



Universidad Autónoma Metropolitana - Lerma

Samsung Innovation Campus´

Proyecto Capstone

Sistema de monitoreo de variables fisicoquímicas aplicadas a
un sistema agrícola con tecnología IoT

Presenta:

González Limón Habacuc

2172041139

López Ortega Fabian Andrés

2173072585

Martínez Flores Erick

2173072905

Tutoría:

Dra. Paloma A. Vilchis León

Enero 2022

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	3
LISTA DE ANEXOS	4
AGRADECIMIENTOS.....	5
INTRODUCCIÓN	6
ALINEACIÓN CON ALGUNO DE LOS OBJETIVOS DEL PNUD	7
JUSTIFICACIÓN	8
OBJETIVOS GENERALES	8
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
MATERIAL	9
DESARROLLO.....	12
REFERENCIAS.....	16
REFERENCIAS DE MATERIALES	17
ANEXOS	18

Lista de figuras

Placa Raspberry Pi.....	9
Eliminador Raspberry Pi.....	9
Sensor DHT11.....	9
Sensor de PH E201-BNC	10
Sensor BMP180	10
Conversor analógico digital ADC ADS1115	10
Placa ESP32	11
Ejemplo de carcasa.....	11
Armado del circuito del prototipo	12
Instrucción de llamada, dentro del “main”	12
Ejemplo de ejecución para la generación del broker.....	13
Ejemplo de inicialización de Node-Red	13
Conexión de bloques en Node-Red	14
Inicialización de Grafana	15
Visualización de datos del primer testeo en Grafana	15

Lista de anexos

Objetivos para el desarrollo sostenible.....	18
Armado de circuito DHT11	18
Armado de circuito del sensor de PH E201-BNC Conversor analógico digital ADC ADS1115.....	19
Circuito del sensor BMP180	19
Conexión DHT11	20
PINOUT Sensor de PH E201-BNC	20
PINOUT Sensor BMP180.....	21
PINOUT ESP32.....	21
Panel de trabajo de Node-Red	22
Ingreso a la plataforma Grafana.....	22

Agradecimientos

Este proyecto ha sido preparado a un esfuerzo de colaboración entre la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), Samsung, por su iniciativa: Samsung Innovation Campus, bajo la impartición del Diplomado “Curso del internet de las cosas “, y Código IoT con su participación en la docencia; bajo el liderazgo técnico del Mtro. Nahim de Anda Ceo Martín (Especialista en servicios de Transformación Digital e Internet de las Cosas), la impartición educativa constante del Ingeniero Hugo Vargas (Director de Contenidos), así como la Dra. Paloma Vilchis (Instructora IoT y electrónica) que fue nuestra tutora de tiempo completo, a la que se le agradece con mucha énfasis todo su apoyo y carácter que llevo durante la impartición del curso.

Agradecerle también a toda la comunidad IoT de la UAM SIC GRUPO 2 y 4, por su gran participación como apoyo entre estudiantes durante el diplomado, así como por ser una comunidad amigable y trabajadora. En especial a los compañeros: Cesar Arturo Mejía Hernández, Gabriel Darío Gonzales Peñaloza, María Inés Rodríguez Hernández, Gabriel Ulises Lagunes Medina.

Introducción

La demanda de alimentos y productos agrícolas esta sufriendo cambios sin precedentes. El crecimiento poblacional, perfiles de consumo, condiciones climáticas y escasez de recursos, deriva en un fuerte desequilibrio entre la oferta y demanda de insumos. Las Naciones Unidas proyectan un importante crecimiento poblacional que llevaría a la población mundial a más de nueve mil millones de personas en 2050 (Zlotnik 2009). Este hecho marca un reto de suma importancia para la supervivencia humana. Es importante mencionar que desde la firma de la Declaración Universal de Derechos Humanos (DUDH), el derecho humano a la alimentación está establecido como derecho fundamental y por lo tanto es inherente a todos los seres humanos e indivisibles de otros derechos vinculados a este (Calderón, 2019).

Los avances tecnológicos en diferentes campos del conocimiento y la inmersión de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), en todas las actividades humanas, marcan el concepto de una nueva era, en la que la industria combina lo físico, lo digital y lo, hacia la creación biológica de valor (World Economic Forum, 2019; Flóres, 2021), lo que permitiría buscar nuevas oportunidades para la problemática previamente tratadas por medio de bancos de alimentos y sistemas agrícolas controlados, actualmente ya existen países que están invirtiendo por estas tecnologías, un ejemplo muy significativo es Holanda que se coloca mundialmente como uno de los mayores exportadores de productos agrícolas a pesar de sus dimensiones territoriales y condiciones climáticas. Esta nueva tendencia se está construyendo en las ciudades más grandes del mundo, como son: Nueva York, Londres, Tokio y algunos proyectos en África, Cabe resaltar que este proceso sustentable y de reutilización es excesivamente caro por todo el proceso del manejo de energías.

Otra ventana de oportunidad que tuvo un realce importante en estos dos últimos años de contingencia mundial, es la agricultura urbana, que consiste básicamente en generar un autoconsumo por parte de la población de colonias y hasta ciudades en un futuro optimo, provocando un cambio como individualista como consumidor responsable y buscando uno colectivo como población. Esta tendencia se puede implementar de manera clásica, como los son los huertos en casa, así como también integrar tecnología al monitoreo de cultivos agrícolas, generando una agricultura urbana 4.0.

El internet de las cosas es una interconexión de dispositivos informáticos integrados exclusivamente identificables, donde todos los dispositivos están equipados con

capacidades de comunicación y captura de datos, usando el internet como medio para transmitir o intercambiar datos.

