzamos a graficar desde coordenadas 0,0
display.print("TRANSMISOR LORA ");
display.display();

display.setCursor(0, 0);
display.print("Voltaje= 220.00 V"); //Mensaje
display.setCursor(0, 15);
display.print("CORRIENTE= 0.47 A"); //Mensaje
display.setCursor(0, 30);
display.print("POTENCIA= 103.4 W"); //Mensaje
display.setCursor(0, 45);
display.print("ENERGIA= 1.73 Wh"); //Mensaje
display.display();
```

Figura 99: Programa principal del módulo OLED 0.97"

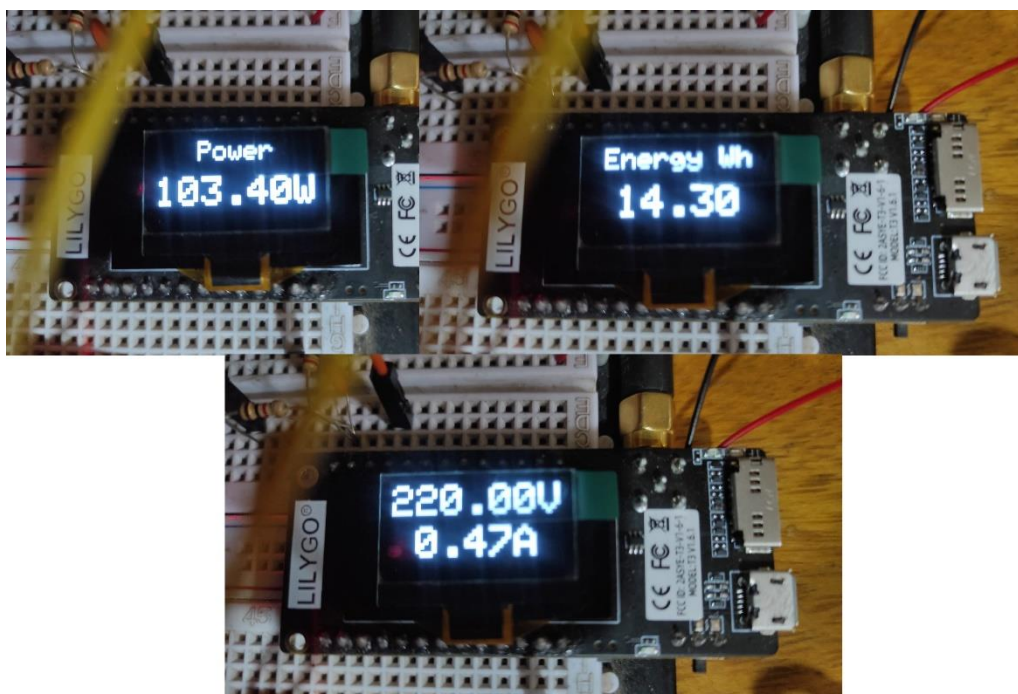
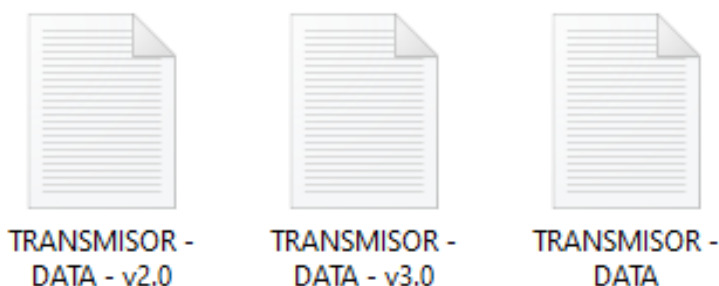


Figura 100: Datos en la pantalla OLED de 0.97"

### 5.5.1.2. Sub-Rutina del módulo SD Card

Después de realizar el análisis de datos de los sensores se procede a almacenar los datos en el módulo SD Card en el archivo test.txt y TRANSMISOR – DATA.txt.

