

## Propósito del Proyecto

¿En qué contexto es relevante?

Según el observatorio de economía Compleja del Instituto Tecnológico de Massachusetts, en 2017, Colombia exportó 39,1 Mil millones de dólares, donde sus principales exportaciones son Petróleo crudo o minerales bituminosos y café. En particular, las exportaciones de café anual son de 2.7 Mil millones de dólares [1], lo cual produce un alto impacto en la economía interna del país.

A nivel de configuración interna del país, en Colombia, el 96% de productores poseen menos de 5 hectáreas de café, estos se denominan pequeños caficultores. Además, los pequeños caficultores representan el 70% de la producción Nacional, lo que indica que, en Colombia, la producción de café en su mayoría es realiza a pequeña escala [4].

El pequeño caficultor, cumple un papel invaluable en la economía del país, sin embargo, los métodos que aplica en cada eslabón de la cadena de productiva del café son manuales, poco tecnificados y en su mayoría el conocimiento reposa en productores con más de 25 anos de experiencia.

El café pasa por varias etapas desde que es comprada la semilla, proceso de germinación, trasplante al lote, crecimiento, la producción, cosecha y post cosecha antes de ser llevado a los centros de acopio para ser vendido. Entre la etapa de cosecha y post cosecha el caficultor debe recolectar los granos de café y almacenarlos en cuartos oscuros, húmedos y templados.

Es importante que el cuarto mantenga estas características a lo largo del tiempo, para que así conserve las propiedades de textura, aroma, y humedad las cuales determinan la calidad y el precio en el mercado. Para el 2016, las perdidas en la post- cosecha alcanzaron el 20% del total de la producción Nacional en gran parte por problemas de almacenamiento.

¿Cómo funciona?

Entiendo que los pequeños caficultores colombianos en promedio sobrepasan los 50 años, se propone VICO's (Visual COffee Storage). VICO's es un sistema visual para almacenamiento café de Alta calidad. Consiste en un sistema IoT compuesto dos ET (Estaciones Lumínicas) ubicadas la entrada de la bodega las cuales informan la de la temperatura y humedad el cuarto monitoreada en tiempo real por sensores ubicados estratégicamente dentro del cuarto.

Las ET funciona como un semáforo, informando el estado la temperatura y humedad interna de la bodega usando una escala de colores.

Cuando las ET toman el color verde, significa que el ambiente la bodega, está en óptimas condiciones, por el contrario, si toma un color amarillo comunica una alerta (es necesario

enfriar el ambiente) en una de las variables y en el peor de los casos rojo (las dos variables están en un estado crítico).

Además, VICO's brinda la posibilidad de almacenar registros de las condiciones de almacenamiento y su variación en los últimos días, meses o años de forma gráfica. Información útil para conocer si se quiere, condiciones futuras

¿Porque VICO's es única?

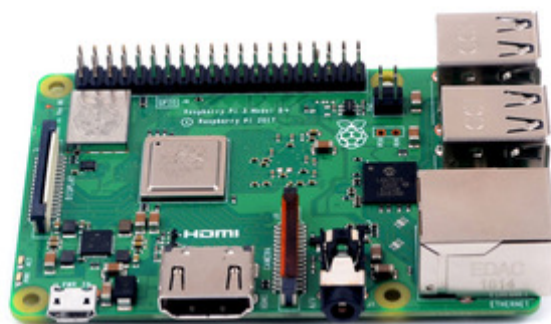
VICO's es pensado como un sistema visual de fácil interpretación para uso de los pequeños caficultores, desde los que poseen alto grado de experiencia como lo que no. Esto lo hace un sistema totalmente usable y útil para todo tipo de usuarios. Nace entendiendo la necesidad de realizar un excelente almacenamiento del café para la conservación de la calidad del mismo lo cual se traduce en el mercado nacional como primas de servicio o mejores ingresos.

