



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

Laboratorio N°4

Alumnos :

Alfici, Facundo Ezequiel
Arteaga Barrera, Cristian Eduardo
Baccino, Luca
Chichizola Chera, Tadeo
Gallone, Claudio Francesco
Gomez, Dolores Pilar
Lopez, Juan Ignacio

Profesor:

Ing. Danizio

Noviembre / 2024

ÍNDICE

1. Introducción.....	2
2. Desarrollo.....	3
2.1. Temperatura y Presión.....	4
2.2. Humedad.....	5
2.3. Display.....	5
2.4. Transmisor.....	6
2.5. Protocolos I2C y SPI.....	7
2.6. Construcción del circuito.....	8
2.6.1. Modelo TinkerCad.....	8
2.6.2. Modelo Físico.....	9
2.6.3. Funcionamiento del diseño.....	11
2.7. Diseño del gabinete.....	13
3. Conclusión.....	16
4. Bibliografía y Referencias.....	17
5. Hojas de Datos.....	18

1.Introducción

En este trabajo implementamos un módulo de radio frecuencia, tecnología Wi-fi, con un soporte de sistema embebido, un arduino. Se busca poder enviar datos de temperatura, presión y humedad brindados por dos sensores, los cuales se comunican con el microcontrolador y mediante un software son almacenados para posteriormente ser enviados mediante el módulo de Wi-fi hacia otra antena receptora. Además de mostrarlos en tiempo real en una pantalla led de fácil lectura.

El equipo receptor lo llamaremos gateway, almacenará todos los datos enviados en una base de datos que podrá ser analizada mediante una app móvil. Creando así con otros equipos similares al aquí desarrollado una arquitectura topología estrella con acceso a internet.

2.Desarrollo

Para comenzar con el informe, se plantean las principales problemáticas a resolver y parámetros a cumplir con la construcción del dispositivo, los cuales se conocen como **Requisitos Funcionales (RF)**.

- RF1: El sistema final debe mostrar la temperatura, presión y humedad actual en formato digital en una pantalla de fácil lectura.
- RF2: El sistema debe tener gateway o concentrador donde se recibirán las transmisiones
- RF3: El sistema debe tener módulos remotos donde se mida la temperatura, presión y humedad. La integración de los mismos debe ser mediante un PCB que cumpla con las normas vigentes. <https://www.poe-pcba.com/> consulta 22/08/2024
- RF4: Cada módulo remoto debe transmitir al concentrador. La frecuencia que se utilice debe ser no licenciada.
- RF5: El sistema debe tener un monitoreo de los módulos remotos
- RF6: Los módulos remotos deben tener alimentación propia Los mismos deben funcionar de forma autónoma como mínimo 35 días.
- RF7: El sistema debe tener una base de datos.
- RF8: El sistema debe poder mostrar los datos mediante una página web y una APP
- RF9: El sistema debe permitir la configuración de alarmas para las magnitudes medidas.
- RF10 Los módulos remotos deberán estar contenidos en gabinetes estancos que cumplan con la Norma IP65 IP66. Se deberá presentar un plan de ensayos.

Algo importante a tener en cuenta es que algunos de estos **Requisitos Funcionales** están planteados para la unión de los trabajos, por lo tanto, requisitos como el 7 y 8 son obviados por el hecho de que están hechos para las otras partes del diseño, que es realizada por parte de los compañeros de Computación.

De primera mano, es completamente necesario la utilización de sensores que permitan la comunicación correcta con el sistema embebido seleccionado, el cual es el Arduino UNO R3. Éste permitirá cumplir con los posibles requerimientos de sensores que sean aptos para los RF. Otra razón de la elección del Arduino, es su estrecha relación con el módulo Wi-Fi NRF24L01.

Partiendo de lo previamente mencionado, se empezó con la **selección de los sensores**. Hay ciertos RF que incitan a tener mediciones de temperatura, presión,