```
myFile = SD.open("/test.txt", "a");  
if (!myFile) {  
  Serial.println("SD Card: writing file failed.");  
} else {  
  myFile.println(DatoLoRa);  
  myFile.close();  
}
```



---

**V, I, W, Wh**  
**220, 0.47, 103.4, 1.73**  
**220, 0.47, 103.4, 1.76**  
**220, 0.46, 103.4, 1.79**  
**220, 0.47, 103.4, 1.82**  
**220, 0.48, 103.4, 1.85**  
**220, 0.47, 103.4, 1.88**  
**220, 0.47, 103.1, 1.91**  
**221, 0.47, 103.4, 1.94**  
**220, 0.47, 103.4, 1.97**  
**220, 0.47, 103.4, 2.00**  
**218, 0.46, 103.4, 2.03**  
**219, 0.47, 103.4, 2.06**  
**221, 0.47, 103.4, 2.09**  
**220, 0.45, 103.4, 2.12**  
**220, 0.47, 103.4, 2.15**

Figura 101: Archivos .TXT creados en la Micros SD Card

### 5.5.1.1. Sub-Rutina del módulo LoRa

Después de realizar el análisis de datos de los sensores se procede a almacenar los datos en el módulo SD Card en el archivo test.txt y TRANSMISOR – DATA.txt y finalmente se envía los datos al módulo RECEPTOR.

```
int tamanoPaquete = LoRa.parsePacket(); //analizamos paquete
if (tamanoPaquete) { //Si nos llega paquete de datos
  Serial.print("Paquete recibido "); //Muestra confirmaciÃ³n

