



Diseño e implementación de una estación de monitoreo de variables agroclimáticas para cultivos durante temporadas de sequías prolongadas en la región caribe colombiana

Ronal Espitaleta Burgos

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Cartagena, Colombia
2020

Diseño e implementación de una estación de monitoreo de variables agroclimáticas para cultivos durante temporadas de sequias prolongadas en la región caribe colombina

Ronal Espitaleta Burgos

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Electrónico

Director (a):
Ing. Bashir Yacub Bermúdez

Línea de Investigación:
Instrumentación Electrónica

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Cartagena, Colombia
2020

(Dedicatoria o lema)

Principalmente le doy gracias a Dios por este logro, por acompañarme en este camino y en cada momento para lograr obtener la victoria en esta etapa importante de mi proyecto de vida.

. A mis padres, quienes me apoyaron incondicionalmente de forma económica, sentimental y emocional para obtener este logro.

A mis hermanos, que me aconsejan diariamente a hacer las cosas con amor y dedicación, y que nunca perdieron la esperanza de ver a su hermano alcanzar este sueño tan anhelado.

A mi esposa, como mujer idónea, por su paciencia y sabiduría que estuvo a mí lado todo este tiempo, motivándome para superarme en este ámbito esencial para mi desarrollo personal.

Ronal Espitaleta Burgos

Agradecimientos

A Dios por permitir culminar mis estudios con salud y bienestar para poder disfrutar de este momento especial para mí

A la Universidad Antonio Nariño por recibirme, porque venía de otra universidad y era la única que tenía el programa académico y horario que se amoldo a las necesidades actuales.

A los docentes, por la inmensa capacidad que poseen para transmitir, enseñar y compartir con cada uno de los estudiantes. Manteniéndonos actualizado del mercado laboral, la investigación y desarrollos de la especialidad.

Resumen

La presente propuesta desarrolla una estación de monitoreo de las variables de nivel de humedad y temperatura del suelo, temperatura y humedad del ambiente y nivel de radiación solar para ser usadas en la programación de riegos de cultivos agrícolas durante las temporadas de sequías prolongadas. El sistema propuesto almacena, visualiza y envía los datos de manera remota a través de la red GSM. Así mismo, el sistema está en la capacidad de recibir solicitudes de envío de datos a dispositivos inteligentes. La estación de monitoreo opera en campo, en medio de cultivos agrícolas y está alimentada con energía fotovoltaica.

Palabras clave: (Mínimo 3 y máximo 7 palabras, preferiblemente use lenguaje técnico-científico).

Abstract

The present proposal seeks to develop a monitoring station for the variables of humidity level and soil temperature, temperature and humidity of the environment and level of solar radiation to be used in the programming of agricultural crop irrigation during prolonged drought seasons. The proposed system will be able to store, visualize and send the data remotely through the GSM network. Likewise, the system will be able to receive requests to send data from smart devices. The monitoring station will operate in the field, amid agricultural crops and will be powered by photovoltaic energy.

Keywords: Electronic instrumentation, meteorological variables, agriculture, GSM networks, datalogger.

Contenido

	Pág.
Resumen	IX
Lista de figuras	XIII
Lista de tablas	XIV
Introducción	1
1. Marco teórico	5
1.1 Estaciones meteorológicas	5
1.1.1 Clasificación de estaciones meteorológicas	6
1.2 Sensores en la estación meteorológicas	6
1.3 Informe de datos de las estaciones meteorológicas	7
2. Desarrollo del prototipo	9
2.1 Aspectos físicos	9
2.1.1 Aspectos físicos	9
2.1.2 Aspectos eléctricos	9
2.1.3 Aspectos de programación	10
2.2 Sensores a utilizar	10
2.2.1 Sensor de temperatura	10
2.2.2 Sensor de humedad	11
2.2.3 Sensor de radiación solar	13
2.3 Módulo GSM	14
2.4 SIM 800I	14
2.5 Microcontrolador Pic18f46k22	16
2.6 Módulo memoria micro SD	17
2.7 Reloj de tiempo real Ds 3107	18
2.8 Pantalla LCD	18
2.9 Arquitectura del software	19
2.9.1 Programación del microcontrolador pic18f46k22	21
2.10 Construcción del prototipo	31
2.10.1 Diseño de construcción electrónico	31
2.10.2 Diseño de la estructura física	32
2.10.3 Diseño de la PCB (placa de circuito impreso)	32
3. Resultados	35
3.1 Tarjeta de control PCB (placa de circuito impreso)	35
3.2 Pruebas funcionales	35
3.3 Pruebas de la red GSM	36

3.4	Información del datalogger	37
3.4.1	Análisis de las temperaturas	38
3.4.2	Análisis de la humedad	39
3.4.3	Análisis de la radiación solar	39
3.5	Estación de monitoreo	40
4.	Conclusiones y recomendaciones	41
4.1	Conclusiones	41
4.2	Recomendaciones	41
5.	Bibliografía	43

Lista de figuras

	Pág.
Figura 2–1: Sensor DS18B20 Tipo TO-92	10
Figura 2–2: Sensor de humedad	12
Figura 2–3: Sensor de resistivo LDR	13
Figura 2–4: Módulo sim 800L.....	15
Figura 2–5: Microcontrolador Pic18F46K22	16
Figura 2–6: Módulo micro SD	17
Figura 2–7: Reloj de tiempo real Ds 3107	18
Figura 2–8: Pantalla LCD	19
Figura 2–9: Arquitectura del software general.....	20
Figura 2–10: Programación del microcontrolador	21
Figura 2–11: Diseño de ensamble.....	31
Figura 2–12: Estructura y montaje	32
Figura 2–13: Diseño del circuito en proteus	33
Figura 2–14: Diseño del circuito impreso.....	33
Figura 2–15: Diseño de la PCB en 3D	34
Figura 3–1: Ensamble de elementos.....	35
Figura 3–2: Temperatura y humedad	36
Figura 3–3: Mensaje de texto red GSM	36
Figura 3–4: Tendencias de temperaturas	38
Figura 3–5: Tendencia de la humedad.....	39
Figura 3–6: Tendencia de la radiación solar.....	39
Figura 3–7: Estación de monitoreo	40