La posibilidad de la incorporación de las tecnologías relacionadas con el internet de las cosas en el sector agrícola y agroindustrial nos permitirá tener un control dentro de cualquier tipo de cultivo. La integración de sensores que nos proporcionen información en tiempo real, o al menos con una corta periodicidad, nos ayudara a reaccionar adecuadamente y mantener un proceso preventivo, de tal forma que existan cultivos protegidos y optimizados, capaces de superar condiciones climáticas y aspectos fisicoquímicos. Esta nueva añadidura se denomina agroindustria 4.0, donde existe la conectividad entre los dispositivos integrados en los sistemas de gestión (Domínguez 2021).

Alineación con alguno de los objetivos del PNUD

El 25 de septiembre de 2015, más de 150 líderes mundiales asistieron a la cumbre de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible. El escrito oficial se titula: “Transformar Nuestro Mundo: la agenda 2030 para el desarrollo sostenible”, dicho documento incluye 17 Objetivos (Ver Anexo: 1) de Desarrollo Sostenible (ODS) cuyos propósitos son poner fin a la pobreza, luchar contra la desigualdad y la injusticia, y hacer frente al cambio climático (PNUD MÉXICO, 2019).

La agenda 2030 contempla una serie de metas temáticas detallas a exactitud, mediante un enfoque multidisciplinar que aborda el desarrollo sostenible, como una necesaria integración entre los sectores sociales, económicos y medioambientales. Asimismo, al ser una agenda de derechos, erige elementos transversales a su implementación, que implican en particular, asegurar el fortalecimiento de los derechos humanos mediante cualquier iniciativa de política pública, considerar en primer lugar a las poblaciones más vulnerables y asociar a los diferentes sectores de la población a su desarrollo (PNUD MÉXICO, 2019).

Atendiendo la invitación del proyecto capstone, dentro del PNUD nuestros objetivos, convergen con los puntos 2 y 11, que se refieren a:

- Poner fin al hambre.
- Ciudades y comunidades sostenibles.

A pesar de que este proyecto es una micro escala de lo que son las grandes industrias en países primermundistas, nos entusiasma a portar nuestro granito de arena, buscando no solo este cambio de paradigma entre nosotros, si no también influenciar y crecer a nuestros lados como comunidad.

Justificación

La agricultura es el fundamento de la sociedad como la conocemos, desde tiempos inmemorables hemos buscado la forma de obtener alimentos y producirlos, actualmente los retos van desde la singularidad del individuo por el autoconsumo hasta como humanidad en el reabastecimiento de insumos en viajes espaciales que buscan el auto sustento del astronauta en periodos muy extensos y/o en la capacidad de producir alimento en la expansión humana en otros planetas. Es incorrecto pensar que la agricultura es un sector de una sola ciencia, es por eso que la integración de esta industria 4.0, y de nosotros como sociedad, es de suma importancia para la preservación de insumos, economía de un país y cultura de una sociedad.

Objetivos generales

- Desarrollar un prototipo básico de internet de las cosas donde se pueda integrar sensores para el envío de información en tiempo real de variables como: Temperatura, Humedad, PH, Altitud, Presión y Temperatura Barométrica

Objetivos específicos

- Aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de diplomado para la construcción e implementación de un sistema de monitoreo IoT.
- Generar una alternativa sustentable y ruptura de paradigma para que la población pueda optar por una integración de mejores perfiles alimenticios y autoconsumo.
- Analizar y gestionar la información recolectada, de tal forma que pueda ser reutilizada para el buen manejo dentro del sector agrícola y/o agroindustrial.

Material




Material	Precio
Raspberry Pi 3B +	\$ 1324.00
 <p><i>Figura 1.- Placa Raspberry Pi.</i></p>	
Eliminador Raspberry Pi 3B +	\$ 135.00
 <p><i>Figura 2.- Eliminador Raspberry.</i></p>	
Sensor de humedad de tierra-suelo Arduino. DHT11	\$ 70.00
	

Figura 3.- Sensor DHT11.

Sensor de PH liquido con electrodo
E201-BNC

\$ 512.00



Figura 4.- Sensor de PH E201-BNC.

Sensor de presión Barométrica
BMP180

\$ 28.00



Figura 5.- Sensor BMP180.

Conversor analógico digital ADC
ADS1115

\$ 289.00

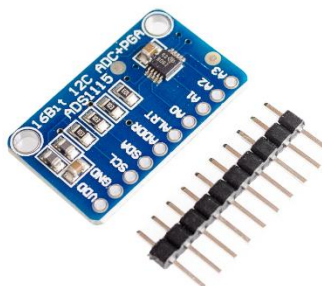


Figura 6.- Conversor analógico digital ADC
ADS1115.

ESP32

\$ 191.00



Figura 7.- Placa ESP32.

Carcasa metálica (19*20*10) cm

\$



Figura 8.- Ejemplo de carcasa.

Desarrollo

Primero que nada necesitaremos implementar un interfaz de trabajo, en este caso estaremos utilizando Python 3 en nuestra Raspberry.

Posteriormente verificaremos el estado de nuestros sensores, realizando una codificación de 3 scripts para probar por separado cada uno de nuestros dispositivos (Consultar [Anexo](#)), así mismo un circuito correspondiente para realizar este testeo (Ver Anexo: 2, 3 y 4).

Una vez corroborado su funcionamiento es necesario realizar una integración entre todos los sensores, tanto de manera eléctrica (figura 10), como de software.