## 1. Información del Hardware

Para la construcción del VICO's v1 se hizo uso:

### RASPBERRY PI 3

Raspberry PI es una placa computadora (SBC) de bajo coste, se podría decir que es un ordenador de tamaño reducido, del orden de una tarjeta de crédito, desarrollado en el Reino Unido por la Fundación Raspberry PI (Universidad de Cambridge) en 2011, con el objetivo de estimular la enseñanza de la informática en las escuelas, aunque no empezó su comercialización hasta el año 2012.



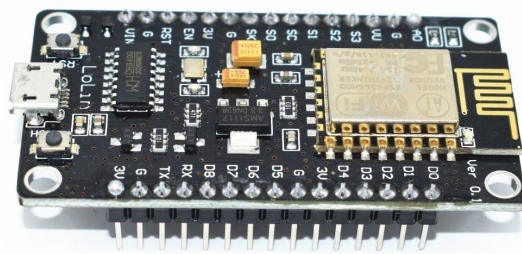
*Figure 1 Raspberry Pi*

- CPU + GPU: **Broadcom BCM2837B0**, Cortex-A53 (ARMv8) 64-bit SoC @ 1.4GHz
- RAM: **1GB** LPDDR2 SDRAM

- Wi-Fi + Bluetooth: 2.4GHz y 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac, Bluetooth 4.2, BLE
- Ethernet: Gigabit Ethernet sobre USB 2.0 (300 Mbps)
- GPIO de 40 pines
- HDMI
- 4 puertos USB 2.0
- Puerto CSI para conectar una cámara.
- Puerto DSI para conectar una pantalla táctil
- Salida de audio estéreo y vídeo compuesto
- Micro-SD
- Power-over-Ethernet (PoE)

## ESP8266

Es un chip de bajo costo Wi-Fi con un stack TCP/IP completo y un microcontrolador, fabricado por Espressif, una empresa afincada en Shanghái, China



*Figure 2 Modulo ESP8266*

- 32-bit RISC CPU: Tensilica Xtensa LX106 corriendo a 80 MHz (que puede ser overclokeado a 160MHz si se requiere)
- 64 KiB de RAM para instrucciones y 96 KiB de RAM para datos
- IEEE 802.11 b/g/n Wi-Fi
- 16 pines GPIO
- SPI e I2C
- UART en los pines dedicados (usada para la programación del chip)
- Un convertidor Analógico-Digital (ADC) de 10 bit

## ESP32

Es una serie de microcontroladores de bajo costo y consumo de energía, con tecnología Wi-Fi y Bluetooth de modo dual integrada.



Figure 3 Modulo ESP32

- Procesador dual core **Xtensa® LX6** de 32 bits
- Es compatible Arduino con el pluggin adecuado (*Enseguida vamos*)
- Velocidad de reloj : Entre 160 Mhz y 240 Mhz
- 520 Kb de RAM
- **Wifi** integrado: Acces point & Station
- Bluetooth 4.2 2.4 Ghz; BT 2.0 y 4.0 BLE
- 36 GPIO pins.
- 16 x **Analog-to-Digital Converter (ADC)** de 12 bits de resolución y se pueden programar con límite de entrada a 1V, 2 V y 4V
- 2 x Digital to Analog converter DAC de 8 bits.
- Pueden definirse hasta 16 canales de PWM.
- 2 x UART o puertas serie
- 2 x I2C channels y 4 x SPI channels.

## Sensor DHT11

El DHT11 es un sensor de temperatura y humedad digital de bajo costo. Utiliza un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, y muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos (no hay pines de entrada analógica). Es bastante simple de usar, pero requiere sincronización cuidadosa para tomar datos. El único inconveniente de este sensor es que sólo se puede obtener nuevos datos una vez cada 2 segundos, así que las lecturas que se pueden realizar serán mínimo cada 2 segundos.