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 2-1: Características del LDR	14
Tabla 3-1: Variables agroclimáticas.....	37

Introducción

La agricultura es una actividad estrechamente ligada con el clima por su variabilidad, se compone de factores ambientales que determinan la distribución, productividad y adaptación de los seres vivos; el más significativo de las últimas décadas son las sequías prolongadas, el cual es uno de los fenómenos más complicados de analizar por el sin número de factores que influyen en su origen y comportamiento. Hurtado, G. y Cadena, M.C. (2002)

La sequía prolongada es más frecuente en la región caribe colombiana donde se presentan temporadas de sequías meteorológicas y agrícolas, sobre todo con la presencia del evento el niño, donde las temperaturas pueden llegar a 40 grados centígrados y en algunos casos producir incendios forestales; quedando en estado de alerta por la falta de lluvias afectando a los agricultores, los cuales no poseen tecnologías de precisión agrícolas que les ayude a llevar un estudio de las variables meteorológicas

Cabe resaltar que gran parte de las tierras de la región caribe están dedicadas a la agricultura, siendo los cultivos más importantes el banano, palma africana, cítricos, aguacate, cacao, arroz algodón, maíz y arroz. (Contreras, 2020). Unos de los factores que más influyen en el desarrollo y productividad de los cultivos es el clima, recordando que condiciona de manera directa el crecimiento de las plantas, los ciclos vegetativos, la producción y la calidad de los productos. La región caribe se caracteriza por presentar temporadas de sequías prolongadas que afectan de manera negativa el desarrollo de la agricultura, razón por lo cual se hace necesario contar con información actualizada de las distintas variables agro meteorológicas en pro de obtener los mayores rendimientos en los cultivos. Según el IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) (Fernandez, 2013)

Los rendimientos de muchos cultivos, podrían disminuir significativamente por las altas temperaturas,

En la temporada de verano aumenta la temperatura y la radiación solar, disminuyendo así la humedad de los suelos, lo que hace indispensable la implementación de sistemas de riegos. Conocer el nivel de humedad de los suelos, la temperatura del ambiente y el nivel de radiación solar es de suma importancia para la programación del riego.

Considerando lo anterior, se planteó el siguiente objetivo general: diseñar e implementar una estación de monitoreo para el almacenamiento, visualización y envío de datos a través de la red GSM de las variables de nivel de humedad y temperatura del suelo, temperatura y humedad del ambiente y nivel de radiación solar para ser usadas en la programación de riegos de cultivos agrícolas durante las temporadas de sequías prolongadas. Para lograr esto se establecen los siguientes objetivos específicos:

- Implementar un sistema de instrumentación para el monitoreo de las variables de nivel de humedad y temperatura del suelo, temperatura y humedad del ambiente y nivel de radiación solar
- Desarrollar una tarjeta microcontroladora para el procesamiento, almacenamiento y visualización de datos.
- Implementar un sistema de monitoreo remoto usando la red GSM.
- Implementar un sistema de poder alimentado con energía fotovoltaica.

Con este proyecto se busca contribuir a los productores y técnicos en agricultura con un sistema de medición autónomo con respaldo de energía fotovoltaica, que brinde información práctica de los datos meteorológicos en tiempo real en el manejo de los cultivos

Tener información actualizada de las variables agroclimáticas permite tener un mejor control de los riegos, disminuye costos, y mejora las condiciones de desarrollo y productividad de los cultivos. De esta manera se logran mejores impactos positivos en la eficiencia del crecimiento de los mismos y por ende la consecución de cosechas prósperas, evitando la pérdida de cultivos durante los periodos de sequías prolongadas.

Con este proyecto se crea un sistema de monitoreo en tiempo real automatizado de bajo costo pero de alta precisión en la lectura de los sensores de temperatura, humedad y radiación solar y brinda beneficios significativos en la agricultura de precisión. Al finalizar tendremos:

- Un producto accesible para pequeños agricultores
- Un sistema intuitivo con una interfaz hombre-máquina amigable con el usuario
- Un dispositivo que usa materiales de fácil adquisición en el mercado
- De fácil operatividad.
- De forma estructural compacta que permite de forma ágil y sencilla su traslado de un lugar a otro

El proyecto se realizó en cuatro fases: la primera fase corresponde a investigar sobre las estaciones agroclimáticas, sensores para monitorear variables climáticas aplicadas a la agricultura; la segunda fase se seleccionan los diferentes dispositivos electrónicos, eléctricos y mecánicos para el desarrollo de la estación de monitoreo; En la tercera fase se implementan las tarjetas electrónicas, se ensamblan los diferentes componentes, se programa el microcontrolador y se construye la infraestructura física; la cuarta fase se realizaron las pruebas de funcionamiento y de validación del prototipo desarrollado.