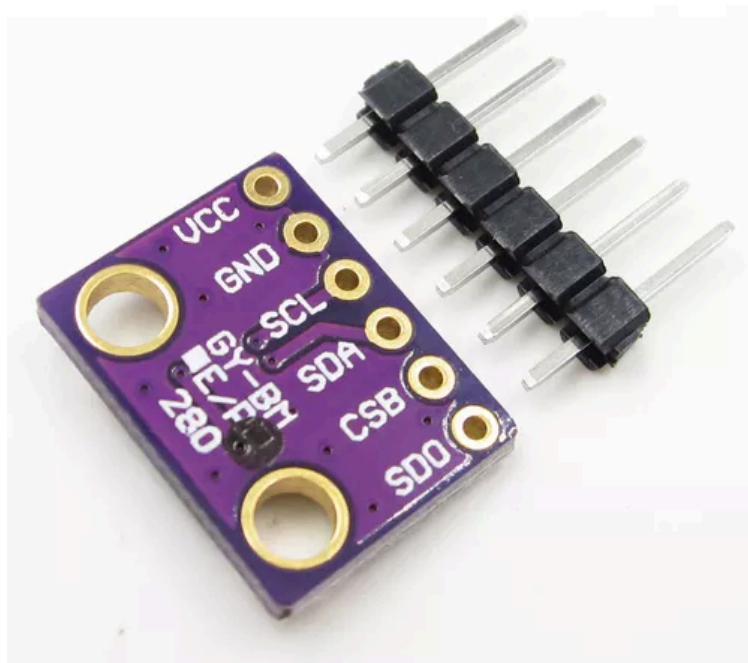
humedad y visualización de los datos, por ello se realizó una búsqueda de los sensores y pantalla a utilizar. La elección de componentes se muestra a continuación.

2.1. Temperatura y Presión

Para estas mediciones se optó por un sensor BMP 280 (Imágen 1), siendo algunas de sus características eléctricas/de medición;

- Mide presión atmosférica, temperatura y humedad (solo utilizamos las dos primeras).
- Muy alta precisión respecto a la presión, lo que permite convertir la presión barométrica en altitud con un error de $\pm 1\text{m}$.
- Pequeño tamaño y bajo consumo de energía ($2.7\mu\text{A}$).
- Rango presión: $300 \sim 1100 \text{ hPa}$.
- Rango temperatura: $-40 \sim 85^\circ\text{C}$.
- Presión del aire: $\pm 1 \text{ hPa}$.
- Precisión de temperatura: $\pm 1.0^\circ\text{C}$.
- Nivel Lógico: 3.3V .
- Interfaz: I2C, SPI.

Algo muy importante es la interfaz de lectura del sensor, la cual es I2C o SPI, que lo hace muy versátil para usar con el Arduino UNO R3(Naturalmente, esta parte se verá repetida en los otros componentes).

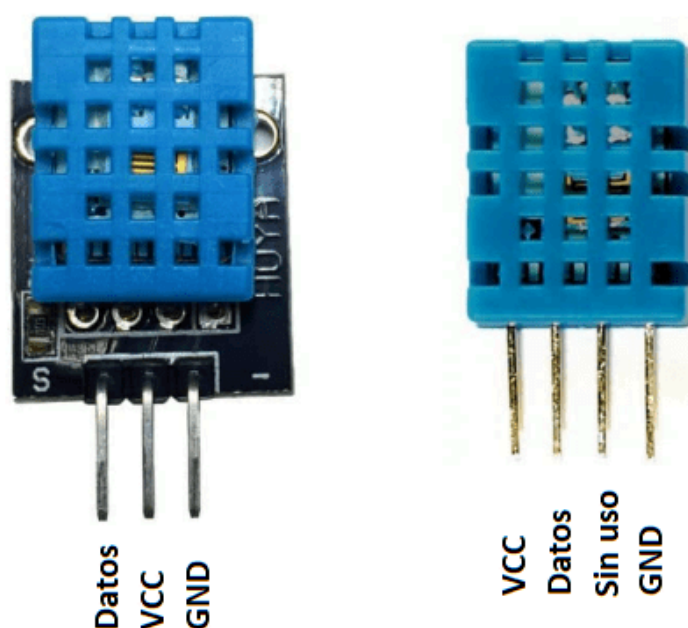


Imágen 1 : Módulo BMP280

2.2. Humedad

Para la humedad la elección fue el sensor DHT11 (Imágen 2), éste es uno de los sensores más comunes para este tipo de aplicaciones, tiene un costo bajo y es de fácil uso. Algunas de sus características eléctricas/de medición son las siguientes;

- Tensión de alimentación: + 5V.
- Consumo típico en ejecución: 0,5 mA. (2,5 mA máx.).
- Consumo típico en standby: 100uA. (150uA max.).
- Rango de temperatura: 0 a + 50 ° C \pm 2 ° C.
- Rango de humedad: de 20 a 90% HR \pm 5% de humedad relativa.
- Interfaz: Serie mediante 1 cable (1-Wire).
- Dimensiones: 1.05 » x 0.7".
- Peso: 0,1 oz (2,7 g).