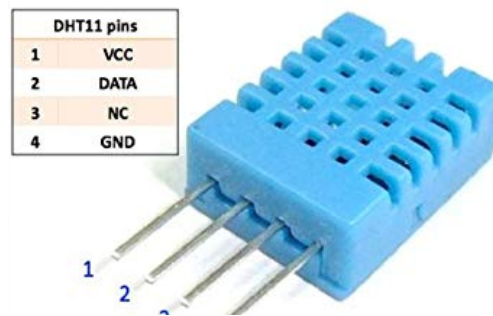


Figure 4 Sensor DHT11

## Leds RGB

El código RGB es un modelo de colores que tiene su base en los tres colores primarios rojo (Red), verde (Green), y azul (Blue). El acrónimo CMYK indica el modelo de colores cian (Cyan), magenta (Magenta), amarillo (Yellow) y negro (black).

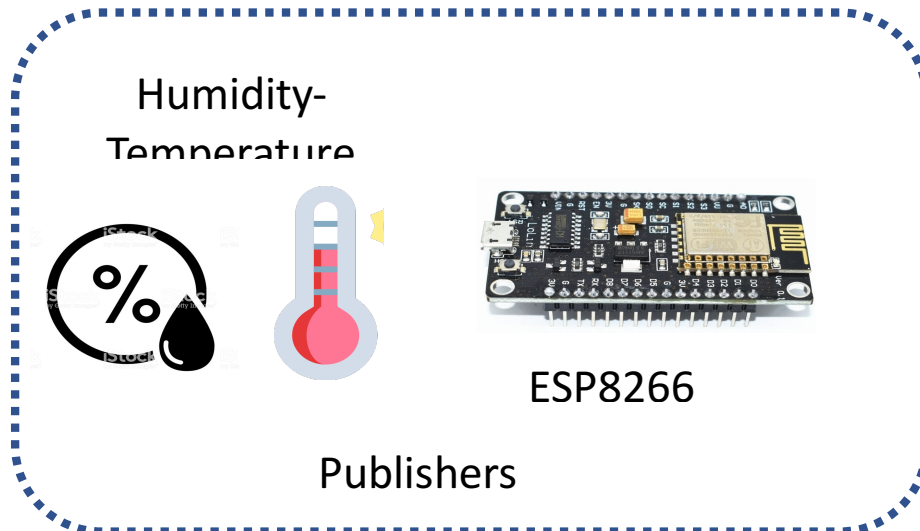


*Figure 5 Led RGB*

A continuación, se presentan las respectivas conexiones del Hardware desarrolladas para el proyecto junto con el módulo de la arquitectura.