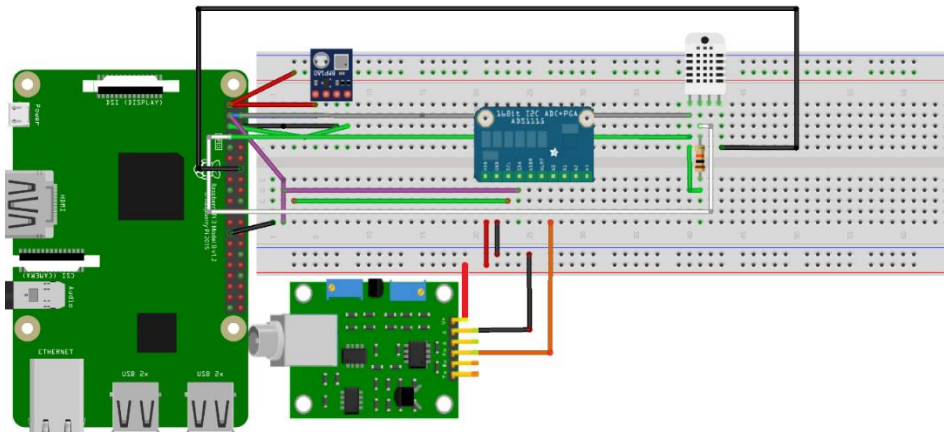


Figura 9.- Armado del circuito del prototipo.

Esta unión de códigos se realizó convirtiendo los 3 scripts en tres nuevos archivos con una estructura de función, para sí poder llamarlos dentro de un nuevo archivo denominado "main" (Consultar [Anexo](#)), que contendrá el cuerpo del programa y una línea de código que importara desde una carpeta llamada "sensores", nuestras tres funciones (Figura 11).

```
from sensores import dht11, bmp, sensorPH # impota los archivos
```

Figura 10.- Instrucción de llamada, dentro del "main".

Para poder lograr una interconexión entre dispositivos, necesitamos hacer uso de distintas herramientas.

El primero es el protocolo de transmisión MQTT, o coloquialmente conocido como mosquito. Inicialmente debemos tener nuestro Broker, que es la dirección IP, a la que le estaremos enviando nuestros datos. Para generar este bróker público, se necesita correr la siguiente instrucción, véase el ejemplo de la figura 12.

```
erick@erick-VirtualBox:~$ nslookup broker.hivemq.com
Server:          127.0.0.53
Address:         127.0.0.53#53

Non-authoritative answer:
Name:   broker.hivemq.com
Address: 35.157.158.119
Name:   broker.hivemq.com
Address: 18.193.126.219
```

Figura 11.- Ejemplo de ejecución para la generación de bróker.

Una vez que contamos con nuestro bróker público, debemos implementar otra herramienta llamada Node-Red, que es una interfaz gráfica que nos permita realizar una programación entre nodos.

Para inicializar este sistema, debemos ejecutar la siguiente instrucción (figura 13), esto nos generara una dirección IP, que copiaremos y pegaremos en cualquier navegador, para proceder a la ventana de trabajo del Node-Red (Ver Anexo 9).

```
erick@erick-VirtualBox:~$ node-red
28 Jan 23:43:26 - [info]

Welcome to Node-RED
=====

28 Jan 23:43:26 - [info] Node-RED version: v1.3.5
28 Jan 23:43:26 - [info] Node.js version: v14.17.2
28 Jan 23:43:26 - [info] Linux 5.13.0-27-generic x64 LE
28 Jan 23:43:27 - [info] Loading palette nodes
28 Jan 23:43:27 - [info] Settings file : /home/erick/.node-red/settings.js
28 Jan 23:43:27 - [info] Context store : 'default' [module=memory]
28 Jan 23:43:27 - [info] User directory : /home/erick/.node-red
28 Jan 23:43:27 - [warn] Projects disabled : editorTheme.projects.enabled=false
28 Jan 23:43:27 - [info] Flows file : /home/erick/.node-red/flows_erick-VirtualBox.json
28 Jan 23:43:27 - [info] Creating new flow file
28 Jan 23:43:27 - [warn]
```

Figura 12.- Ejemplo de inicialización de Node-red.

Para la programación del Node-red, utilizamos 4 diferentes nodos respectivamente, para cada variable que monitorearemos, esto quiere decir que también tendremos una base de datos por cada una (Ver figura 14).

El primer nodo de lado izquierdo color morado, es una entrada del protocolo MQTT, que nos permitirá suscribirnos al tema del que estamos trabajando, es muy importante el buen manejo de tópicos, porque radica la buena conexión entre nodos.

El siguiente nodo de color amarillo es un canal de envío, así como la configuración de una variable string a un número, esto con la finalidad de poder almacenarlo e interpretarlo en los siguientes nodos y posteriormente traspalarlos a nuestro Dashboard. El tercer nodo de color rosa es una salida con la extensión influxdb, esta nos permitirá mandar nuestra información a nuestra base de datos. Influxdb es de suma importancia, ya que nos permitirá generar una base de datos para toda la información que recopilamos.

El ultimo nodo de color verde, es solamente para mostrar un mensaje de envío de datos.