Imágen 2 : Módulo DHT11 y su Pinout

2.3. Display

Como es necesaria la muestra de las mediciones en una pantalla visible, se eligió para este trabajo el LCD1602 (Imágen 3), éste funciona con un bus de 4 u 8 datos, tiene pines de chip select, lectura/escritura y enable, que nos permitirán manejarlo de la mejor manera. Las características físicas/eléctricas son las siguientes;

- 16 caracteres, 2 líneas.
- Caracteres de 5 x 8 puntos.
- Tamaño carácter 5.23 x 3 mm.
- Backlight led color azul.
- Caracteres color blanco.
- Conexiones: SDA y SCL.
- Controlador HD44780.
- Alimentación 5V.
- Dimensiones: 80 mm x 35 mm x 11 mm.
- Área visible: 64.5 mm x 16 mm.

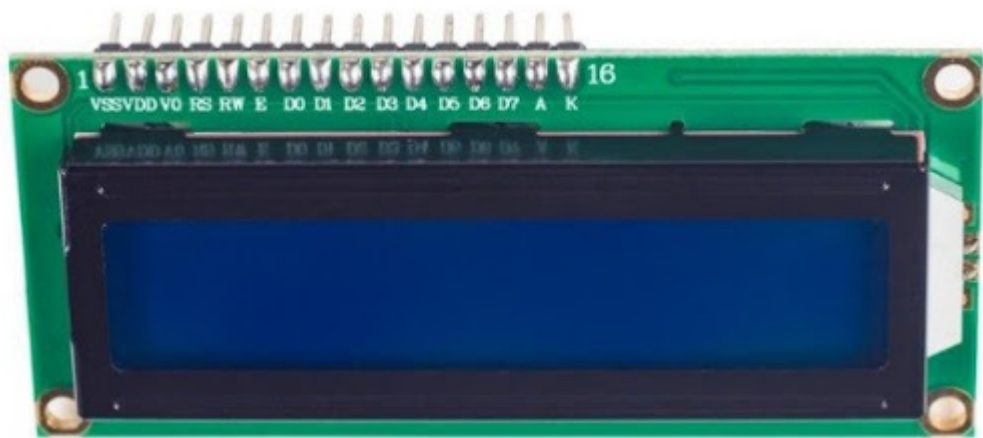


Imagen 3 : Display LCD 1602

2.4. Transmisor

Dado que se adaptó en base al pedido del trabajo, la elección sin posibilidad de cambio era el módulo NRF24L01, que es un transceptor que opera en la banda de 2,4GHz siendo ésta la banda no licenciada y posee un consumo ultra bajo (ULP) con un chip de Nordic Semiconductor. Éste tiene las siguientes características técnicas y de funcionamiento;

- Funcionamiento en la banda ISM de 2,4 GHz.
- 3 Velocidades de Datos seleccionables: 250 Kbps, 1Mbps y 2Mbps.
- Acelerador por hardware del protocolo SPI.
- Consumo energético ultra bajo.
- Fuente de alimentación: 1.9 ~ 3.6V.
- voltaje de funcionamiento del puerto IO: 0 ~ 3.3v / 5v (Tolerante a 5V).
- Consumo Corriente: 115 mA.
- Tasa de transmisión: +20 dBm.

- Recepción de sensibilidad: $\leq -95\text{dBm}$ a 1 Mbps.
- El alcance de transmisión: 1000 m en zona abierta.
- Dimensiones: 16.5mmx45.5mm.

Con esto se concluye la etapa de selección, consiguientemente se verá la etapa de protocolos

2.5. Protocolos I2C y SPI

El **I2C** es un protocolo de comunicación de bus de datos en serie y sincrónica, una de las señales del bus marca el tiempo(Clock), y la otra se utiliza para cambiar los datos enviados.

Éste bus se caracteriza por tener múltiples maestros, lo que significa que puede conectar varios chips al mismo bus y que todos actúen con maestro al iniciar la transferencia de datos. Se conoce como un estándar que facilita la comunicación entre microcontroladores, memorias y otros dispositivos con cierto nivel de inteligencia, que solo requiere dos líneas de señal y un común o masa, también permite el intercambio de información entre muchos dispositivos a una velocidad de 100Mbps, aunque el clock puede llegar hasta los 3,4 MHz, lo que es beneficioso para la utilización del mismo en el trabajo. El diagrama respectivo puede verse en la imagen 4.



Imagen 4 : Protocolo I2C

Por otra parte, el protocolo **SPI** o **Serial Peripheral Interface** es un estándar de comunicaciones usado principalmente para la transferencia de datos entre circuitos integrados o equipos electrónicos, donde el bus de datos puede controlar casi cualquier dispositivo digital que acepte un flujo de bits serie regulado por un Clock. es decir, es un tipo de comunicación sincrónica.