1. Marco teórico

Los sistemas automáticos de monitoreo en la agricultura se han venido implementando con el pasar de los años. Existen métodos directos o indirectos para la medición de la humedad, temperatura y radiación solar. Los métodos directos se llevan a cabo de forma manual por los especialistas: requieren tiempo, instalaciones especiales, equipos y de manera continua se afecta el área de cultivo. Los métodos indirectos se basan en dispositivos especiales con diferentes principios de funcionamiento. A pesar de que los métodos indirectos son más rápidos y precisos, se tiene el inconveniente de que se requiere llevar a campo equipos que interpreten, extraigan y almacenen los datos, como los datalogger, o establecer instalaciones especiales y costosas para en los instrumentos de medición. Por tanto, en ambos métodos se vuelve difícil la obtención y monitoreo continuo de la variable, complicando el registro y la observación de los cambios de temperatura, humedad, y radiación solar que se da en los ciclos de cultivo.

Actualmente alrededor del mundo existe muchos sistemas de monitoreo en cultivos bajo cubierta, los cuales han demostrado que el mantener las condiciones climáticas idóneas facilita el crecimiento y la obtención del fruto, optimizando la producción y la eficacia del agrícola, pero la situación es totalmente diferente en ambiente abierto, sin control total de las condiciones climáticas y más específicamente en la región del caribe colombiano

1.1 Estaciones meteorológicas

Una estación de monitoreo de variables agroclimáticas consiste en un conjunto de dispositivos capaces de captar los datos de temperatura, humedad y radiación solar, por medio de sensores que responden a estímulos eléctricos, de forma automática y en tiempo real, estos datos se usan para tomar decisiones oportunas en el manejo de los cultivos ante los riesgos climáticos que representan las olas de calor, sequías prolongadas, lluvias, heladas.

1.1.1 Clasificación de estaciones meteorológicas

Según lo establecido por la Organización Meteorología Mundial (OMM), (I, y otros, 2001) las estaciones meteorológicas se pueden clasificar según su finalidad como las sinóptica en las cuales entran las climatológica, agrícola, especiales, aeronáuticas y satelitales, según su magnitud están las principales, ordinarias, auxiliares y adicionales, por el nivel de observación están las de superficies y las de actitud y están las que se definen por el lugar donde están ubicadas como las terrestres, aéreas y marítimas.

Las estaciones meteorológicas también las podemos clasificar en sencillas y las estaciones netamente profesionales.

Las estaciones sencillas permiten conocer datos como la temperatura y humedad, con bases a esta información recolectada se pueden tomar decisiones para realizar riegos a cultivos, la estructura de esta es muy sencilla y de bajo costo.

Las estaciones profesionales tienen una gran variedad de sensores, son muy complejas, difícil de transportar y necesitan que las personas que la manejan que tengan gran conocimiento de estos dispositivos.

En Colombia hay muchas estaciones de meteorología como se describe en el inventario de estaciones meteorológica (Instituto Humboldt - IDEAM, 2014), La universidad de sucre, ha desarrollado un prototipo de una estación meteorológica automática para él envió de datos SMS a un móvil o por comunicación serial (CARAZO GARCÍA & HERRERA MENDOZA, 2016). Este proyecto es capaz de medir temperatura ambiente, presión atmosférica, humedad relativa, la actitud, velocidad y dirección del viento.

1.2 Sensores en la estación meteorológicas

De la ciencia especializada y las estaciones meteorológicas en el comercio, se encuentran con los siguientes sensores de medición de las variables agroclimáticas, las cuales son:

- Temperatura
- Humedad

- Radiación solar

1.3 Informe de datos de las estaciones meteorológicas

Las estaciones meteorológicas se han ido transformando a medida que la tecnología avanza, hoy en día se puede encontrar diferentes formas de transmitir los datos a muy bajo costo, por las diferentes formas;

WEB:

Se encuentran estaciones meteorológicas que tienen programas con enlace a una página web por medio de una conexión a internet por cual envía la información suministrada de los sensores, pero esto requiere de un servicio contratado para la interconexión.

GSM:

Hay estaciones meteorológicas que incluyen módulos de recepción y transmisión GSM para el envío y recepción de información, hoy en día el costo de este servicio es muy económico y de fácil acceso.

DESCARGAR INFORMACIÓN EN SITIO:

Existen estaciones meteorológicas que no realizan comunicaciones pero si tienen la opción de descargar la información en el sitio, esto es gracia a los datos grabados en su datalogger, y por su configuración su costo es muy bajo.

2.Desarrollo del prototipo

2.1 Aspectos físicos

Para el diseño e implementación de la estación meteorológica se realizó un bosquejo a los aspectos necesario para el desarrollo del mismo, los cuales son

2.1.1 Aspectos físicos

- Tiene que ser de fácil manejo, ya que no debe pesar mucho para poder transportarla.
- Con una protección de IP 55, debe ser apta para estar expuesta a la intemperie.
- Otro aspecto a considerar es que los sensores deben ser de material de acero inoxidable que puedan soportar los diferentes climas a los que estará expuestos.
- Se debe considerar que en los cultivos donde se instalará la estación no se dispondrá de energía eléctrica.

2.1.2 Aspectos eléctricos

- Su consumo de energía eléctrica debe ser mínima, al estar diseñada con dispositivos electrónicos que no requieren mucha potencia.
- Se debe tener un sistema de corriente continua en todo el sistema, cuando es de día se provee de un panel solar y cuando es de noche de una batería de 12 V.
- Otro aspecto es que si el dispositivo está guardado en algún lugar donde no pueda cargarse la batería por medio del panel solar, se conectara un adaptador de 12 V, para suministrar energía a la batería y al sistema.
- Se disminuye el voltaje de 12 V a 5V, para así alimentar el microcontrolador, los sensores, módulo SIM800, módulo micro SD y el reloj de tiempo real

2.1.3 Aspectos de programación

- Se utilizara el software micro c pro for pic para la programación del microcontrolador Pic 18F46K22.
- La programación del microcontrolador debe ser capaz de crear un archivo para la recolección del datalogger.
- La interacción hombre - máquina debe ser amigable al momento de enviar y recibir los mensaje de texto.