  while (LoRa.available()) { //Leemos el paquete
    //digitalWrite(25, HIGH);
    DatoLoRa = LoRa.readString(); //Guardamos cadena en variable
    Serial.print(DatoLoRa); //Lo imprimimos en monitor serial
  }

  int rssi = LoRa.packetRssi(); //Esto nos imprime la intensidad de seÑal recibida
  Serial.print(" con RSSI ");
  Serial.println(rssi);
}
```

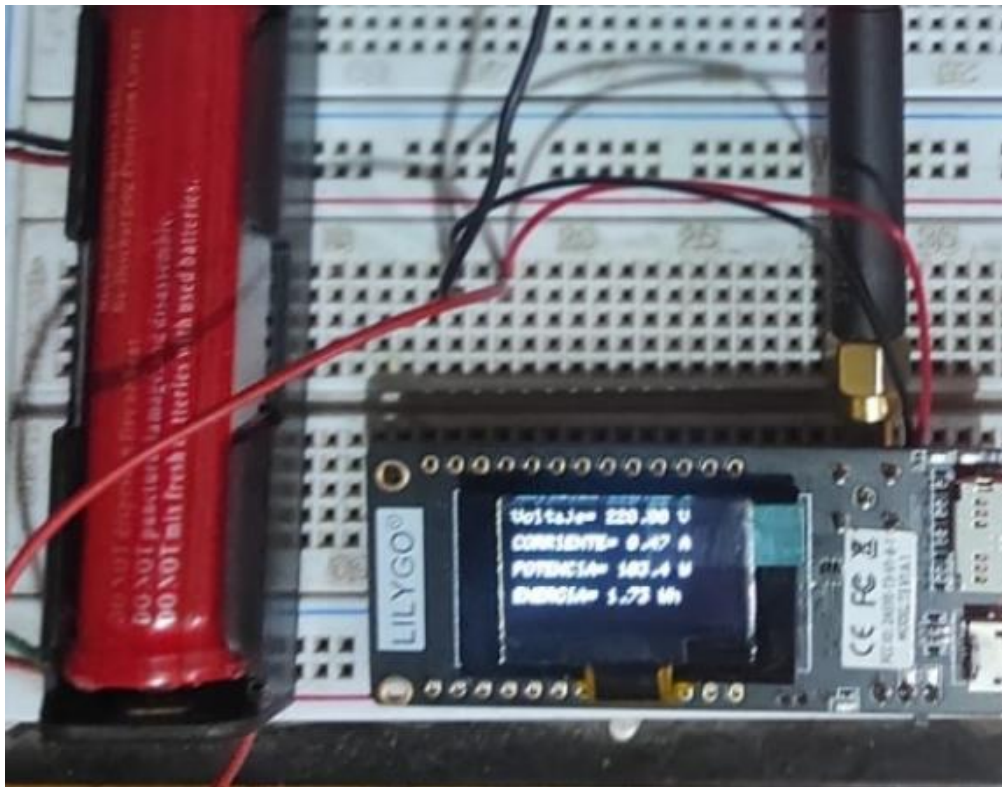


Figura 102: Transmisión de datos del módulo de monitoreo al módulo de centralización

**5.5.1.1. Diagrama de bloques del funcionamiento del módulo de monitoreo de consumo de energía**

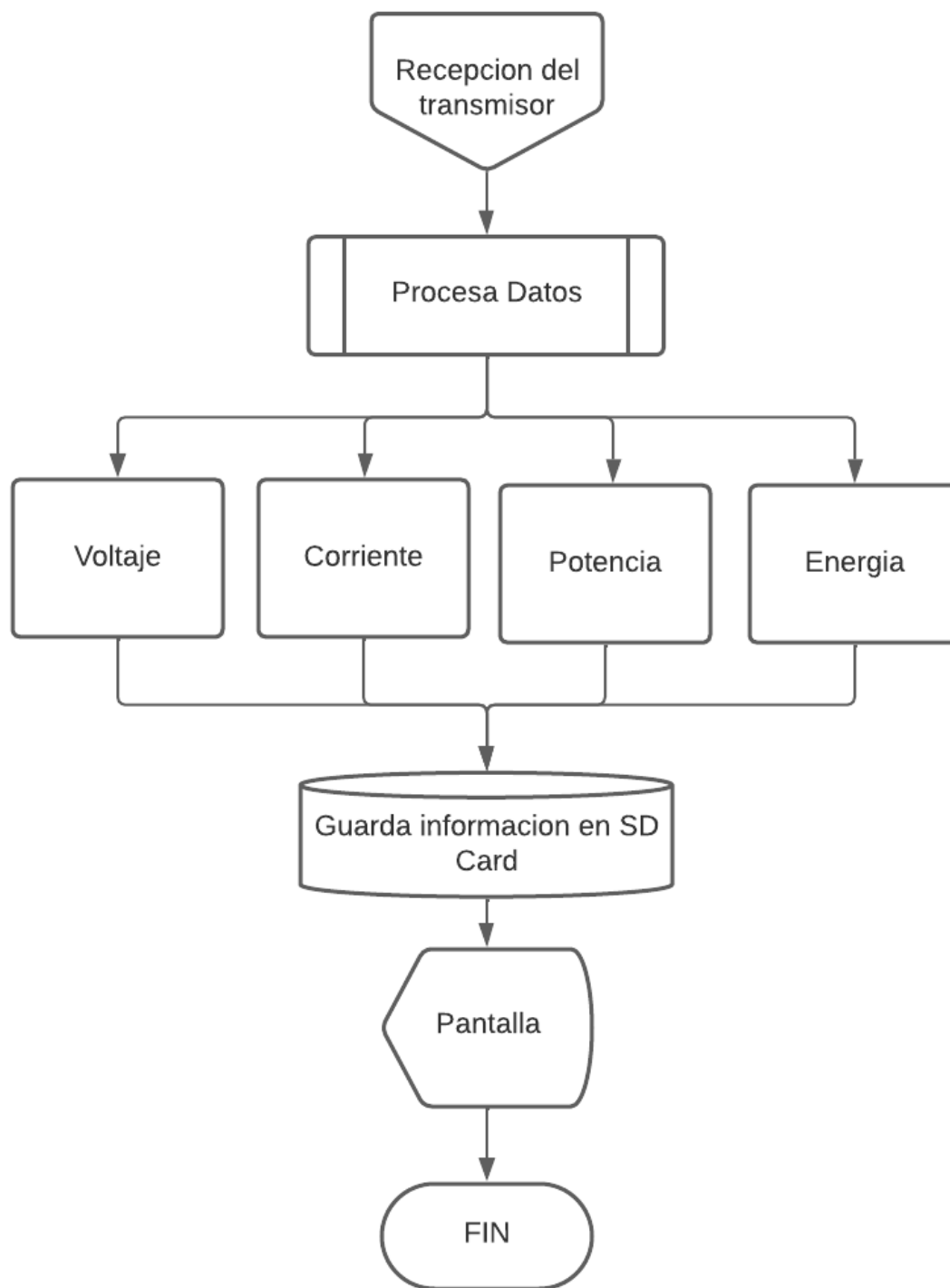


Figura 103: Diagrama del funcionamiento de Prototipo de centralización de consumo de energía

### 5.5.2. Comparación del dispositivo de monitoreo y el medidor de la concesionaria

El módulo fue instalado en la vivienda del tesista, durante 30 días para corroborar su funcionamiento, conectado en serie al medidor de la concesionaria, y luego posteriormente extraído para verificar sus medidas almacenadas y comparadas con el recibo entregado por la empresa concesionaria.

