



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES
CÁTEDRA DE TEORÍA DE LAS COMUNICACIONES

LABORATORIO N°4:

“Implementación de módulos de radio frecuencia con soporte de sistemas embebidos”

Grupo 14 - Integrantes:

- Cerri, Lucas Andrés
- Costamagna, Matías
- Dávila Tomassi, Carlos Valentino
- De la Mata, Nicolás
- Diaz, Pablo Damián
- Mendes Rosa, Agustín
- Monja, Ernesto Joaquín
- Quispe Mateo

Docente: Danizio, Alejandro

Año 2024

Índice

Introducción.....	3
Marco Teorico.....	4
Desarrollo.....	10
Desarrollo del Software.....	10
Cálculo de Baterías.....	13
Diseño de Baterías por Cálculo.....	13
Diseño de Baterías por Medición.....	13
Diseño del Gabinete.....	17
Conclusiones.....	18

Introducción

Al principio del semestre se presentó este Trabajo Práctico basado en la metodología de *Aprendizaje Basado en Proyectos* que va de la mano con el foco de enseñanza que se aplicará en los nuevos Planes de Estudio que empezarán a dictarse el próximo año, el cual está centrado en el estudiante. Esto implica que en lugar de ir a la clase, volver a nuestras casas y estudiar para los exámenes, debemos comenzar a HACER, empezar a intercambiar horas de libros por horas de proyectos físicos, por lo que creemos que este trabajo fue un grandísimo primer paso para adentrarnos en el futuro inmediato que se aproxima. El trabajo nos exigió adaptarnos a nuevas formas de trabajo en equipo, nuevas formas de investigación y mucho tiempo de prueba y error. Esto no solo nos permitió comprender profundamente el trabajo, sino que también nos abrió la cabeza en cuanto a cómo interpretar instrucciones, mejorar nuestra forma de comunicarnos para con los docentes y entre nosotros los estudiantes.

El trabajo consiste en el diseño y desarrollo de un sistema de medición remoto. Se nos dio como consigna los Requisitos Funcionales del mismo y ciertos Casos de Uso, esta información nos permitió tener un panorama claro de qué era lo que se pretendía lograr, al mismo tiempo que desbloqueó una forma de trabajo que no estábamos muy acostumbrados: la división de tareas entre grupos. Algunos grupos realizaron los GateWay tanto para el protocolo LoRa, como el de WiFi, otros se encargaron de desarrollar una aplicación Web y una Base de Datos para poder mostrar y almacenar los datos obtenidos por los Sistemas de Medición, y el resto de los grupos tuvieron que armar los distintos “Sistemas de Medición” que permitan medir presión, temperatura y humedad del suelo, para después transmitirlos por medio del protocolo que les fue entregado.

Marco Teórico

La red de sistemas de medición que se implementará entre los distintos grupos de trabajo, no podría llevarse a cabo sin la selección correcta de las tecnologías de transmisión de datos y de comunicación. Las tecnologías LPWAN son idóneas para esta clase de compromisos, y entre ellas, se destaca y elige para trabajar el LoRa, cuyas características se detallarán a continuación.

¿Qué es LPWAN?

LPWAN (Low Power Wide Area Network) es un término que describe una categoría de tecnologías inalámbricas diseñadas para permitir la comunicación de baja potencia y largo alcance entre dispositivos. Estas redes son ideales para aplicaciones donde los dispositivos deben transmitir pequeños paquetes de datos, operar con baterías durante años y conectar muchos dispositivos dispersos en grandes áreas geográficas.

Dentro del LPWAN se tienen las siguientes tecnologías:

1. **LoRa/LoRaWAN:** Uno de los líderes en LPWAN por su alcance, robustez e implementación en IoT.
2. **Sigfox:** Enfocado en aplicaciones de IoT de ultra bajo costo.
3. **NB-IoT (Narrowband IoT):** Basado en tecnología celular, pero optimizado para IoT.
4. **LTE-M:** Otra variante de redes celulares que combina bajo consumo y velocidades moderadas.

Cada una tiene ventajas dependiendo de la aplicación, pero LoRa se destaca en este sistema debido a su alcance excepcional, su reducido costo operativo y su ecosistema abierto.