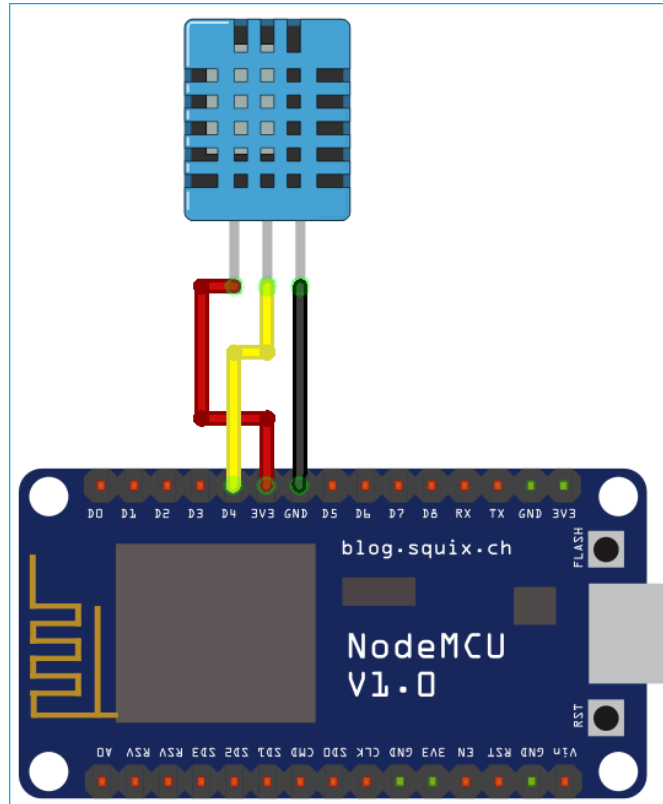
## Conexiones

- 1) Sensor DHT11 con el módulo ESP8266



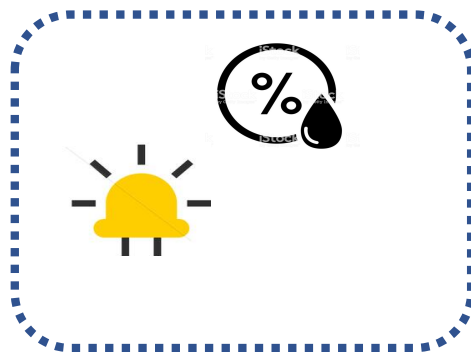
*Figure 6 Arquitectura Publisher*

A continuación, se muestra el diagrama y su respectiva conexión



*Figure 7 Circuito 1*

## 2) Sensor LED RGB con el módulo ESP32



*Figure 8 Arquitectura Suscriptor*

## Cliente-Subscriber 1 Y 2

A continuación, se muestra el diagrama y su respectiva conexión

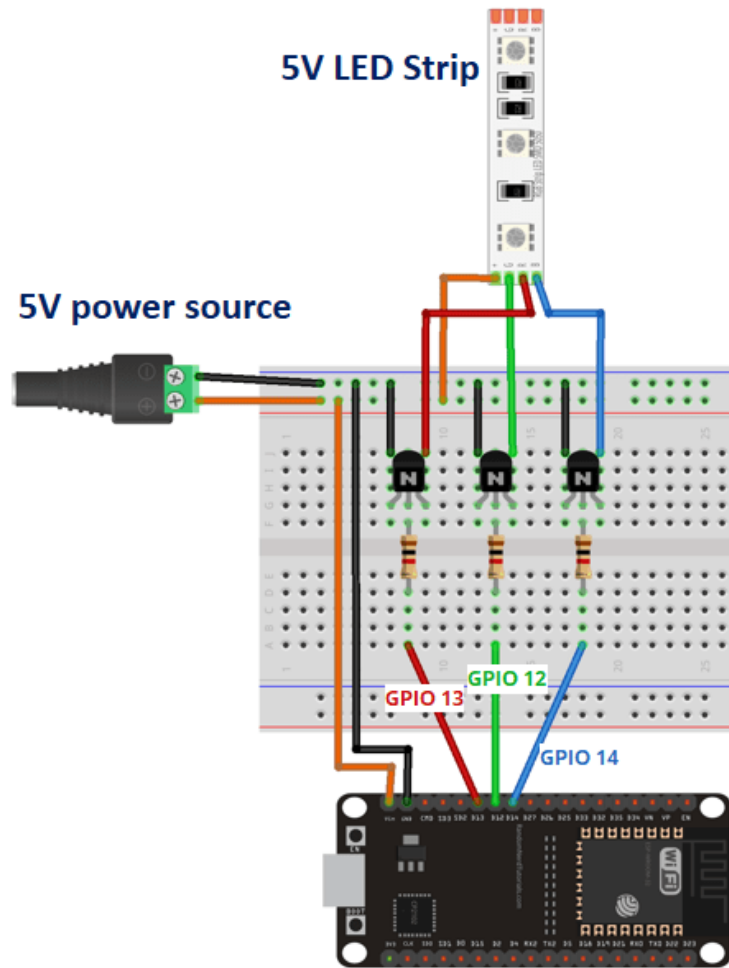


Figure 9 Circuito 2

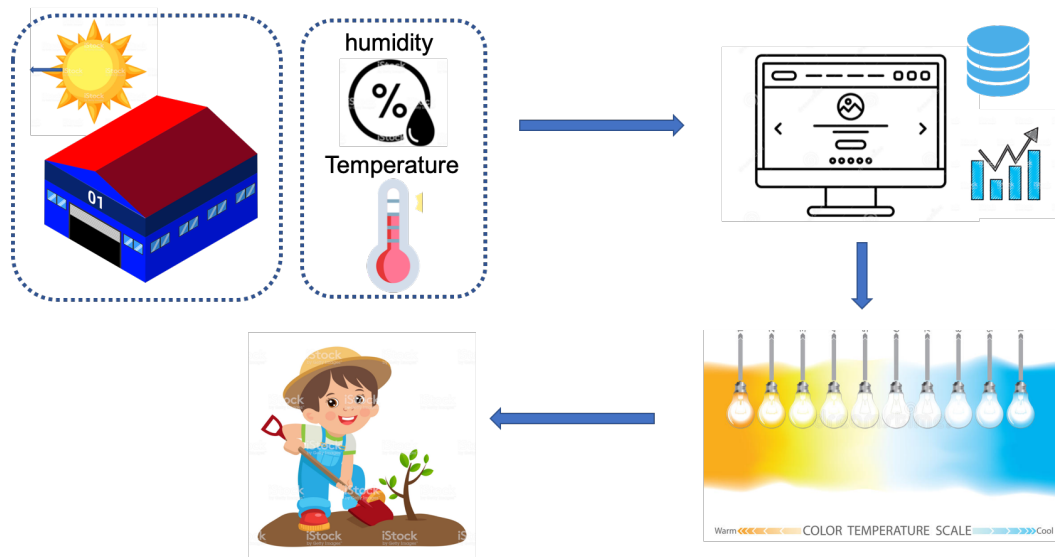