Según el medidor instalado hubo un consumo de 95 kWh, y el modulo obtuvo una lectura de 91.79 kWh, correspondiente a un 96.6% de precisión ello debido a las variaciones y precisión tanto del sensor ACS712 y ZMPT101B.



Figura 104: Comparación de obtención de datos del medidor de la concesionaria y el dispositivo de monitoreo



## CONCLUSIONES

**PRIMERA** : Se efectuó la elaboración mediante la utilización de componentes electrónicos especializados, los cuales fueron integrados en una Case realizado por impresión 3D y PLA, para lo cual se desarrolló dos programas realizados en Arduino, los cuales fueron calibrados para su correcto funcionamiento.

**SEGUNDO** : Los dispositivos electrónicos escogidos fueron (LILYGO V1.6\_1, ACS712, ZBMPT105, modulo StepUp, Batería Li-Ion 18650, Memoria SD Card) para el modulo de monitoreo y para el módulo de centralización de datos los dispositivos electrónicos escogidos fueron (LILYGO V1.6\_1, Batería Li-Ion 18650, Memoria SD Card).

**TERCER** : El diseño seleccionado para el dispositivo de monitoreo fue de carácter no invasivo mediante la utilización del sensor ACS712 el cual permite el monitoreo de la corriente eléctrica sin la utilización de transformadores de corriente, siendo más efectivo, de igual forma se utilizo el sensor de voltaje ZMPT105, el cual permite una conexión directa desde la fuente y la carga sin la necesidad de interrumpir la conexión.

**CUARTA** : El diseño seleccionado para el dispositivo de centralización, en primera instancia se pre selecciono agrupar controlador y periféricos para realizar el dispositivo, luego mediante una revisión bibliográfica se seleccionó un dispositivo (LILYGO V1.6\_1) el cual lo tiene integrado de forma unificada en una sola tarjeta, haciendo portátil y de un tamaño reducido.



## RECOMENDACIONES

- PRIMERA** : Integrar en una sola PCB tanto el controlador como periféricos y sensores, mediante diseño y fabricado por empresas especializadas como PCBway, para tener una mejor optimización y fiabilidad de las señales.
- SEGUNDO** : Mecanizar el case mediante la impresión 3D por laser y resina para tener un producto final de mejor calidad y poder hacerlo comerciable.
- TERCERO** : Al ser un prototipo los sensores son variables y tiene una menor precisión, si se requiere comercializar el sistema es necesario cambiar lo sensores, por otros mucho más precios y robustos.



## VI. Referencias bibliográficas

- Arias Valencia, S., & Peñaranda, F. (Setiembre de 2015). La investigación éticamente reflexionada. *Scielo*, 33(3).
- Cancapa, R. (2018). *Contaminación ambiental en la ciudad de Juliaca*. Juliaca: Universidad Andina Nestor Cáceres Velásquez. Recuperado el 29 de 10 de 2023, de <https://www.monografias.com/trabajos106/contaminacion-ambiental-ciudad-juliaca/contaminacion-ambiental-ciudad-juliaca>
- Carrasco, L. (2018). *Sistema de monitoreo y telegestión del consumo eléctrico en cargas residenciales basado en una arquitectura IoT*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. Recuperado el 29 de 10 de 23, de [file:///C:/Users/User/Downloads/Tesis\\_%20t1486ec.pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/Tesis_%20t1486ec.pdf)
- Delgado, J. (2016). *Monitoreo del consumo de la energía eléctrica por medio de una aplicación android*. México D.F.: Instituto Politécnico Nacional. Recuperado el 29 de 10 de 2023, de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/22263/1/MONITOREO%20DEL%20CONSUMO%20DE%20LA%20ENERG%C3%8DA%20EL%C3%89CTRICA%20POR%20MEDIO%20DE%20UNA%20APLICACI%C3%93N%20ANDROID.pdf>
- Echeverri, J. (2018). *Sistema Inteligente de Monitoreo de Consumo Eléctrico (SIMCE)*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira. Recuperado el 29 de 10 de 2023, de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/bdc3734f-df40-4817-8c90-b98f29d5a5f8/content>
- Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (S.E.). *Metodología de la Investigación*. MEXICO D.F.: MC GRAW HILL EDUCATION.