¿Qué es LoRa?

LoRa (Long Range) es una tecnología de comunicación inalámbrica diseñada para transmitir datos a largas distancias con un bajo consumo energético. Utiliza una técnica de modulación patentada llamada modulación de espectro expandido que le permite alcanzar rangos de transmisión mayores que otras tecnologías inalámbricas convencionales, como Wi-Fi o Bluetooth, sin necesidad de grandes potencias de transmisión y con una gran sensibilidad.

Características principales de LoRa

- **Larga distancia:** Puede alcanzar rangos de transmisión de hasta 10-15 km en áreas rurales y 2-5 km en zonas urbanas.
- **Bajo consumo energético:** Diseñada para funcionar con baterías durante varios años, ideal para dispositivos *IoT*¹.
- **Alta sensibilidad:** Puede recibir señales extremadamente débiles (hasta -148 dBm), lo que permite conectividad incluso en condiciones de señal débil.
- **Inmunidad a interferencias:** Gracias a la modulación de espectro expandido, LoRa puede operar de manera confiable en entornos ruidosos.
- **Bajo ancho de banda:** Transmite pequeñas cantidades de datos a bajas velocidades (0.3 kbps a 50 kbps), suficiente para sensores y aplicaciones IoT.

Funcionamiento:

Utiliza una técnica de modulación llamada Chirp Spread Spectrum (CSS), que codifica los datos en chirps (señales de frecuencia variable). Esto mejora la robustez frente a interferencias y le permite alcanzar largas distancias. Opera en bandas de frecuencias no licenciadas como 868 MHz (en Europa) y 915 MHz (América), estas frecuencias son libres lo que facilita aún más su adopción.

La arquitectura típica de un sistema o red LoRa consta de sensores o actuadores, que colectan datos y los transmiten, gateways que reciben señales de múltiples dispositivos y las envían a la nube o un servidor central y un servidor de red que procesa los datos y los redirige a aplicaciones, por ejemplo.

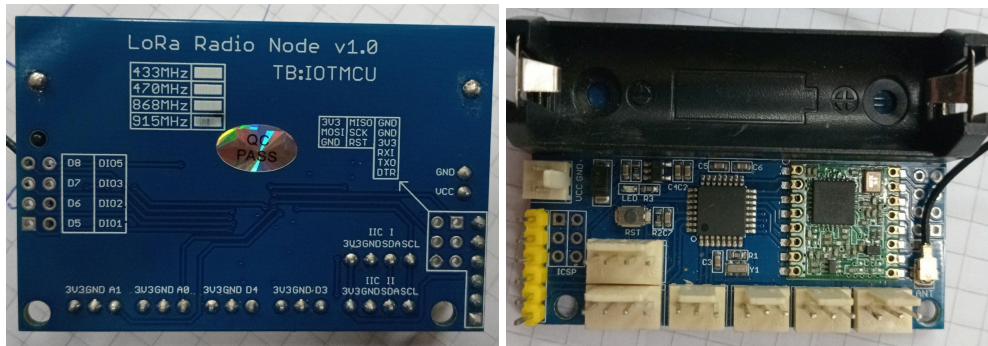
Limitaciones:

Esta tecnología no es adecuada para transferencia de datos grandes, como videos o audios, tiene una velocidad de transmisión limitada y puede ser sensible a congestión en redes con muchos dispositivos.

Este último punto enciende una alerta respecto a nuestros requisitos, debido a que nosotros necesitamos una red con varios dispositivos, y se debe estudiar la posibilidad de sufrir esa congestión en el tráfico de datos.

¹ IoT (Internet of Things): Red de dispositivos conectados que recopilan, comparten y analizan datos a través de internet para automatizar procesos y mejorar la toma de decisiones.

Placa LoRa: Componentes principales.