El bus de datos incluye una señal de Clock, un dato entrante, un dato saliente y un chip select, que conecta o desconecta la operación del dispositivo con el que se desea comunicar. Así permite multiplexar las señales de Clock. La ventaja de este

protocolo es que minimiza la cantidad de conexiones y pines utilizados para la implementación del circuito, lo que a su vez mejora el montaje y permite minimizar los costos respecto al gabinete estanco. El diagrama puede verse en la imagen 5.

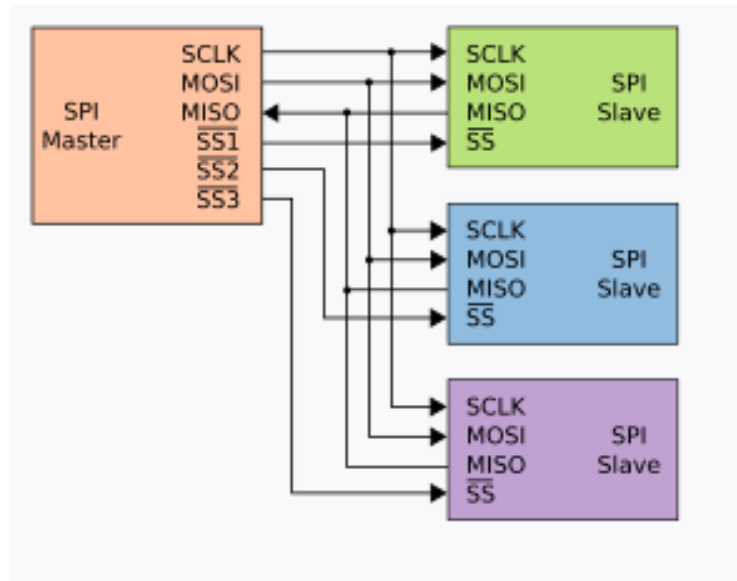


Imagen 5 : Protocolo SPI

Vistos los posibles protocolos, se llegó a la conclusión que solamente era posible la implementación del SPI dado que el módulo transmisor no permite el protocolo I2C, por ello la comunicación del arduino con el NRF24L01 está dada por este protocolo.

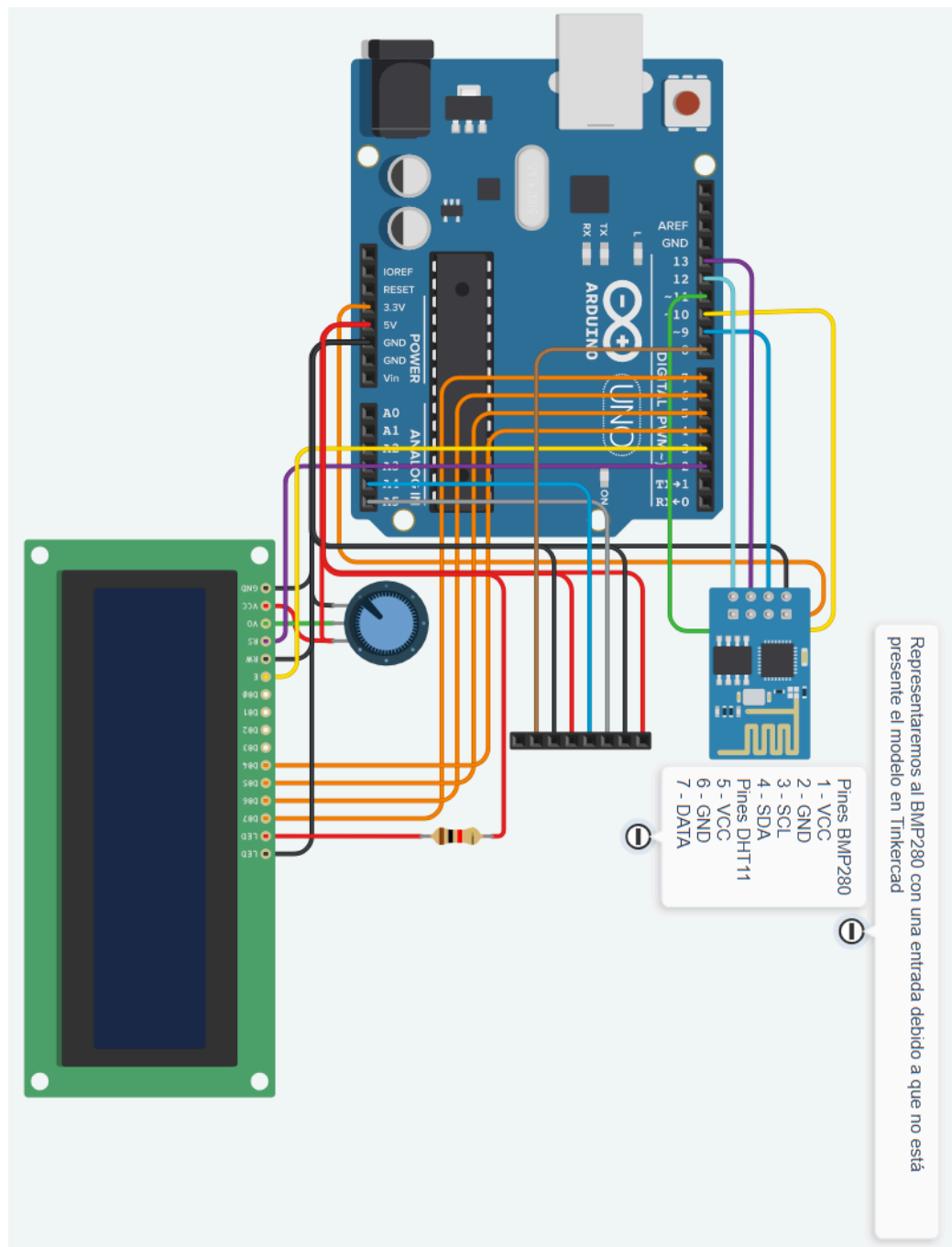
Mientras tanto, el DHT11 funciona como un bus de única dirección y el BMP280 funciona con el mismo protocolo que el transmisor, es decir, protocolo SPI.