- Gallardo Echenique, E. E. (2017). *Metodología de la Investigación*. Huancayo: Universidad Continental.
- Hernández Sampieri, R., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6TA ed.). (M. A. Toledo Castellanos, Ed.) C. D. México: Mc Graw Hill Education.



Kamt, A. (2017). *Diseño e implementación de una red de medidores de energía para artefactos domésticos*. Lima: Universidad Católica del Perú. Recuperado el 14 de 12 de 2023, de [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/11748/HUIMAN\\_NELSON\\_RED\\_MEDIDORES\\_ENERG%C3%8DA\\_DOMESTICOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/11748/HUIMAN_NELSON_RED_MEDIDORES_ENERG%C3%8DA_DOMESTICOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Maker Store. (30 de 10 de 2023). *Maker Store*. Obtenido de Maker Store: <https://maker-store.es/>

Monje, A. (2011). *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa*. Colombia: Universidad Sur colombiana.

Muñoz, L. (2014). *Diseño de un medidor de consumo de energía eléctrica en redes industriales domésticas, basado en adquisición y digitalización de señales para el monitoreo y análisis de la calidad de energía*. Lima: Universidad de San Martín de Porres. Recuperado el 29 de 10 de 2023, de [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/3231/munoz\\_clj.pdf?sequence=1&isAllowed=y](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/3231/munoz_clj.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

NayLamp. (30 de 10 de 2023). *NayLamp*. Obtenido de NayLamp: <https://naylampmechatronics.com/>

Pelaez, E., & Jimenez, P. (2023). *Diseño de un sistema de medición y monitoreo del consumo de energía por circuitos en el hogar, mediante tecnología de comunicación por línea de Potencia*. Cuenca: Universidad del Azuay. Recuperado el 30 de 10 de 2023, de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7930/1/13668.pdf>

SDielect. (30 de 10 de 2023). *SDielect*. Obtenido de SDielect: <https://ssdielect.com/>

## ANEXO 1: DATASHEET DEL LILYGO V1.6\_1

### 1 ESP32-PICO Series Comparison

#### 1.1 ESP32-PICO Series Nomenclature



Figure 2: ESP32-PICO Series Nomenclature

#### 1.2 Comparison

Table 2: ESP32-PICO Series Comparison

Ordering Code	Chip Revision <sup>1</sup>	In-Package Flash <sup>5</sup>	In-Package PSRAM	Dimensions (mm)
ESP32-PICO-D4	v1.0/v1.1 <sup>2</sup>	4 MB (Quad SPI)	—	7.0 x 7.0 x 0.94
ESP32-PICO-V3	v3.0/v3.1 <sup>3,4</sup>	4 MB (Quad SPI)	—	7.0 x 7.0 x 0.94
ESP32-PICO-V3-02	v3.0/v3.1 <sup>3,4</sup>	8 MB (Quad SPI)	2 MB (Quad SPI)	7.0 x 7.0 x 1.11

<sup>1</sup> For chip revision identification and chip revision-specific errata, see [ESP32 Series SoC Errata](#).

<sup>2</sup> The ESP32 chip revision on ESP32-PICO-D4 is upgraded from v1.0 to v1.1. See [PCN20220901](#) for more details.

<sup>3</sup> The ESP32 chip revision on ESP32-PICO-V3 and ESP32-PICO-V3-02 is upgraded from v3.0 to v3.1. See [PCN20220901](#) for more details.

<sup>4</sup> For differences between chip revision v3.0 and previous ESP32 chip revisions, please refer to [ESP32 Chip Revision v3.0 User Guide](#).