2.2 Sensores a utilizar

Los sensores a utilizar en la estación meteorológica, se ha tomado de acuerdo a las consideraciones del clima de la región caribe colombiana.

2.2.1 Sensor de temperatura

Para la medición de la temperatura se va a utilizar el sensor DS18B20, este sensor es robusto e ideal para ambientes húmedos, ya que viene en una versión de sonda de encapsulado o impermeable, de acero inoxidable resistente al agua y al medio ambiente.

La gran ventaja que tiene este sensor es la transmisión de los datos que se realiza de forma digital, su funcionamiento nos indica que se basa en una interfaz digital para transferir la información hacia el microcontrolador en la figura 2-1 se ilustra el sensor de temperatura.

Figura 2–1: Sensor DS18B20 Tipo TO-92



Fuente: <https://chips.mecatronicum.com/product/sensor-de-temperatura-ds18b20-digital-tipo-sonda-sumergible-1m/>

Comunicación

En la comunicación con el microcontrolador se utiliza el protocolo serial digital one wire de la librería de micro c pro for pic, el cual utiliza solo un pin del microcontrolador para la transmisión y recepción de la información captada

El dispositivo tiene una dirección única de 64 bits que viene de fábrica, con esta dirección se identifica al sensor que se está comunicando con el protocolo one wire, ya que se pueden conectar varios dispositivos al mismo pin del microcontrolador (Alldatasheet, 2020).

Características

- Puede estar ubicado a 50 metros de la estación meteorológica sin tener pérdida de datos por la extensión del cable
- Puede trabajar con diferentes resoluciones, a variaciones mínimas que podemos medir entre dos temperaturas
- Utiliza un sistema de verificación de redundancia cíclica (CRC) para la detección de errores en los datos

Especificaciones:

- Alimentación: 3V a 5.5 V
- Rango de medición de temperatura: -55°C a +125 °C
- Precisión: 0.5°C de -10°C a +85°C
- Resolución: Es programable de 9 a 12 bits
- Rango de medición de temperatura: -67°F a +257 °F

2.2.2 Sensor de humedad

Para medir la humedad relativa se utiliza un sensor que es empleado en los sistemas de riego automáticos, como lo es el sensor de humedad anticorrosivo YL100, este puede captar la cantidad de humedad que lo rodea, el sensor se basa en utilizar dos sondas para

pasar corriente a través del suelo o del aire, lee la resistencia para obtener la conductividad, en la figura 2-2. Se observa el sensor de humedad junto con el amplificador.

Figura 2–2: Sensor de humedad



Fuente: <https://electronilab.co/tienda/sensor-de-humedad-de-suelo-anticorrosivo-higrometro/>

Comunicación

La comunicación del sensor con el microcontrolador se realiza mediante un amplificador LM393 que transmite la señal del sensor al microcontrolador para ser procesada ya sea de forma análoga o digital.

La medición obtenida va desde cero (0) cuando está sumergido en agua, a mil veinte tres (1023) bits cuando está el aire o el suelo seco.

Características

- El módulo de amplificación posee un potenciómetro digital para ajustar la sensibilidad de la señal hacia el microcontrolador.
- Las sondas del sensor son en acero inoxidable para mayor durabilidad ante los climas que estará expuesto.

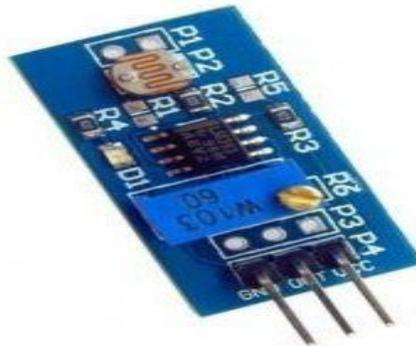
Especificaciones

- Alimentación: 3.3V a 5 V
- Salida dual, análoga y digital
- Amplificador LM393
- Rango: 0 a 1023

2.2.3 Sensor de radiación solar

El sensor de radiación solar funciona con una resistencia que varía con la cantidad de luz percibida, como se muestra en la figura 2-3. Entre la relación de la intensidad lumínica y el valor de la resistencia no lineal, en el proyecto la utilizamos para estimar el nivel de luz solar, considerando que a mayor luz la resistencia eléctrica será menor y a menor luz la resistencia eléctrica será mayor.

Figura 2–3: Sensor de resistivo LDR



Fuente: <https://www.electronicoscaldas.com/es/sensores-de-luz-visible/1330-módulo-con-fotoresistencia-fotocelda-o-ldr-ic-5537.html>

Comunicación

La comunicación del sensor se hace con un divisor de voltaje, donde se utiliza el LDR como resistencia variable, de acuerdo a la cantidad de luz recibida, esta variación de voltaje llega a uno de los pines del microcontrolador donde se procesa la información obtenida por el sensor resistivo.

Especificaciones

Tabla 2-1: Características del LDR

SIMBOLO DE PARÁMETROS		MIN.	MAX.	UNITS
Resistencia a la luz a 10 lux	RL 50		100	Kohmios
Valor de gamma en 10 - 100 lux	y 0,8	(Typ.)		
Resistencia oscura (10 seg. Después de apagar 10 lux)	Rd 5			Mohmios
Respuesta espectral máxima		600	650	Nm

Fuente: datasheet fotocelda.