2.6. Construcción del circuito

2.6.1. Modelo TinkerCad

Se expondrá el diagrama realizado en TinkerCad de manera apaisada, para visualizar las conexiones realizadas en el circuito. Se debe tomar en cuenta que no existen modelos de los sensores DHT11 y BMP280, por ello se realizó una aclaración y se utilizará una hilera de pines que los representan. Siendo del 1 al 4 los pines del BMP280 y del 5 al 7 los pines del DHT11 (Imagen 6).

Respecto a las **conexiones de los sensores**, el BMP 280 presentaba conexiones en los puertos *analógicos* del arduino, mientras que las del DHT11 y el NRF24L01 estaban conectados a los puertos *digitales*.



Imágen 6 : Diagrama de pines Tinkercad

2.6.2. Modelo Físico

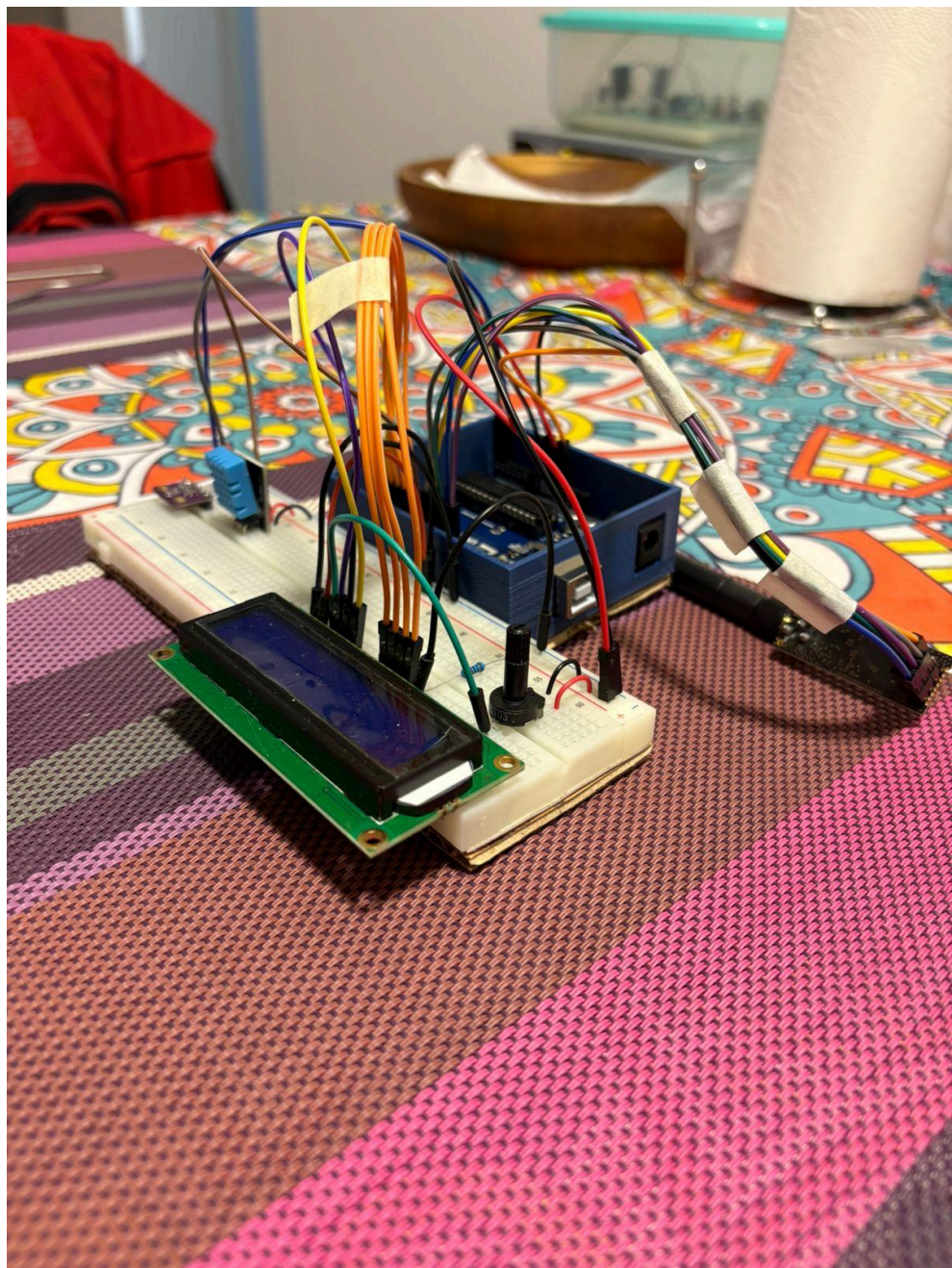
Posteriormente, se expondrá la **conexión en físico** (Imágenes 7.1 y 7.2) y el respectivo funcionamiento del proyecto.

Cabe recalcar que se utilizó un potenciómetro conectado al display 1602 con tal de que éste regule el contraste de lo que se visualiza en el mismo.

Respecto a la duración de la batería del dispositivo, se colocó una pila de 9V, la cual suministrará el proyecto durante un plazo de entre **6-10 meses**, cumpliendo con el Requisito Funcional que lo solicitaba.

Se tuvieron algunos **inconvenientes** a la hora de la construcción, como puede ser la selección de las entradas/salidas a las que se conectaba cada sensor, debido a que, por ejemplo, el sensor DHT11 representaba la salida DATA con un solo pin, por ello parecía sensata la idea de que se conectaba a una entrada analógica, pero esto no era el caso debido a que el sensor realizaba la conversión de manera interna de analógica a digital.

También, primeramente, se pensó utilizar el DHT11 como sensor de temperatura y humedad dejando solamente al BMP280 como sensor de presión. Pero debido al buen rendimiento del mencionado anteriormente, se decidió dejar la tarea de sensado de temperatura al BMP280.