El nodo de Radio LoRa v1.0 915MHz está basado en el módulo de radio ATmega328P y RFM95 915MHz. El chip principal ATmega328P cuenta con un clock a 8 MHz y a 3,3 V logic, que utiliza el para Arduino Pro Mini 8 Mhz. Este chip tiene 32K de flash y 2K de RAM. Este nodo de Radio LoRa utiliza el espacio adicional sobrante para agregar un módulo de radio RFM96 LoRa de 915MHz, por lo que sería posible detectar y transmitir solo con el uso de esta placa. Es importante además tener en cuenta el regulador de voltaje SPX3819, cuyas características se han de tener en cuenta a la hora de diseñar la alimentación de la placa.

Transceptor RFM 95/96/97:

Transceptor : Un transceptor es un dispositivo electrónico que combina un transmisor y un receptor en una sola unidad, compartiendo componentes para transmitir y recibir señales.

El RFM96 es el transceptor que utilizará el módulo LoRa para transmitir los datos recabados por los sensores al gateway en común, es tanto el transmisor como el receptor del dispositivo, y cuenta con un módem de LoRa, capaz de lograr un alcance significativamente mayor que los sistemas existentes basados en modulación FSK o OOK.

Usando la técnica de modulación patentada de la compañía china Hope RF, LoRa™, los RFM95/96/97/98 pueden alcanzar una sensibilidad superior a -148 dBm, y 8 dB mejores que FSK utilizando un cristal de bajo costo y baja tolerancia con una lista de materiales económicos. La alta sensibilidad, combinada con el amplificador de potencia integrado de +20 dBm, proporciona un *presupuesto de enlace*² líder en la industria, haciéndolo óptimo para cualquier aplicación que requiera alcance o robustez.

² *Presupuesto de enlace*: Cálculo que contabiliza las ganancias y pérdidas de potencia en un sistema de telecomunicaciones. Se realiza desde el transmisor hasta el receptor

LoRa también ofrece ventajas significativas en bloqueo y selectividad en comparación con las técnicas de modulación convencionales, resolviendo el compromiso tradicional entre alcance, inmunidad a interferencias y consumo de energía. Para una máxima flexibilidad, el usuario puede elegir el ancho de banda de modulación de espectro expandido (BW), el factor de expansión (SF) y la tasa de corrección de errores (CR).

Otra ventaja de la modulación de espectro expandido es que cada factor de expansión es ortogonal, lo que permite que múltiples señales transmitidas ocupen el mismo canal sin interferir entre sí. Esto también permite una coexistencia sencilla con sistemas existentes basados en FSK. Además, se proporcionan modulaciones estándar como GFSK, FSK, OOK y GMSK, para garantizar compatibilidad con sistemas o estándares existentes, como Wireless MBUS e IEEE 802.15.4g.

Especificaciones eléctricas de la modulación LoRa:

Voltaje de alimentación = 3.3 V

Frecuencia del Clock = 32 MHz

Temperatura = 25°

BW = 125 kHz

Banda inferior = 169-433 MHz

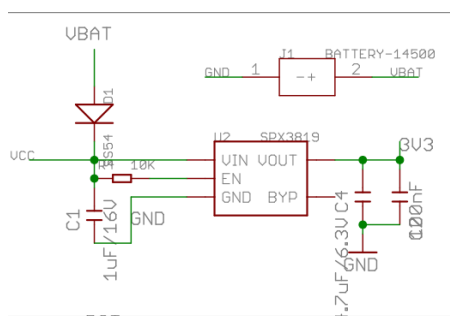
Banda superior = 868-915 MHz

Potencia de salida = 13 dBm en transmisión

En impedancia adaptada

Regulador de voltaje SPX3819:

Es el encargado de garantizar la alimentación de los integrados de la placa, a continuación se presentan su configuración circuital:



Y aquí sus curvas características:

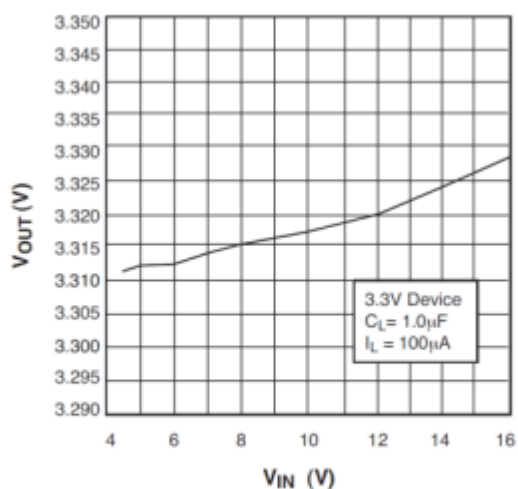


Fig. 6 Output Voltage vs Input Voltage

Es importante tener en cuenta estas curvas y estas configuraciones dado que se debe seleccionar una batería apta para nuestro dispositivo, no teniendo en cuenta el voltaje de alimentación del ATmega328p o del transmisor, sino que debemos seleccionar la pila acorde a las curvas de nuestro regulador de voltaje.