Especificaciones

- Disipación de potencia permitida: 100 mV
- Voltaje máximo aplicado: 150 Vdc
- Rango de temperatura ambiente: -30 a +75 °C

2.3 Módulo GSM

2.4 SIM 800I

El módulo sim800L es un dispositivo electrónico de telefonía móvil que permite la comunicación por mensajes de texto a la estación meteorológica por la red GSM (Img.filipeflop, 2020).

Figura 2–4: Módulo sim 800L

Fuente: <https://hetpro-store.com/mini-módulo-sim800l-gprs-gsm/>

La principal característica del módulo sim8000L es su capacidad de conectarse con la red GSM.

Conectividad:

En [5] muestra que el módulo funciona con una Quad-band con las frecuencias de GSM 850MHz, EGSM 900MHz, DCS 1800 MHz y PCS 1900 MHz y se puede usar como punto de acceso a la estación meteorológica.

Este módulo tiene un zócalo para insertar una micro sim card, la cual realiza el enlace con la red GSM con cualquier sim 2G.

Se requiere un microcontrolador que por el puerto serial uart se comuniquen con los pines Rx/Tx para controlar el módulo por comandos AT (Elecrow, 2020).

Especificaciones:

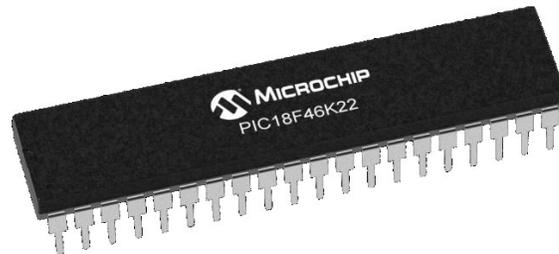
- Voltaje de operación: 4 V – 5 V.
- Interfaz: Serial Uart.
- Quad-band 850/900/1800/1900 MHz.
- Servicio de mensajes de texto.
- Controlado por comando AT.

- Bajo consumo: 2 mA (máx.)
- Tamaño de las Sim: Micro Sim card
- Velocidad de Tx serial: 1200 – 115200 bps

2.5 Microcontrolador Pic18f46k22

Microcontrolador en [8] es un circuito integrado programable que se emplea para controlar el funcionamiento de una tarea determinada, la función principal de este integrado es realizar la secuencia programada para cumplir con toda la operación de la estación meteorológica, la figura 2-5: ilustra el microcontrolador

Figura 2–5: Microcontrolador Pic18F46K22



Fuente: <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/PIC18F46K22>

El microcontrolador Pic18f46k22 tiene la capacidad de conectarse y ser compatibles con diferentes periféricos a los cuales pueden controlar dado a la programación que el usuario le incorpore en su memoria.

Para la programación del microcontrolador se utiliza un lenguaje C con el software micro c pro for pic

Especificaciones:

- Voltaje de operación: 1.8 V – 5.5 V.
- Memoria del programa: 64Kb
- Capacidad de memoria SRAM: 3696b.
- Entradas y salidas: 36.

- Interfaz: A/E/USART x2/MSSP x2.
- Generador incorporado: 16MHz, 32 KHz (Alldatasheet, 2020).

2.6 Módulo memoria micro SD

El módulo micro SD es el puente que hay entre el microcontrolador y la memoria SD para realizar el datalogger, toda la información recibida de los sensores de temperatura, humedad y radiación solar se guarda para ser recolectada y tener una base de datos de la información almacenada, y así poder tomar decisiones para riegos de los cultivos, en la figura 2-6: se puede observar el módulo micro SD.

Figura 2–6: Módulo micro SD



Fuente: <https://www.bigtronica.com/centro/sistemas-arduino/shield-arduino/403-tarjeta-micro-sd-para-arduino-5053212004033.html>

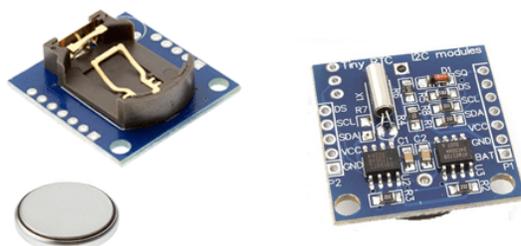
Especificaciones:

- Voltaje de operación: 3.3 V – 5.0 V
- Interfaz: SPI

2.7 Reloj de tiempo real Ds 3107

Para llevar el histórico de los datos recibidos de los sensores a través del tiempo, se instala el módulo DS 3107 como muestra la figura 2-7, el cual es un reloj de tiempo real que dispone de una batería para su alimentación cuando la estación meteorológica se apague o se quede sin energía, este aún seguiría funcionando.

Figura 2–7: Reloj de tiempo real Ds 3107



Fuente:<https://www.luisllamas.es/reloj-y-calendario-en-arduino-con-los-rtc-ds1307-y-ds3231/>

2.8 Pantalla LCD

Para que el usuario pueda obtener información se instala una pantalla LCD (display de cristal líquido) con el fin de poder visualizar la información captada por los sensores y el procedimiento de la lógica de control de la estación meteorológica. En la siguiente figura se muestra la pantalla LCD.