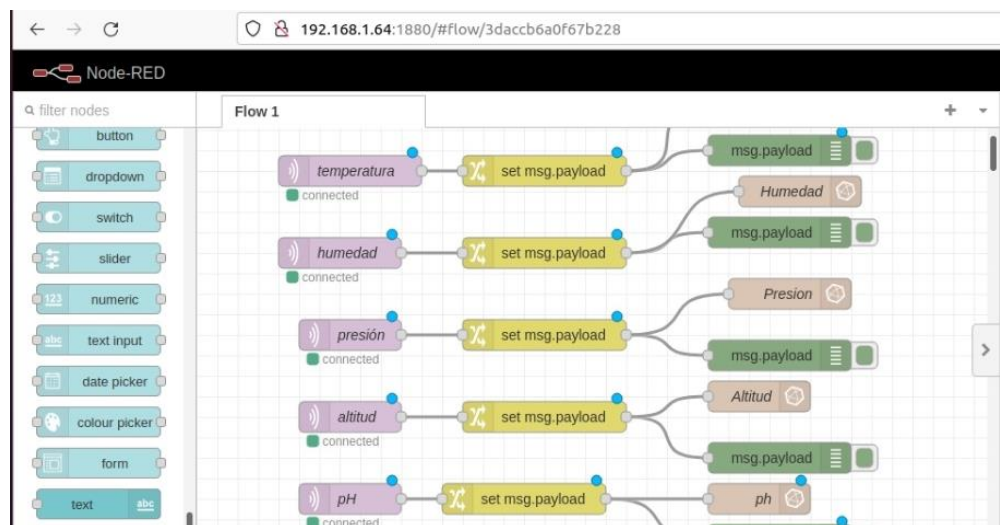


Figura 13.- Conexión de bloques en Node-Red.

Para continuar con el gestiona miento de datos es muy importante usar la herramienta de Grafana, que nos permitirá generar una visualización más detallada de toda la información que recopila nuestros sensores.

Para inicializar y verificar el buen funcionamiento de esta herramienta, debemos correr las siguientes líneas de código dentro de nuestra terminal, en donde podemos verificar que nuestro servidor este activado correctamente (Véase figura 15).

```
erick@erick-VirtualBox:~$ sudo systemctl start grafana-server
erick@erick-VirtualBox:~$ sudo systemctl status grafana-server
● grafana-server.service - Grafana instance
   Loaded: loaded (/lib/systemd/system/grafana-server.service; disabled; vendor preset: enabled)
   Active: active (running) since Sat 2022-01-29 00:39:39 CST; 19s ago
     Docs: http://docs.grafana.org
   Main PID: 6434 (grafana-server)
      Tasks: 13 (limit: 5739)
     Memory: 30.2M
    CGroup: /system.slice/grafana-server.service
            └─6434 /usr/sbin/grafana-server --config=/etc/grafana/grafana.ini

ene 29 00:39:49 erick-VirtualBox grafana-server[6434]: t=2022-01-29T00:39:49-06>
ene 29 00:39:49 erick-VirtualBox grafana-server[6434]: t=2022-01-29T00:39:49-06>
ene 29 00:39:49 erick-VirtualBox grafana-server[6434]: t=2022-01-29T00:39:49-06>
ene 29 00:39:49 erick-VirtualBox grafana-server[6434]: t=2022-01-29T00:39:49-06>
ene 29 00:39:49 erick-VirtualBox grafana-server[6434]: t=2022-01-29T00:39:49-06>
ene 29 00:39:49 erick-VirtualBox grafana-server[6434]: t=2022-01-29T00:39:49-06>
ene 29 00:39:50 erick-VirtualBox grafana-server[6434]: t=2022-01-29T00:39:50-06>
ene 29 00:39:50 erick-VirtualBox grafana-server[6434]: t=2022-01-29T00:39:50-06>
ene 29 00:39:50 erick-VirtualBox grafana-server[6434]: t=2022-01-29T00:39:50-06>
ene 29 00:39:50 erick-VirtualBox grafana-server[6434]: t=2022-01-29T00:39:50-06>
lines 1-20/20 (END)...skipping...
● grafana-server.service - Grafana instance
   Loaded: loaded (/lib/systemd/system/grafana-server.service; disabled; vendor preset: enabled)
   Active: active (running) since Sat 2022-01-29 00:39:39 CST; 19s ago
     Docs: http://docs.grafana.org
   Main PID: 6434 (grafana-server)
```

Figura 14.- Inicialización de Grafana.

Para poder ingresar a Grafana podemos acceder directamente desde cualquier navegador, y crearnos una cuneta de ser necesario o iniciar sesión (Ver Anexo 10). Esta última herramienta la usaremos para generar nuestro Dashboard. Todos los datos que recopilamos los podremos analizar a detalle y digitalizar, en la figura 16, podemos observar nuestros primeros datos de muestreo, esto fue únicamente como prueba del funcionamiento.