ATmega328P:

El Atmega328p 8 bits es un circuito integrado de alto rendimiento que está basado en un microcontrolador RISC. Actualmente el ATmega328 se usa comúnmente en múltiples proyectos y sistemas autónomos donde se requiere un microcontrolador simple, de bajo consumo y bajo costo. Tal vez la implementación más común de este chip es en la plataforma Arduino, como una alternativa a este.

Existe una diferencia entre el 328 y el 328p (pico power) y es que este último tiene un consumo menor de energía.

PARÁMETROS	VALORES
Flash	32 kbytes
SRAM	2 kbytes
Cantidad Pines	28
Frecuencia máxima de operación	20 MHz
CPU	8-bit AVR
Pines máximos de E/S	23
Interrupciones internas	24
Canales ADC	8
Resolución de ADC	10
EEPROM	1 kbytes

Canales PWM	6
Voltaje de operación	1.8-5.5 V
Timers	3

Desarrollo

Desarrollo del Software

En nuestro caso, se nos asignó un módulo que contaba con un transmisor LoRa RFM95 y un microcontrolador ATmega328P. Al principio no contábamos con la información completa sobre cómo se usaba el módulo, por lo que estuvimos muchas horas investigando acerca del funcionamiento y conexiones del mismo. Sin embargo, sabíamos que años anteriores se había logrado utilizar en conjunto una placa Arduino, por lo que iniciamos nuestro desarrollo por ese lado. Los integrantes del grupo que cursan la carrera de Ingeniería en Computación fueron los encargados de esta parte del Trabajo, debieron dedicar horas a aprender (o recordar en el caso de los que ya conocían el lenguaje) como se programaba un Arduino, como se configuraban los distintos pines y como debía ser la conexión de los sensores y el LoRa para que este último nos permitiera transmitir los datos que se midieran.

Los sensores utilizados fueron:

- BME280: Para las mediciones de temperatura y presión
- FC-28: Para las mediciones de humedad

Una vez que tuvimos el código listo, lo probamos comenzando por los sensores, se realizaron pruebas con distintos códigos para poder comprobar que los sensores midieran valores correctos y calibrarlos si fuera necesario (lo cual si lo fue). Con los sensores y el código listos, solo nos quedaba probar el LoRa, lo cual fue un poco complicado ya que no

había mucha información en internet sobre el funcionamiento del módulo pero con ayuda de otros compañeros fuimos juntando piezas del rompecabezas que era programar el módulo.