## 2. ARQUITECTURA

### Funcionamiento del sistema

Entiendo que los pequeños caficultores colombianos en promedio sobrepasan los 50 años, se propone VICO's (Visual COffee Storage). VICO's es un sistema visual para almacenamiento café de Alta calidad. Consiste en un sistema IoT compuesto dos ET (Estaciones Lumínicas) ubicadas la entrada de la bodega las cuales informan la de la temperatura y humedad el cuarto monitoreada en tiempo real por sensores ubicados estratégicamente dentro del cuarto.

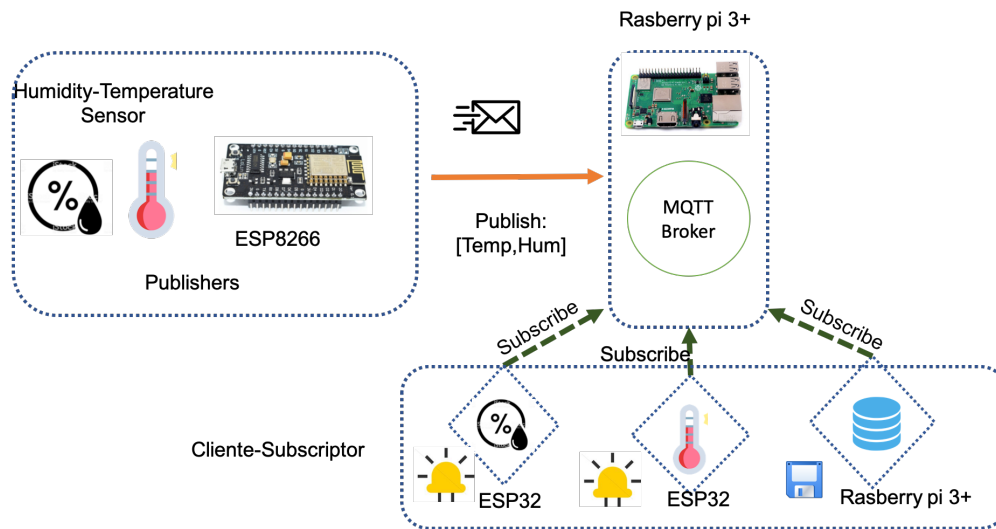
Las ET funciona como un semáforo, informando el estado la temperatura y humedad interna de la bodega usando una escala de colores.