Imágen 7.1 : Circuito Físico

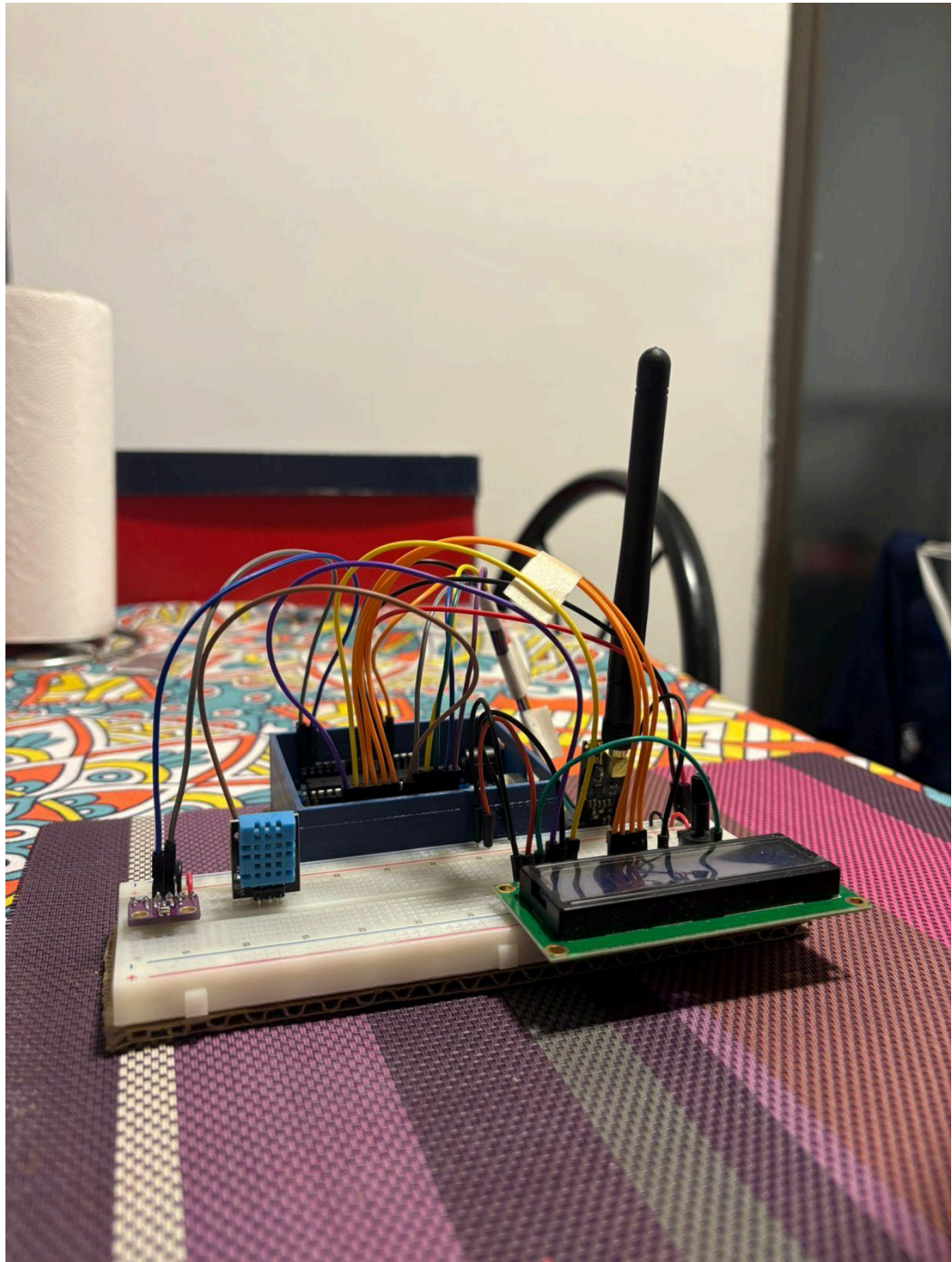


Imagen 7.2 : Circuito Físico

2.6.3. Funcionamiento del diseño

En este inciso, se presentarán las imágenes del proyecto en funcionamiento.(Imágenes 8.1 y 8.2)