<sup>5</sup> The in-package flash supports:

- More than 100,000 program/erase cycles
- More than 20 years data retention time

## ANEXO 2: SENSOR DE CORRIENTE ACS712



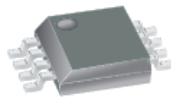
### ACS712

*Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor*

#### Features and Benefits

- Low-noise analog signal path
- Device bandwidth is set via the new FILTER pin
- 5  $\mu$ s output rise time in response to step input current
- 50 kHz bandwidth
- Total output error 1.5% at  $T_A = 25^\circ\text{C}$ , and 4% at  $-40^\circ\text{C}$  to  $85^\circ\text{C}$
- Small footprint, low-profile SOIC8 package
- 1.2 m $\Omega$  internal conductor resistance
- 2.1 kVRMS minimum isolation voltage from pins 1-4 to pins 5-8
- 5.0 V, single supply operation
- 66 to 185 mV/A output sensitivity
- Output voltage proportional to AC or DC currents
- Factory-trimmed for accuracy
- Extremely stable output offset voltage
- Nearly zero magnetic hysteresis
- Ratiometric output from supply voltage

Package: 8 pin SOIC (suffix LC)



Approximate Scale 1:1

#### Description

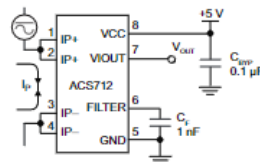
The Allegro<sup>®</sup> ACS712 provides economical and precise solutions for AC or DC current sensing in industrial, automotive, commercial, and communications systems. The device package allows for easy implementation by the customer. Typical applications include motor control, load detection and management, switched-mode power supplies, and overcurrent fault protection.

The device consists of a precise, low-offset, linear Hall sensor circuit with a copper conduction path located near the surface of the die. Applied current flowing through this copper conduction path generates a magnetic field which is sensed by the integrated Hall IC and converted into a proportional voltage. Device accuracy is optimized through the close proximity of the magnetic signal to the Hall transducer. A precise, proportional voltage is provided by the low-offset, chopper-stabilized BiCMOS Hall IC, which is programmed for accuracy after packaging.

The output of the device has a positive slope ( $>V_{IOUT(Q)}$ ) when an increasing current flows through the primary copper conduction path (from pins 1 and 2, to pins 3 and 4), which is the path used for current sensing. The internal resistance of this conductive path is 1.2 m $\Omega$  typical, providing low power

*Continued on the next page...*

#### Typical Application



Application 1. The ACS712 outputs an analog signal,  $V_{OUT}$ , that varies linearly with the uni- or bi-directional AC or DC primary sensed current,  $I_p$ , within the range specified.  $C_F$  is recommended for noise management, with values that depend on the application.

ACS712-DS

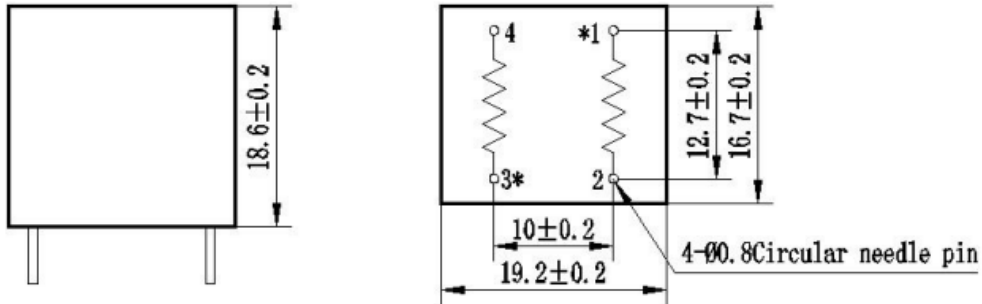
## ANEXO 3: SENSOR DE VOLTAJE

### ZMPT101B

### Current-type Voltage Transformer

Small size, high accuracy, good consistency, for voltage and power measurement

#### Structural parameters:



Remarks: primary input: 1、 2 pins secondary output: 3、 4pins  
Or  
primary input:: 3、 4 pins secondary output::1、 2pins  
\*\*\* Same polarity

#### Front view

#### Bottom view

#### The main technical parameters:

Model	ZMPT101B
Rated input current	2mA
Rated output current	2mA
turns ratio	1000:1000
phase angle error	$\leq 20'$ (input 2mA, sampling resistor 100 $\Omega$ )
<b>operating range</b>	<b>0~1000V 0~10mA (sampling resistor 100<math>\Omega</math>)</b>
linearity	$\leq 0.2\%$ (20% dot ~ 120% dot)
Permissible error	$-0.3\% \leq f \leq +0.2\%$ (input 2mA, sampling resistor 100 $\Omega$ )
isolation voltage	4000V
application	voltage and power measurement
Encapsulation	Epoxy
installation	PCB mounting (Pin Length > 3mm)
Operating temperature	-40 $^{\circ}$ C ~ +60 $^{\circ}$ C
<b>Case Material</b>	<b>ABS (Note: ABS CASE is NOT available for wave-soldering)</b>