Cuando las ET toman el color verde, significa que el ambiente la bodega, está en óptimas condiciones, por el contrario, si toma un color amarillo comunica una alerta (es necesario enfriar el ambiente) en una de las variables y en el peor de los casos rojo (las dos variables están en un estado critico).



*Figure 10 Sistema*





## Esquema de la arquitectura

El sistema está compuesto por tres Módulos

### Módulo 1 Publicador Sensor DHT11 Wifi

El sistema captura la información de temperatura y humedad de las bodegas de almacenamiento de café. Haciendo uso del protocolo MQTT a través de WIFI publica esta información en tiempo real

### Módulo 2 Bróker MQTT

El bróker MQTT escucha las variables capturadas por el sensor.

### Módulo 3 Subscriptor Base de Datos, Temperatura- Humedad

Existen 3 subscriptores MQTT escuchando en tiempo real la información de temperatura y humedad para tomar acciones al respecto.

- **Subscriptor Base de Datos:** Es el encargado de tomar la información de temperatura y húmeda y almacenarla para posteriormente se condensada en una gráfica de historial.
- **Subscriptor Temperatura:** Es el encargado de tomar la información de temperatura y asignar un color dependiendo del estado de la misma.
- **Subscriptor Humedad:** Es el encargado de tomar la información de humedad asignar un color dependiendo del estado de la misma.

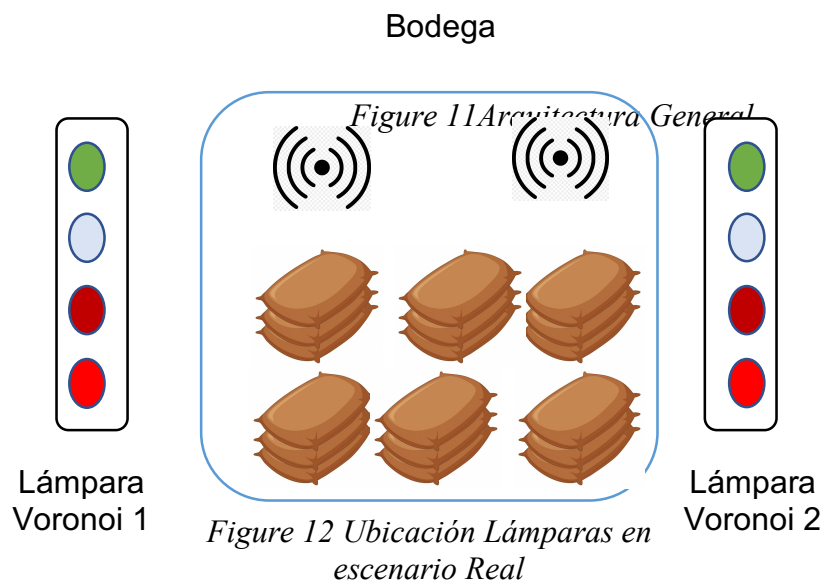
### 3. IMPRESIÓN EN 3D

La impresión en 3D fue una herramienta útil para obtener un primer prototipo del sistema VICO's.

Como se muestra en la arquitectura el sistema posee tres áreas fundamentales en su diseño:

- El sistema de sensado
- El sistema visual de alerta para el control en almacenamiento

Para obtener un prototipo visualmente agradable para el usuario se realiza el siguiente escenario y la forma en que el usuario final obtendría el prototipo:



Para la impresión en 3D se utilizó el diseño obtenido en <https://www.myminifactory.com/object/3d-print-voronoi-lamp-78627>

Es una lámpara de estilo voronoi se divide en varias partes, lo que facilita la impresión. Está constituida por 8 piezas distribuidas de la siguiente forma:

- 4 caras laterales
- 1 cara superior
- 3 piezas para la base

Los parámetros de diseño utilizados en el presente proyecto son los recomendados en el diseño original ya que arrojaron una impresión de excelente calidad. El tiempo de impresión promedio fue de 8 horas 37 minutos para la obtención del total de las piezas obteniendo como resultado la impresión que se muestra a continuación.