La clave estuvo en que el módulo ya contaba con un microcontrolador que estaba conectado con el LoRa, por lo tanto lo único que había que hacer era conectar los sensores y el display, y cargar el código. A su vez, el grupo que se encargó del GateWay nos solicitó enviar la información en un formato específico, para facilitar la recepción y almacenamiento de la información. Lamentablemente nos encontramos con que nuestro microcontrolador no funcionaba como corresponde, por lo que no pudimos hacer uso del mismo, sin embargo utilizamos el módulo de unos compañeros y pudimos comprobar que el código funcionaba correctamente. A continuación dejamos el código comentado para facilitar su interpretación:

```
#include <SPI.h> #include <LoRa.h> #include <LiquidCrystal_I2C.h> #include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h> #include <Wire.h> #include <Adafruit_Sensor.h>

#include <Adafruit_BMP280.h> #include <ArduinoJson.h>

// Definiciones de pines

#define SOIL_MOISTURE_PIN A0 // Pin analógico para el sensor de humedad del suelo

#define SEALEVELPRESSURE_HPA (1013.25) // Ajusta según la presión atmosférica local

// Inicialización de objetos

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); Adafruit_BMP280 bmp;

void setup() {

    Serial.begin(9600);

    pinMode(3, OUTPUT);    digitalWrite(3, HIGH);

    lcd.init();           // Inicializacion del lcd

    lcd.backlight();

    lcd.print("Inicializando...");

    // Inicializar LoRa

    LoRa.setPins(10, 9, 2); // NSS = 10, RESET = 9, DIO0 = 2

    if (!LoRa.begin(915E6)) {

        Serial.println("Error inicializando LoRa");

        lcd.clear();

        lcd.print("Error en LoRa");

        while (1);

    }

}
```

```

Serial.println("LoRa inicializado con éxito");

lcd.clear();

lcd.print("LoRa listo");

// Inicializar sensor de Temp y Pres
if (!bmp.begin(0x76)) {

    Serial.println("No se encontró el sensor BMP280.");

    while (1);

}

}

void loop() {

    // Medicion de datos

    int medicionHumedad = analogRead(SOIL_MOISTURE_PIN);

    int seco = 1023;    // Valor de referencia en seco

    int mojado = 160;   // Valor de referencia en agua

    int porcentajeHumedad = map(medicionHumedad, seco, mojado, 0, 100);

    porcentajeHumedad = constrain(porcentajeHumedad, 0, 100);

    float temperatura = bmp.readTemperature();

    float presion = bmp.readPressure() / 100.0F;

    // Mostrar datos en el LCD

    lcd.setCursor(0, 0);

    lcd.print("T:");

    lcd.print(temperatura, 1);

    lcd.print("C   ");

    lcd.setCursor(9, 0);

    lcd.print("H:");

    lcd.print(porcentajeHumedad);

    lcd.print("%      ");

    lcd.setCursor(0, 1);

    lcd.print("P:");

    lcd.print(presion, 1);

    lcd.print("hPa ");

```

```

// Armado del archivo JSON

StaticJsonDocument<200> doc;

doc["Id_Modulo"] = 14;

doc["Temperatura"] = temperatura;

doc["Presion"] = presion;

doc["Humedad"] = porcentajeHumedad;

char jsonBuffer[256];

serializeJson(doc, jsonBuffer);

// Imprimir datos en el monitor serial

Serial.print("Presion: ");

Serial.print(presion);

Serial.print(", Temperatura: ");

Serial.print(temperatura);

Serial.print(" *C, Humedad: ");

Serial.print(porcentajeHumedad);

Serial.println(" %");

//Enviar paquete

LoRa.beginPacket();

LoRa.print(jsonBuffer);

LoRa.endPacket();

delay(15000);

Serial.println("Datos enviados");
}

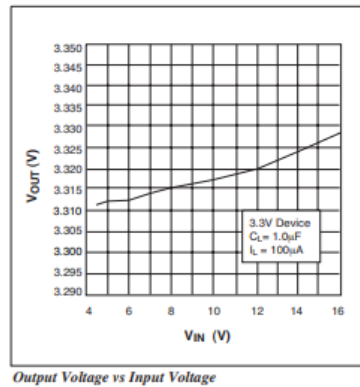
```

Cálculo de baterías:

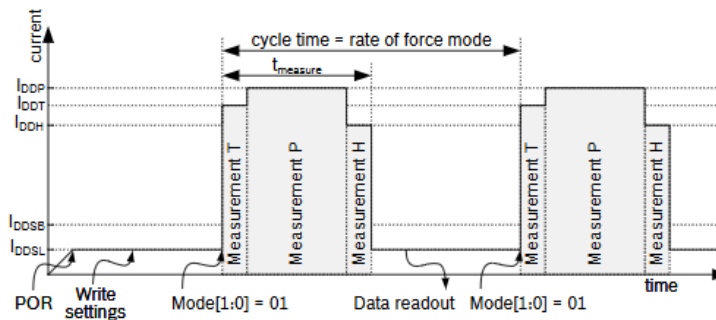
Diseño de Baterías por Cálculo

Para comenzar, revisando las hojas de datos de todos los componentes a utilizar, el rango de voltaje de alimentación que era común a todos era 3,3 V, y dentro de la placa del transmisor se tiene un regulador de voltaje “SPX3819”, el cual se encarga de llevar a 3,3 V

los valores de un rango de 4 V a 16 V, por lo que queda establecido que la alimentación debe estar entre ese rango. El regulador responde según la siguiente curva:



Comenzaremos con los cálculos de consumo de corriente, para llegar a cumplir con el RF6. En cuanto al BME280 (sensor de presión y temp.), es dependiente de varios factores (por ejemplo, qué medimos, en qué modo es configurado), y responde al siguiente gráfico:



Recopilando datos del datasheet del sensor y haciendo cálculos aplicando la fórmula de valor medio de corriente, resulta que la corriente media consumida en un ciclo de medición (15 segundos) es:

$$I_{m(BME280)} = \frac{1}{T} \int_0^T I(t) \cdot dt$$

$$\frac{1}{T} \int_0^{15} I(t) dt = \frac{1}{15} \left[\int_0^{0,0055} (489,1 \times 10^{-6} A) dt + \int_{0,0055}^{15} (0,2 \times 10^{-6} A) dt \right]$$

$$I_{m(BME280)} = 0,379 \mu A$$

Se planeó realizar el mismo procedimiento para el FC-28 (sensor de humedad), sin embargo en el datasheet, no se presenta corriente consumida en “stand-by” ni tampoco el tiempo de medición, por lo que se tomó el mismo tiempo de medición que el sensor anterior,

y también la misma relación “corriente consumida midiendo - corriente consumida en stand-by”. Resulta que la corriente media en un ciclo de medición (15 segundos) es de:

$$I_{m(FC-28)} = 26,38 \mu A$$

Para el RFM96 el valor de corriente consumida depende de la potencia de transmisión en la cual se configure (se utilizó la menor de ellas: $RFOP = +7dBm$). Éste al inicializarse espera a recibir la orden de transmitir, y cuando termina vuelve al modo Stand-By. Al seleccionar los datos correctos para el cálculo, éste resulta el en el tiempo de transmisión (T_x) y la corriente consumida media en un ciclo de 15 segundos ($I_{m(RFM95)}$):

$$T_x = 430 \mu s$$

$$I_{m(RFM95)} = 1,7 mA$$

Por último, se tiene que el display que muestra los datos en tiempo real (LCD-1602A) típicamente consume $1,2 mA$ al encontrarse encendido, por lo que se agrega al cálculo total.

Se realiza el cálculo de consumo medio de corriente total sumando todas las corrientes medias, y se plantea la siguiente ecuación, despejando luego la capacidad de la batería para un tiempo de vida del equipo de 35 días (840 horas), establecido en el RF6:

$$Tiempo\ de\ vida\ del\ equipo = \frac{capacidad\ de\ la\ batería\ [mAh]}{consumo\ de\ corriente\ [mA]} = \frac{capacidad\ de\ la\ batería\ [mAh]}{I_{m(BME280)} + I_{m(FC-28)} + I_{m(RFM95)} + I_{m(display)}}$$

$$(840\ h) \cdot (2,9\ mA) = capacidad\ de\ la\ batería\ [mAh] = 2436\ mAh$$

A continuación, teniendo en cuenta que el voltaje de alimentación necesario debe estar entre $4 V$ y $16 V$, se presentaron varias opciones que surgían de combinaciones de tipos de pilas distintas, por ejemplo, utilizar pilas AA, pilas AAA, o pilas de $9 V$, sin embargo estas últimas se descartaron por la poca capacidad que contienen en general, lo que reduciría el tiempo de vida del dispositivo.

Por lo tanto se decidió utilizar 3 pilas AA de $1,5 V$ en serie, de manera que se llegue a un valor de $4,5 V$ (lo cual también servirá para alimentar el display que muestre los valores de los datos), se dejan ejemplos de modelos de pilas con una capacidad mayor a la del cálculo, junto con la cantidad de días que durarán cada una.