Tel: 86-25-52601870

E-mail: zm@zeming-e.com

## ANEXO 4: MODULO STEP UP

# XLSEMI®

XL6009

400KHz 60V 4A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter

### Features

- n Wide 5V to 32V Input Voltage Range
- n Positive or Negative Output Voltage Programming with a Single Feedback Pin
- n Current Mode Control Provides Excellent Transient Response
- n 1.25V reference adjustable version
- n Fixed 400KHz Switching Frequency
- n Maximum 4A Switching Current
- n SW PIN Built in Over Voltage Protection
- n Excellent line and load regulation
- n EN PIN TTL shutdown capability
- n Internal Optimize Power MOSFET
- n High efficiency up to 94%
- n Built in Frequency Compensation
- n Built in Soft-Start Function
- n Built in Thermal Shutdown Function
- n Built in Current Limit Function
- n Available in TO263-5L package

### General Description

The XL6009 regulator is a wide input range, current mode, DC/DC converter which is capable of generating either positive or negative output voltages. It can be configured as either a boost, flyback, SEPIC or inverting converter. The XL6009 built in N-channel power MOSFET and fixed frequency oscillator, current-mode architecture results in stable operation over a wide range of supply and output voltages.

The XL6009 regulator is special design for portable electronic equipment applications.

### Applications

- n EPC / Notebook Car Adapter
- n Automotive and Industrial Boost / Buck-Boost / Inverting Converters
- n Portable Electronic Equipment



TO263-5L

Figure1. Package Type of XL6009

**ANEXO 1**  
**FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN**

**AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV**

Formato digital

Fecha de entrega: 25/10/2024

**1. Datos del autor (es):**

Nombres y Apellidos: JHERSON ALEX CABANA VASQUEZ

Dirección: URB. LOS GERANIOS MZ - B3 LT - 18

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 70424370

Teléfono: +51 968755745 email: jhersonalexcabana@gmail.com

Nombres y Apellidos: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_ email: \_\_\_\_\_

Facultad y/o Escuela de Posgrado: FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO ELECTRÓNICO Y DE TELECOMUNICACIONES

Asesor: Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación  Tesis  Trabajo de Suficiencia Profesional  Trabajo Académico

Título: ELABORACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE MONITOREO Y CENTRALIZACIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LOS HOGARES DE LA CIUDAD DE JULIACA

Palabras claves, (3 a 5 términos): ENERGÍA ELÉCTRICA, MONITOREO, CENTRALIZACIÓN

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV <sup>1,2</sup>?

1

<sup>1</sup> Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

<sup>2</sup> Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.

## 2. Referencia de tesis:

Bachiller  Título  2da Especialidad  Maestría  Doctorado

## 3. Licencias:

### a) Licencia estándar:

**Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.**

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

**Autorizo su publicación (marque con una X)**

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): \_\_\_\_\_
- No autorizo.

### b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

**¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?**

**Sí:** significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

**No:** significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo

**Jurisdicción de su Licencia**

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción “internacional” o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción “internacional” goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LAS TELECOMUNICACIONES - P19



Firma de Autor



huella digital

25/10/2024

Fecha