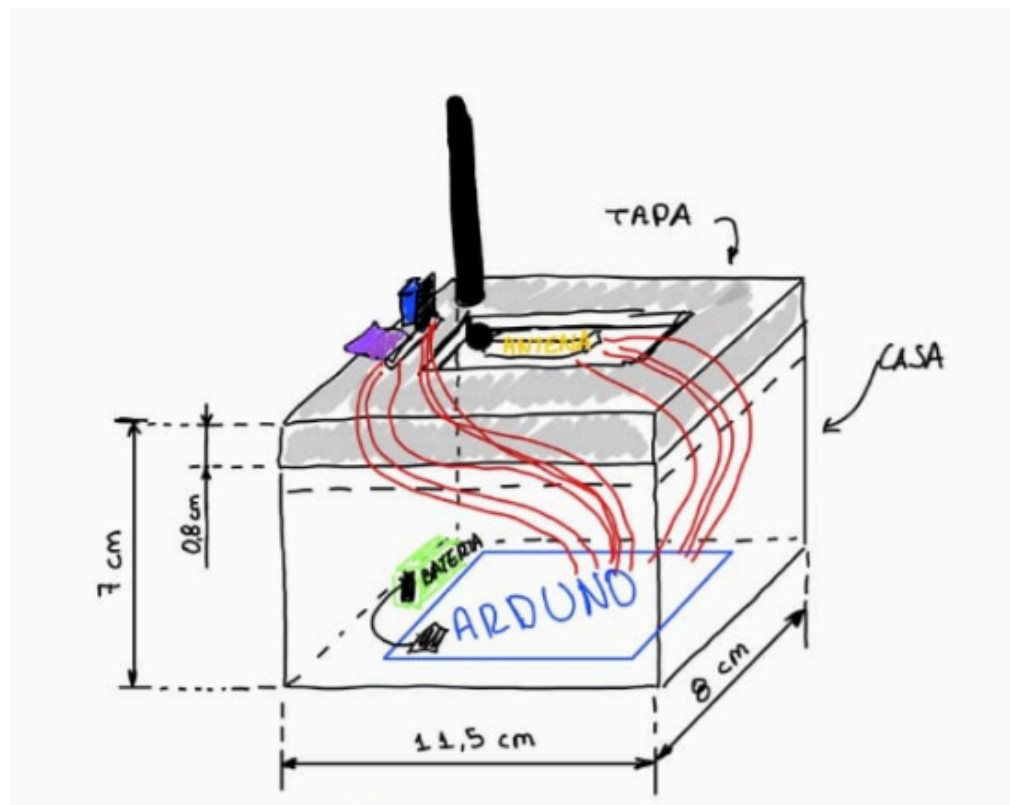
Imágen 8.1 : Proyecto en funcionamiento



Imágen 8.2 : Proyecto en funcionamiento

2.7. Diseño del gabinete

A continuación se mostrarán los bocetos realizados para la planificación del gabinete estanco. Según la Norma IP65 IP66 se establece que “*el gabinete en sí debería estar protegido respecto de la penetración de polvo y la pulverización de agua*”. Ahora, debido a que nuestro proyecto debe presentar unas aberturas para que se pueda realizar el sensado, esto termina siendo una tarea muy difícil para presupuestos bajos, ya que se deberían colocar ciertas protecciones en las aberturas, resultando así más costoso de lo deseado. Consiguientemente se expondrá el gabinete estanco diseñado (Imágenes 9.1 y 9.2).



Imágen 9.2 : Bocetos Gabinete estanco

3. Conclusión

Se logró de manera satisfactoria, cumplir con los requerimientos funcionales del proyecto, la conexión con éxito del módulo Wi-fi, la integración de los sensores, tanto de humedad como de presión y temperatura. Permitió llevar a la práctica el protocolo SPI, el desarrollo de sistemas embebidos, entre otros.

En el proceso de desarrollo y diseño, se utilizaron técnicas, procedimientos y conocimientos adquiridos durante la cursada. Estos conceptos sientan bases para desarrollar otro tipo de proyectos de ingeniería más complejos y de más envergadura.

Se entiende que hay muchas aristas donde se puede hacer crecer este proyecto como en el alcance o la alimentación. Ya que el sistema presenta características simples y de bajo costo, aunque muy poderosas en cuanto a utilidad.