*Figure 13 Impresión 3D*

#### **4. SOFTWARE EMBEBIDO**

En el proceso del desarrollo del proyecto se tienen cuatro códigos para el funcionamiento del prototipo.

##### **Módulo 1 Software Sensor DHT11 Wifi**

Contiene el código que se debe cargar en la placa ESP8266. Este corresponde al Módulo 1 de la arquitectura presentada en la sección xxx. Recordemos que el Modulo 1 corresponde a la conexión wifi del sensor de temperatura y humedad.

El Archivo en Arduino se denomina **sensorDHT1.ino** y para ejecutarlo se deben tener en cuenta los siguientes pasos de configuración

Para configurar el IDE

- Descargar el archivo **sensorDHT1.ino**
- Dentro del IDE de Arduino cargar el archivo
- Configurar los Baudios en 11500
- Configurar el puerto en (Herramientas > Puerto )

- Seleccionar la placa, para este caso NodeMCU 0.9(ESP- 12 Module)

Después de realizar los pasos anteriormente mencionados nos ubicamos dentro del código. Como vamos a trabajar dentro de una red Local es necesario adaptar los parámetros de nuestra propia RED

- Contraseña (Password)
- IP del Bróker
- Nombre de la Red

A continuación, se muestra en la imagen la fracción del código donde se debe modificar los parámetros anteriormente mencionados

### **Módulo Bróker MQTT**

Para encender el servidor se deben realizar los siguientes pasos:

- Descargar el archivo **proyecto\_final.py**
- Adaptar los parámetros de nuestra propia RED Contraseña (Password, IP del Bróker, Nombre de la Red)
- Correr el Archivo
- De esta forma ya estará funcionando nuestro servidor de manera local.

### **Módulo 3 Subscriptores**

#### **Software Subscriptor Temperatura**

Contiene el código que se debe cargar en una de las placas ES32(a). Este corresponde al Módulo 2 de la arquitectura presentada en la sección xxx. Recordemos que el Modulo 2 corresponde a las lámparas que escuchan en tiempo real la temperatura del ambiente, dan la información visual del estado de la esta y reciben información vía wifi.

Para configurar el IDE

- Descargar el archivo **Subscriptor\_temp.ino**
- Dentro del IDE de Arduino cargar el archivo
- Seleccionar la placa, para este caso NodeMCU 0.9(ESP- 12 Module)

#### **Software Subscriptor Humedad**

Contiene el código que se debe cargar en una de las placas ES32(b). Este corresponde al Módulo 2 de la arquitectura presentada en la sección xxx. Recordemos que el Modulo 2 corresponde a las lámparas que escuchan en tiempo real la humedad del ambiente, dan la información visual del estado de la esta y reciben información vía wifi.

Para configurar el IDE

## Base de Datos Sqlite

La base de datos está contenida en el archivo **basededatos.database**. Para acceder su información se debe:

- Tener instalada en la raspberry Sqlite (Normalmente instalada por defecto)
- Abrir el archivo **basededatos.database**

## Página Web

### Tiene dos archivos

- [url:8080/](http://url:8080/) -> para ingresar es necesario entrar al navegador y poner la IP del bróker (Ej. 190.168.45.95:**8080/**)

Contiene las últimas 20 medidas censadas. A continuación, se muestra la forma en que se despliega la información

- [url:8080/graph](http://url:8080/graph) -> para ingresar es necesario entrar al navegador y poner la IP del bróker (Ej. 190.168.45.95:**8080/graph**)

Despliega una gráfica con el historial de las medidas tomadas. A continuación, se muestra la forma en que se despliega la información

- Descargar el archivo **Subscriber\_hum.ino**
- Dentro del IDE de Arduino cargar el archivo
- Seleccionar la placa, para este caso NodeMCU 0.9(ESP- 12 Module)