Figura 2–8: Pantalla LCD

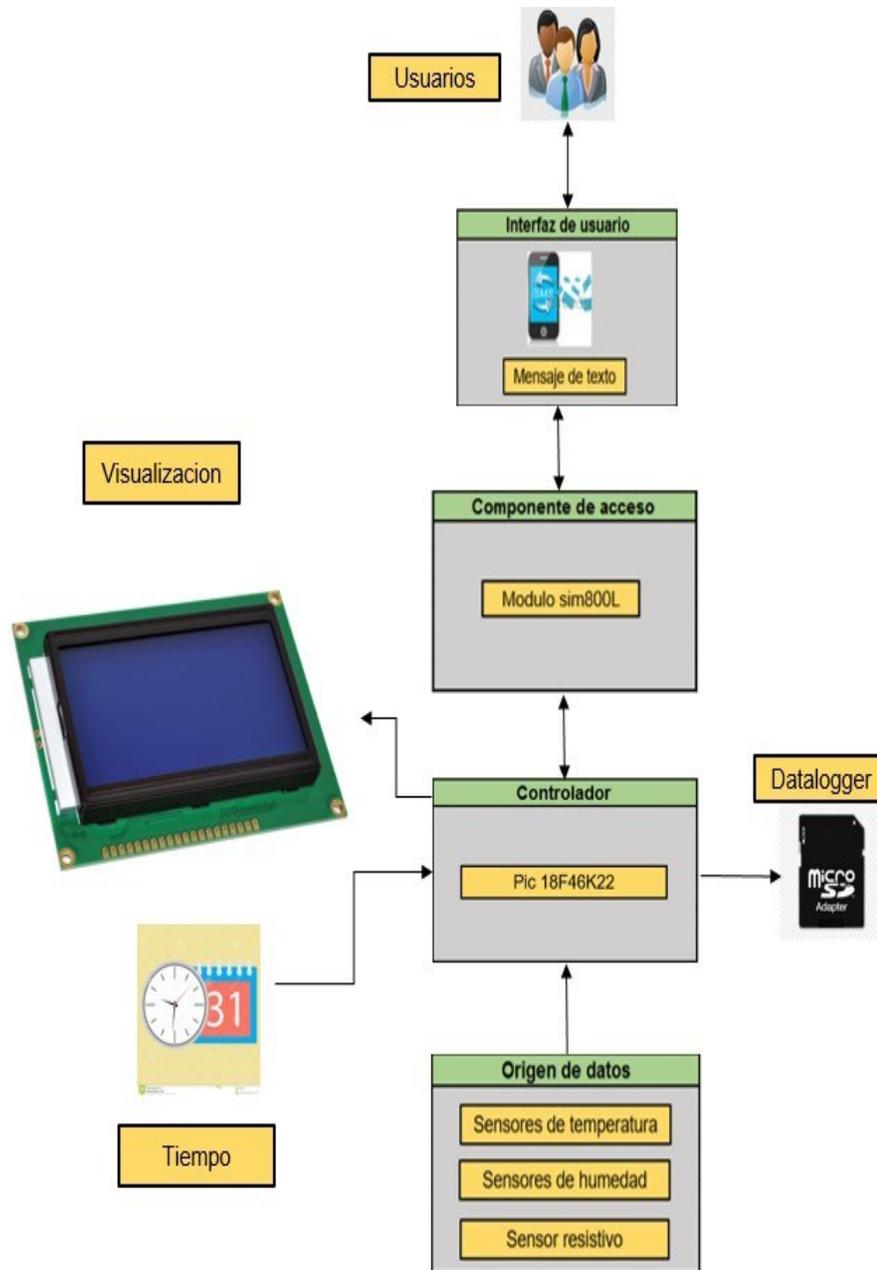
Fuente: Autor

2.9 Arquitectura del software

En este ítem se especifican los componentes del software que fueron necesarios para diseñar la aplicación que permitirá lo siguiente:

- Recolectar la información captada por los diferentes sensores mediante el hardware micro c pro pic para el microcontrolador pic 18F46K22.
- Implementar un módulo para reportar los datos meteorológicos por mensaje de texto.
- Implementar una pantalla LCD para la visualización de los datos.
- Implementar un datalogger para la recolección de los datos por medio de una memoria micro SD.
- Implementar una tarjeta controladora para el procesamiento y la lógica de control de la estación meteorológica.
- Implementar un reloj de tiempo real para la información de la hora y fecha de la recolección de los datos.

Figura 2–9: Arquitectura del software general



Fuente: Autor

2.9.1 Programación del microcontrolador pic18f46k22

Para que el microcontrolador pueda controlar los diferentes dispositivos es necesario utilizar el software micro c pro for pic, para programar en microcontrolador en lenguaje c y consta de la siguiente estructura:

- Definir variables locales y/o globales, librerías.
- Void main, esta función se ejecuta cada vez que se enciende el dispositivo, se encarga de iniciar las variables, la configuración, procedimientos e interrupciones.
- Función while(1), se encarga de ejecutar el programa que realiza el control del dispositivo.

De esta forma se ha realizado el programa de control, con el nombre “datalogger.hex” el cual tiene incluido la lectura de los sensores de temperatura, humedad y radiación solar, enviar y recibir mensajes de texto por el módulo sim800I, escribir datos en la memoria micro SD, obtener información del tiempo y controlar la pantalla LCD. En la Figura 2-10 se observa los códigos utilizados para la programación del microcontrolador.