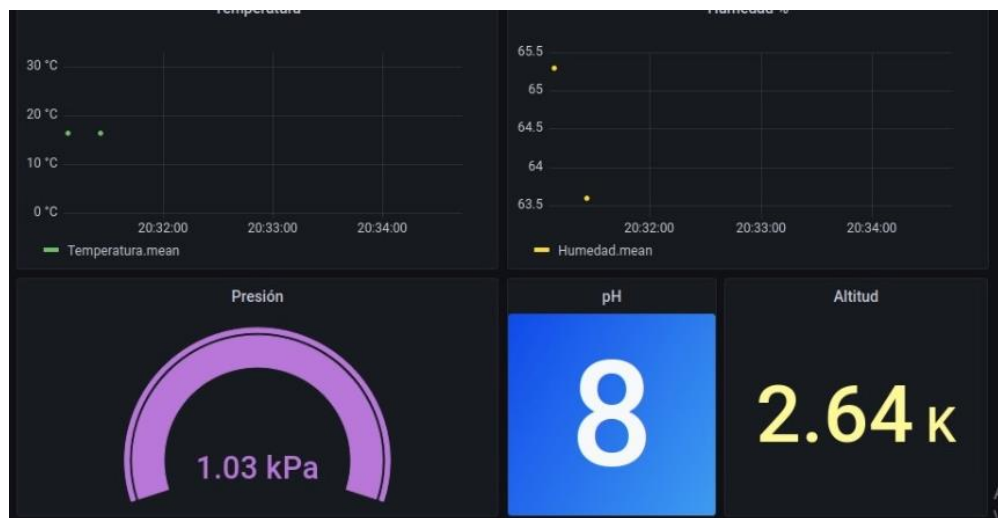


Figura 15.- Visualización de datos del primer testeo en Grafana.

Referencias

- Ricardo Domínguez García-Baquero. (2020). Agroindustria 4.0, la era de la información y la conectividad. 20/01/22, de SMART FLIGHT Sitio web: <https://www.mercacei.com/pdf/m104-digitalizacion.pdf>.
- Diego Hernando Flórez Martínez. (2021). Agroindustria 4.0: Mega tendencia para las actividades de Ciencia, Tecnología y Innovación en el sector agropecuario. 21/01/22, de Agrosavia corporación colombiana de investigación agropecuaria Sitio web: https://www.researchgate.net/publication/343263423_Agroindustria_40.
- Kate Pescadilla. (2019). Estos tomates holandeses pueden enseñarle al mundo sobre agricultura sostenible. 27/01/22, de WORLD ECONOMIC FORUM Sitio web: <https://www.weforum.org/agenda/2019/11/netherlands-dutch-farming-agriculture-sustainable/>.
- Marta Calderón Carvajal. (2019). DERECHO A LA ALIMENTACIÓN Y BANCOS DE ALIMENTOS ANÁLISIS DE LOS BANCOS DE ALIMENTOS A TRAVÉS DEL ENFOQUE BASADO EN DERECHOS HUMANOS. 22/01/22, de Universidad POLITÉCNICA, Universidad Complutense Madrid Sitio web: https://www.derechoalimentacion.org/sites/default/files/pdf-materiales/TFM_Calder%C3%B3n_Carvajal_Marta.pdf.
- Centro de noticias de la ONU. (2015). La Asamblea General adopta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. 22/01/22, de Objetivos de desarrollo sostenible Sitio web: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>.
- PNUD MÉXICO. (2019). EL ENFOQUE DE LA AGENDA 2030 EN PLANES Y PROGRAMAS PÚBLICOS EN MÉXICO. 17/01/22, de PNUD MÉXICO Sitio web: <file:///C:/Users/Easy%20E/Downloads/190305Gu%C3%ADaPlanear.pdf>.
- Carlos A. da Silva, Doyle Baker, Andrew W. Shepherd, Chakib Jenane y Sergio Miranda da Cruz. (2013). Agroindustrias para el desarrollo. 15/01/22, de ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA Roma Sitio web: <https://www.fao.org/3/i3125s/i3125s.pdf>.

Referencias de materiales

- UNIT ELECTRONICS. (2016-2021). Sensor de Presión Barométrica BMP180. 10/01/22, de UNIT ELECTRONICS Sitio web: <https://uelectronics.com/producto/sensor-de-presion-barometrica-bmp180/>.
- TECNEU TECHNOLOGY. (2020). Sensor De Humedad De Tierra Suelo Arduino, Pic. 10/01/22, de Mercado libre Sitio web: https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-602081436-sensor-de-humedad-de-tierra-suelo-arduino-pic-JM?matt_tool=54128181&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=14542140469&matt_ad_group_id=123709642021&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=544038483243&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=pla&matt_merchant_id=164788322&matt_product_id=MLM602081436&matt_product_partition_id=1404886571218&matt_target_id=pla-1404886571218&qclid=Cj0KCQiA8vSOBhCkARIsAGdp6RQGvVqt9cdsAuMldPKrvwlztVF9
- UNIT ELECTRONICS. (2016-2021). PH-4502C Sensor de PH Liquido con electrodo E201-BNC. 10/01/22, de UNIT ELECTRONICS Sitio web: <https://uelectronics.com/producto/sensor-de-ph-liquido/>.
- UNIT ELECTRONICS. (2016-2021). Eliminator Raspberry Pi 3 5V-3A. 10/01/22, de UNIT ELECTRONICS Sitio web: <https://uelectronics.com/producto/cargador-raspberry-pi-3b-5-volts-3-ampers/>.
- Raspberry. (2019). 330ohms Raspberry Pi 3 Modelo B+. 10/01/22, de Amazon Prime Sitio web: https://www.amazon.com.mx/ELEMENT-330ohms-Raspberry-Pi-Modelo/dp/B07PYFH69S?ref=ast_store_dp
- UNIT ELECTRONICS. (2016-2021). ESP32 CAM OV2640 Wifi Bluetooth. 10/01/22, de UNIT ELECTRONICS Sitio web: <https://uelectronics.com/producto/esp32-cam-ov2640-wifi-bluetooth/>.

Anexo



Producido en colaboración con TROLLBÄCK + COMPANY | TheGlobalGoals@trollback.com | +1.212.529.1010
Para cualquier duda sobre la utilización, por favor comuníquese con: dpcampaign@un.org

Figura 1.- Objetivos para el desarrollo sostenible.