[Pila AA SCP Recargables NI-MH-2700](#) (2700 mAh) $\rightarrow 1108,37 h = 46,18 \text{ días}$

[Pila AA Duracell Recargable](#) (2500 mAh) $\rightarrow 1026,27 h = 42,76 \text{ días}$

[Pila AA Energizer De Litio](#) (3000 mAh) $\rightarrow 1231,15 h = 51,3 \text{ días}$

Vemos que, para el caso teórico, se puede cumplir el Requerimiento Funcional N°6, mientras que alimentamos correctamente todo el circuito propuesto.

Diseño de Baterías por Medición

Dado que el microcontrolador dentro de la placa no funcionaba correctamente, para el cálculo de tiempo de vida se midió la corriente de una placa de otro grupo, se anotaron los datos y se sacaron conclusiones a partir de ello. Cabe resaltar que la configuración con la que se programó esa placa puede no ser la que se planteó anteriormente para calcular la corriente consumida, por lo que este apartado es meramente adicional para calcular el tiempo de vida de una placa que sí se encontraba en funcionamiento y comparar.

Se midieron 35 mA al tiempo de medición, es decir, cada 15 segundos. Esto era un momento instantáneo en el multímetro asique se supone el tiempo de transmisión como el más grande encontrado en el cálculo teórico (5,5 mA), mientras que el resto del tiempo (stand-by) se midieron 7,83 mA. Se muestra a continuación el cálculo:

$$I_m = \frac{1}{T} \int_0^T I(t) \cdot dt$$
$$\frac{1}{T} \int_0^{15} I(t) dt = \frac{1}{15} \left[\int_0^{0,0055} (35 \times 10^{-3} A) dt + \int_{0,0055}^{15} (7,83 \times 10^{-3} A) dt \right]$$
$$I_m = \frac{0,117599435}{15} = 7,84 \text{ mA}$$

De esta manera entonces, vemos que en un ciclo de medición (15 segundos), la corriente media que circula por el circuito es 7,84 mA, y el cálculo queda así:

$$\text{Tiempo de vida del equipo} = \frac{\text{capacidad de la batería [mAh]}}{\text{consumo de corriente [mA]}}$$

$$(840 h) \cdot (7,84 \text{ mA}) = \text{capacidad de la batería [mAh]} = 6585,57 \text{ mAh}$$

El consumo medido es mayor que el obtenido por cálculo, por lo que se comparará con los modelos de pilas que cumplieran correctamente con el Requisito Funcional 6:

[Pila AA SCP Recargables NI-MH-2700](#) (2700 mAh) $\rightarrow 344,38 h = 14,35 \text{ días}$

[Pila AA Duracell Recargable](#) (2500 mAh) $\rightarrow 318,88 h = 13,39 \text{ días}$

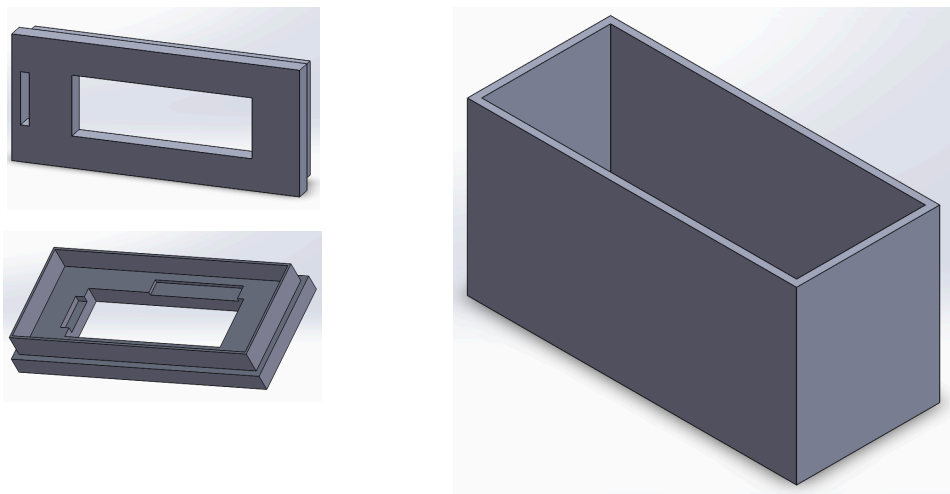
[Pila AA Energizer De Litio](#) (3000 mAh) $\rightarrow 455,56 h = 18,98 \text{ días}$