Figura 2–10: Programación del microcontrolador

```
.
.
. //programacion del microcontrolador Pic18F46K22
.
20 #include "Librerias\DS18B20.h"
. #include "librerias\ds1307_SH.h"
.
. sbit SW at RD3_bit;
.
.
. //////////////////////////////////////
. //LCD module connections en puerto B
. sbit LCD_RS at LATB5_bit;
. sbit LCD_EN at LATB4_bit;
. sbit LCD_D4 at LATB3_bit;
30 sbit LCD_D5 at LATB2_bit;
. sbit LCD_D6 at LATB1_bit;
. sbit LCD_D7 at LATB0_bit;
.
. sbit LCD_RS_Direction at TRISB5_bit;
. sbit LCD_EN_Direction at TRISB4_bit;
. sbit LCD_D4_Direction at TRISB3_bit;
. sbit LCD_D5_Direction at TRISB2_bit;
. sbit LCD_D6_Direction at TRISB1_bit;
. sbit LCD_D7_Direction at TRISB0_bit;
40
<
```

Fuente: Fotos capturadas por el autor

Figura 2-10: Programación del microcontrolador (Continuación)

```

. ///////////////////////////////////////////////////////////////////
. //*****AT commands initialization*****
. char AT[]="AT"; //es para ver si el modulo se está comunicando, debe responder OK
- char noecho[]="ATE0";
. char mode_text[]="AT+CMGF=1"; //es para configurarlo en modo de mensaje de texto.
. char mobile_no[]="AT+CMGS=\"+3005990683\""; // es para colocar el Num donde se va a envi
. char mobile_nol[]="AT+CMGS=\"+3103688688\"";
. char leer[]="AT+CMGL=REC UNREAD,1\r";
50 char hola[]="AT+CSMS=1"; //SELECCIONA EL SERVICIO DE MENSAJE
. char borra[]="AT+CNMI=2,2"; //SE RECIBE EL MENSAJE PERO NO LO GUARDA EN LA SIM
. char regitro[]="AT+CMGR=1";
. char Dado[]="AT+CMGD=1";
. char terminator=0x1A; //forma de carácter de control + carácter terminador z
- char text1[]="TEMPERATURA DEL SUELO = ";
. char text2[]="HUMEDAD DEL SUELO = ";
. char text3[]="HUMEDAD DEL AMBIENTE = ";
. char text4[]="VOLTAJE DEL SISTEMA = ";
. char text5[]="CONTRASENA INVALIDA";
60 char text6[]="TEMPERATURA DEL AMBIENTE = ";
. char text7[]="RADIACION SOLAR = ";
-
. // MMC module connections para memoria micro sd
sbit Mmc_Chip_Select at LA1C2_bit; // for writing to output pin always use la
. sbit Mmc_Chip_Select_Direction at TRISC2_bit;
. // end MMC module connections
70
. ///////////////////////////////////////////////////////////////////
. //Software I2C connections reloj ds 3107
sbit Soft_I2C_Scl at RB7_BIT;
sbit Soft_I2C_Sda at RB6_bit;
- sbit Soft_I2C_Scl_Direction at TRISB7_bit;
sbit Soft_I2C_Sda_Direction at TRISB6_bit;
. // End Software I2C connections
. ///////////////////////////////////////////////////////////////////
. //variables
80 unsigned int suelo;
. unsigned int lluvia;
. unsigned int voltaje;
. unsigned int intensidad;
. float temperatura, temperatura2, humedad, ambiente, bateria, rayo;
- char texto[20];
. char texto6[20];
. char agua [30];
. char txt [20];

```

Fuente: Fotos capturadas por el autor

Figura 2-10: Programación del microcontrolador (Continuación)

```
89 char aire [30];
90 char calor [20];
. char vol [20];
. char luz [20];
. char dato_rx;
. char trama_rx [20];
- char puntero=0;
. char flag_rx=0;
.
. ///////////////////////////////////////////////////////////////////
.
. //declaracion procedimimeto del reloj
100 reloj dsl307; //crea una estructura con el formato del reloj llamada dsl307
.
.
. void reloj_carga_inicial()
- {
. dsl307._hora=9;
. dsl307._minuto=10;
. dsl307._segundo=0;
. dsl307._fecha=11;
110 dsl307._mes=8;
. dsl307._anho=18;
. dsl307._dia=6; //dia de la semana
. guardatodo_s();
.
. void send_to_modem(char *s)
. {
. while(*s)
. {
120 UART1_WRITE(*s++);
. }
. UART1_WRITE(0X0D);
. }
.
- void send_to_modeml(char *s)
. {
. while(*s)
. UART1_WRITE(*s++);
. }
130
. ///////////////////////////////////////////////////////////////////
. //procedimiento para enviar datos como mensaje de texto
. void send_sms()
. {
- send_to_modem(AT);
136 delay_ms(1000);
. send_to_modem(noecho);
. delay_ms(1000);
. send_to_modem(mode_text);
140 delay_ms(1000);
```

Fuente: Fotos capturadas por el autor

Figura 2-10: Programación del microcontrolador (Continuación)

```

· /*send_to_modem(mobile_no);
· delay_ms(1000);*/
· send_to_modem(mobile_no1);
· delay_ms(1000);
· send_to_modeml(text7); //text7[]="radiacion solar=";
· delay_ms(1000);
· send_to_modeml(luz);
· send_to_modeml("\r\n");
· delay_ms(1000);
150 send_to_modeml(text1); //text1[]="temperatura suelo=";
· delay_ms(1000);
· send_to_modeml(txt);
· send_to_modeml("\r\n");
· delay_ms(1000);
· send_to_modeml(text2); //text2[]="HUMEDAD DEL SUELO=";
· delay_ms(1000);
· send_to_modeml(agua);
· send_to_modeml("\r\n");
· delay_ms(1000);
160 send_to_modeml(text3); //text3[]="HUMEDAD AMBIENTE=";
· delay_ms(1000);
· send_to_modeml(aire);
· send_to_modeml("\r\n");
· delay_ms(1000);
165 send_to_modeml(text4); //text4[]="BATERIA=";
· delay_ms(1000);
· send_to_modeml(vol);
· send_to_modeml("\r\n");
· delay_ms(1000);
170 send_to_modeml(text6); //text6[]="temp ambiente=";
· delay_ms(1000);
· send_to_modeml(texto6);
· send_to_modeml("\r\n");
· delay_ms(1000);
· uart1_write(terminator);
· delay_ms(1000);
· }
·
· //////////////////////////////////////
· //procedimiento para el calculo de radiacion solar
180
· void sol()
· {
·
· // lee la radiacion solar
· //Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
· intensidad=ADC_Read(0);
· rayo=intensidad*5.0/1023.0;
· memset(luz,0,20); //limpia la trama
· //arma la trama dando tab
190 sprintf(luz,"%5.2f",rayo);