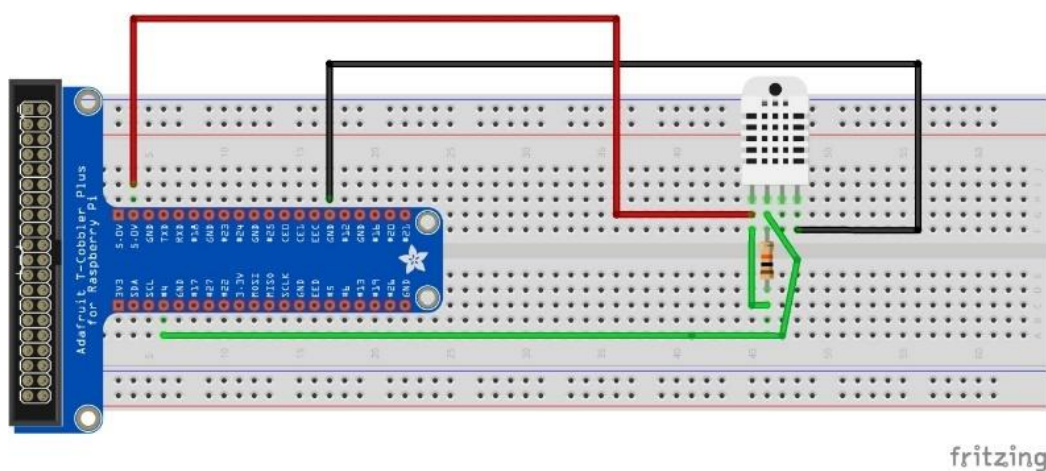


FIGURA 2.- Armado de circuito DHT11.

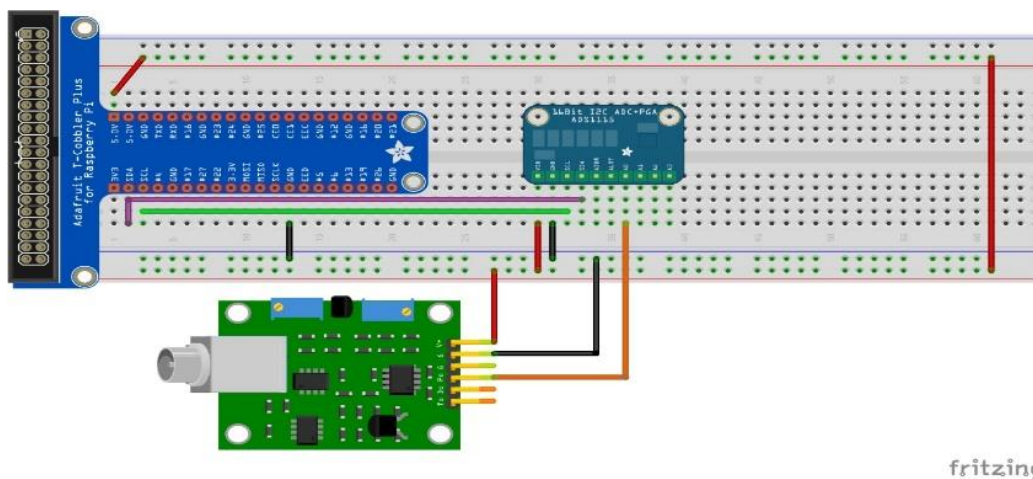


FIGURA 3.- Armado de circuito del sensor de PH E201-BNC
Convertor analógico digital ADC ADS1115

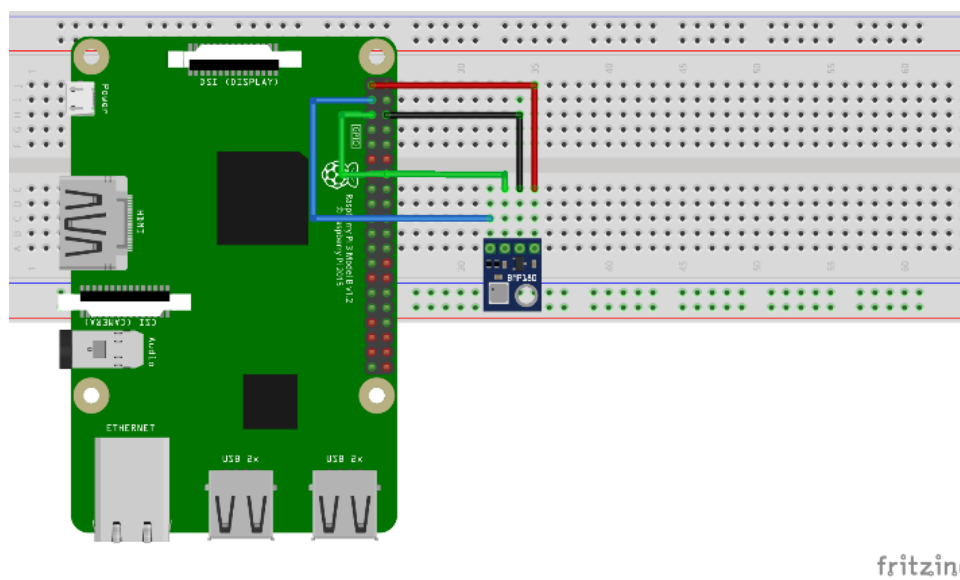


FIGURA 4.- Circuito del sensor BMP180.