Entonces, vemos que los ejemplos utilizados anteriormente en el caso teórico, no son suficientes para cumplir con el RF6. Para solucionar este problema, se deberían agregar pilas en paralelo que amplíen la capacidad total de la alimentación, sin embargo, esto aumentaría el precio de funcionamiento de producto, dado que se le exige al cliente como extra a la compra del producto (más pilas por módulo). A favor de lo analizado, lo mejor sería encontrar una buena relación calidad-precio teniendo en cuenta tanto el tiempo de vida del producto que se le vende al cliente, como también el precio extra a pagar por el mismo.

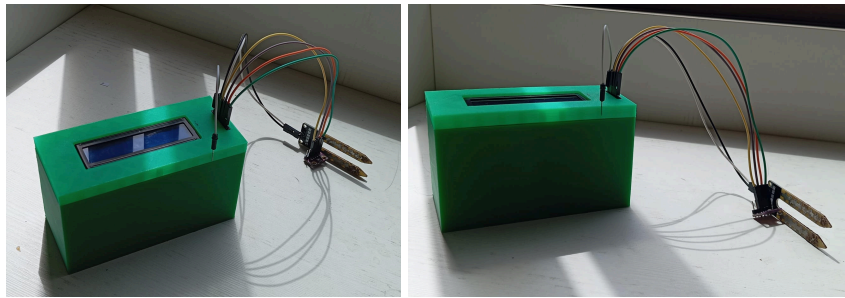
Diseño del Gabinete:

Para el diseño del gabinete, se nos exigió que cumplan con las normas IP65 e IP66, lo cual era muy complicado debido a los recursos y conocimientos con los que contamos, sin embargo realizamos un prototipo funcional de material PLA hecho con una impresora 3D, se tomaron las medidas del módulo, se tuvo en cuenta el tamaño de las baterías de alimentación que se utilizarían y el cableado interno correspondiente a las conexiones de los sensores y display, de modo que todo quepa en el gabinete sin problemas. La tapa del gabinete se diseñó conteniendo un orificio tal que el display pueda mostrar los datos medidos, como también una rendija que permita conectar a los sensores fuera del módulo, para así poder medir desde la ubicación que se quisiera.

El diseño que utilizaron todos los módulos es el siguiente:



Se muestra a continuación algunas imágenes de la implementación del gabinete junto con el módulo de LoRa, la alimentación y las conexiones:



Conclusión

A lo largo del desarrollo de este proyecto, nos enfrentamos a diversos problemas que nos obligan a adaptarnos a una forma de trabajo muy similar a la que se experimenta en un entorno laboral. Tomando como ejemplo lo sucedido con las baterías, las cuales para su cálculo utilizamos diferentes métodos para conseguir un estimado de consumo. El primer método fue revisar los datasheets de los sensores y así conseguir información de la energía tanto en funcionamiento como en transmisión. A medida que avanzamos con el proyecto, optamos por medir el consumo nosotros mismos y así obtener los datos específicos de los sensores.

También podemos destacar el diseño del gabinete, el cual a pesar de los pocos conocimientos sobre impresión 3D, pudimos modelar una carcasa en el cual tomamos como base las medidas del módulo y las baterías seleccionadas para que el espacio sea óptimo y que a la vista esté la información que los sensores medían.

Trabajar en equipo nos llevó a utilizar la comunicación como una herramienta esencial para encontrar soluciones relacionadas con el diseño, el código y la alimentación del sistema, sumado al constante contacto con los docentes que también nos permitió experimentar un estilo de negociación, lo que resultó clave para alcanzar un resultado final óptimo, tanto para nosotros como para ellos.

El diseño, desarrollo y los métodos de medición utilizados son el fruto de años de estudio, los cuales pudimos ver reflejados en este trabajo. Si bien fue necesario realizar investigaciones adicionales y buscar información específica sobre los módulos y sensores empleados, muchas etapas del proyecto se basan en conocimientos previos adquiridos.

Como resultado, logramos desarrollar un producto que cumple con los objetivos iniciales, incorporando modificaciones y decisiones tomadas durante el proceso de creación.