4. **Bibliografía y Referencias**

- NRF24L01 para arduino - Tutorial básico NRF24L01 con arduino -
https://naylampmechatronics.com/blog/16_tutorial-basico-nrf24l01-con-arduino.html
- LCD1602 para arduino - Tutorial LCD, conectando tu arduino a un LCD1602 y LCD2004 -
https://naylampmechatronics.com/blog/34_tutorial-lcd-conectando-tu-arduino-a-un-lcd1602-y-lcd2004.html
- Módulo transceptor NRF24L01+PA+LNA -
https://www.todomicro.com.ar/comunicacion/312-modulo-transceptor-nrf24l01pa+lna.html?srsId=AfmBOoeFQ1IzDkSeZO6i6dliHfJlp_xPB7y7QOgUiJQEKMWaW6aiAnz
- Serial Peripheral Interface - 11 de Diciembre de 2023 - Wikipedia -
https://es.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface
- Robots Didácticos - Comunicación - Descripción y funcionamiento del Bus I2C - 24 de Junio de 2019 -
<https://robots-argentina.com.ar/didactica/descripcion-y-funcionamiento-del-bus-i2c/>
- Lab4 Implementación de módulos de radio frecuencia con soporte de sistemas embebidos - Cátedra de Teoría de las comunicaciones - Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales
- Código del proyecto -
<https://github.com/francescogallone/Medidor-de-T-P-y-H/blob/main/Code>

5.Hojas de Datos

- DHT 11 -
https://dfimg.dfrobot.com/enshop/image/data/DFR0067/DFR0067_DS_10_en.pdf
- LCD1602 -
<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1574134/CRYSTAIFONTZ/LCD1602A.html>
- BMP280 -
<https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/BST-BMP280-DS001-11.pdf>
- NRF24L01 -
https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/SMD/nRF24L01Pluss_Preliminary_Product_Specification_v1_0.pdf