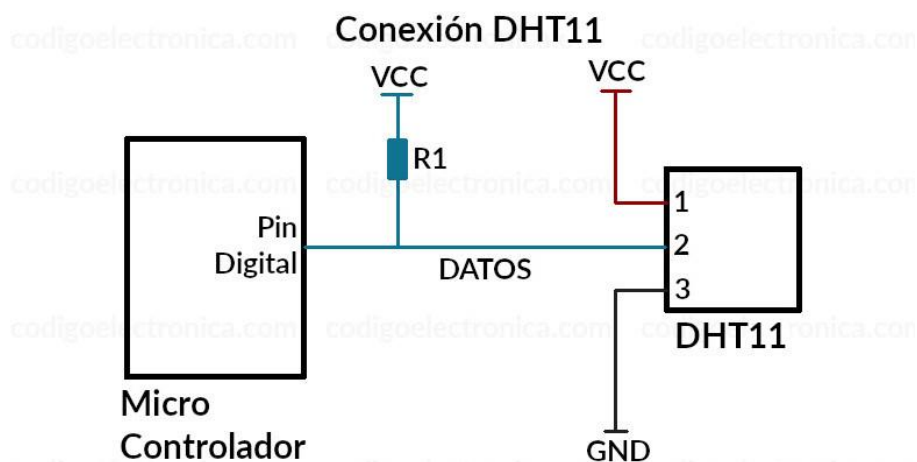


FIGURA 5.- Conexión DHT11.

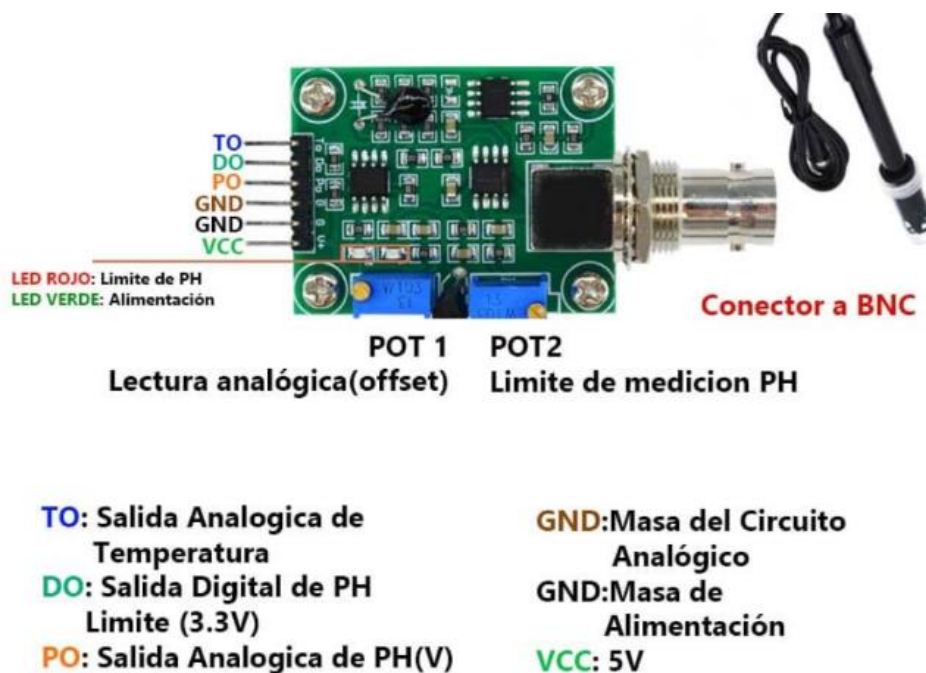


FIGURA 6.- PINOUT Sensor de PH E201-BNC.

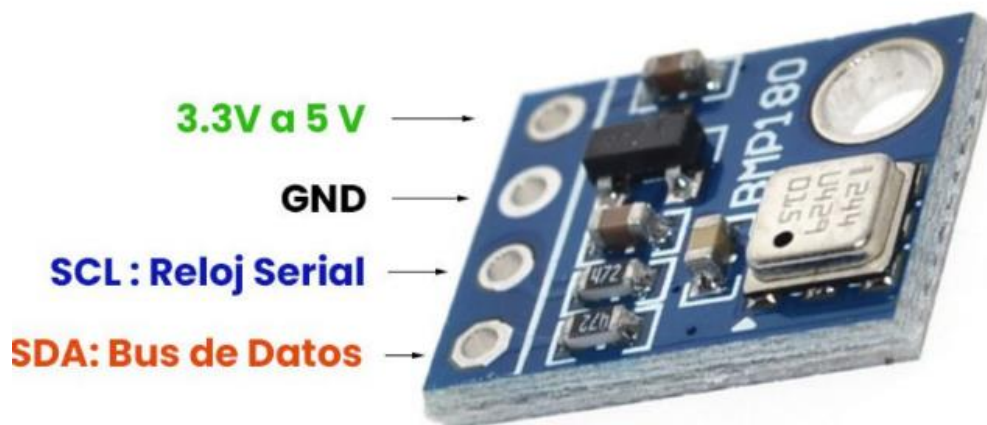


FIGURA 7.- PINOUT Sensor BMP180.

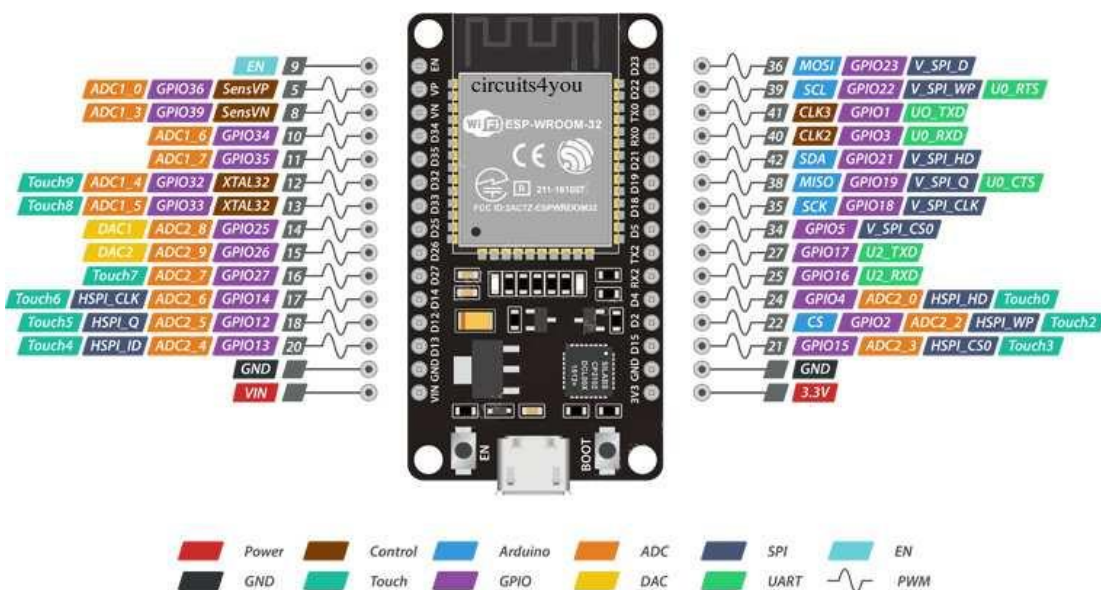


FIGURA 8.- PINOUT ESP32.

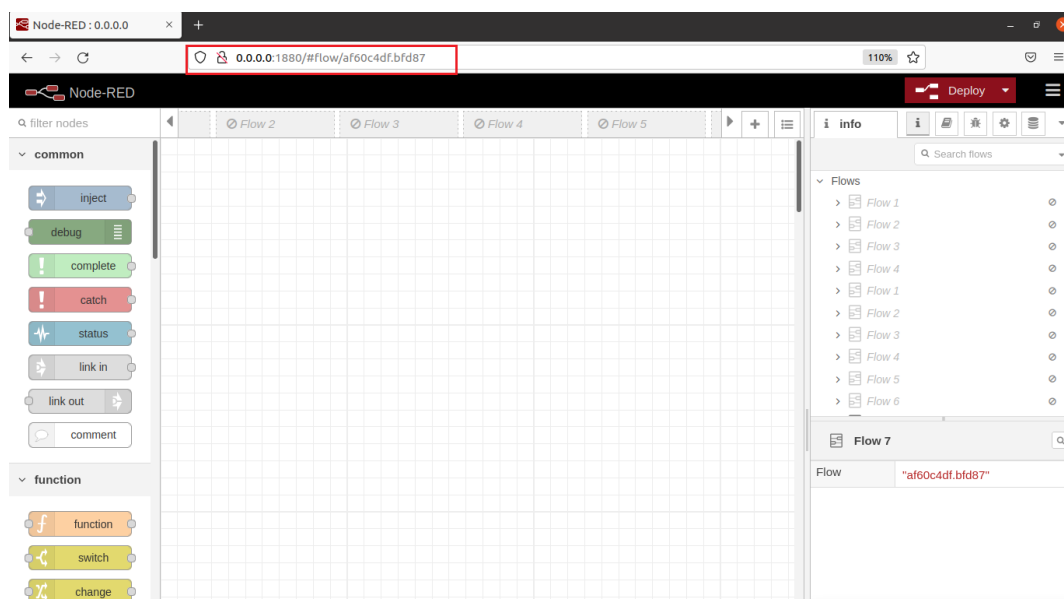


Figura 9.- Panel de trabajo de Node-Red

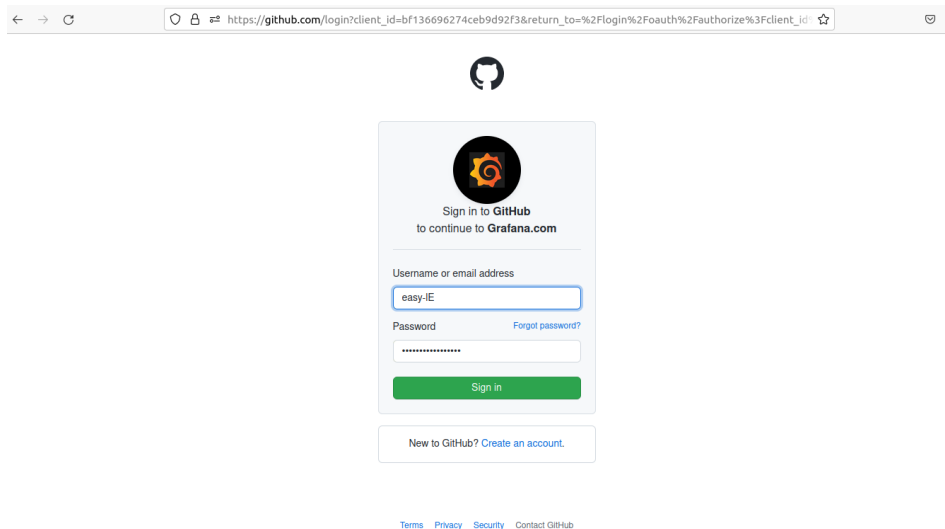


Figura 10.- Ingreso a la plataforma Grafana.