```

Fuente: Fotos capturadas por el autor

Figura 2-10: Programación del microcontrolador (Continuación)

```
. //la manda al LCD
. Lcd_Out(1,1,"RADIACION SOLAR");
. Lcd_Out(2,1, luz);
. delay_ms(3000);
- Lcd_Cmd( LCD_CLEAR);
. //la guarda en la sd
. sprintf(luz,"%5.2f\t",rayo);
. if(RC1_bit==1) Mmc_Fat_Write(luz, strlen(luz));
. UART1_Write_Text(luz);
200 }
.
.
.
. //procedimiento para el calculo de la humedad del suelo
. void humedad_suelo()
. {
. // lee la humedad del suelo
. suelo=ADC_Read(1);
. humedad=suelo*5.0/1023.0;
210 memset(agua,0,30); //limpia la trama
. //arma la trama dando tab
. sprintf(agua,"%5.2f",humedad);
. //la manda al LCD
215 Lcd_Out(1,1,"HUMEDAD DE SUELO");
216 Lcd_Out(2,1, agua);
. delay_ms(3000);
. Lcd_Cmd( LCD_CLEAR);
. //la guarda en la sd
220 sprintf(agua,"%5.2f\t",humedad);
. if(RB7_bit==1) Mmc_Fat_Write(agua, strlen(agua));
. UART1_Write_Text(agua);
. }
.
.
. //procedimiento para el calculo de la humedad del ambiente
. void humedad_Ambiente()
. {
230 // lee la humedad del Ambiente
. lluvia=ADC_Read(2);
. ambiente=lluvia*5.0/1023.0;
. memset(aire,0,30); //limpia la trama
. //arma la trama dando tab
. sprintf(aire,"%5.2f",ambiente);
. //la manda al LCD
. Lcd_Out(1,1,"HUMEDAD AMBIENTE");
. Lcd_Out(2,1,aire);
. delay_ms(3000);
240 Lcd_Cmd( LCD_CLEAR);
```

Fuente: Fotos capturadas por el autor

Figura 2-10: Programación del microcontrolador (Continuación)

```

. //la guarda en la sd
. sprintf(aire,"%5.2f\t",ambiente);
. if(RB7_bit==1) Mmc_Fat_Write(aire, strlen(aire));
. UART1_Write_Text(aire);
.
. }
.
. //////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
. //procedimiento para el calculo del voltaje del sistema
250 void voltaje_bateria()
. {
. // lee el voltaje de la bateria
. voltaje=ADC_Read(3);
. bateria=voltaje*5.0/1023.0;
. memset(vol,0,20); //limpia la trama
. //arma la trama dando tab
. sprintf(vol,"%3.1f",bateria);
. //la manda al LCD
. Lcd_Out(1,1,"VOLTAJE SISTEMA");
260 Lcd_Out(2,1, vol);
. Lcd_Chrcp('%');
. delay_ms(3000);
. Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
. //la guarda en la sd
265 sprintf(vol,"%3.1f\t",bateria);
.
. if(RC1_bit==1) Mmc_Fat_Write(vol, strlen(vol));
. UART1_Write_Text(vol);
.
. }
270
. //////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
. //procedimiento para el calculo de la temperatura del suelo
. void temperatura_suelo()
. {
. //lee la temperatura
. temperatura=ds18b20_read(&porta,4);
. memset(txt,0,20); //limpia la trama
. sprintf(txt,"%5.2f",temperatura);
. //la manda al LCD
280 Lcd_Out(1,1,"TEMP DEL SUELO");
. Lcd_Out(2,1, txt);
. Lcd_Chrcp(223);
. Lcd_Chrcp('C');
. delay_ms(3000);
. Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
. //la guarda en la sd
. sprintf(txt,"%5.2f\t",temperatura); //arma la trama dando tab
. if(RC1_bit==1) Mmc_Fat_Write(txt, strlen(txt));
. UART1_Write_Text(txt);
290 }

```

Fuente: Fotos capturadas por el autor

Figura 2-10: Programación del microcontrolador (Continuación)

```

. ///////////////////////////////////////////////////
. //procedimiento para el calculo de la temperatura del ambiente
. void temperatura_ambiente()
. {
.     //lee la temperatura
.     temperatura2=ds18b20_read(&porta,5);
.     memset(texto6,0,20); //limpia la trama
.     sprintf(texto6,"%5.1f",temperatura2);
300 //la manda al LCD
.     Lcd_Out(1,1,"TEMP AMBIENTE");
.     Lcd_Out(2,1, texto6);
.     Lcd_Chr_Cp(223);
.     Lcd_Chr_Cp('C');
.     delay_ms(3000);
.     Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
.     //la guarda en la sd
.     sprintf(texto6,"%5.2f\t",temperatura2); //arma la trama dando tab
.     if(RC1_bit==1) Mmc_Fat_Write(texto6, strlen(texto6));
310     UART1_Write_Text(texto6);
.     }
.
. ///////////////////////////////////////////////////
. //procedimiento para el reloj de tiempo real
315 void calendario()
. {
.     //lee el reloj
.     leertodo_s();
.     //arma la trama de hora dando tab
320     memset(texto,0,50); //limpia la trama
.     sprintf(texto,"%02u:%02u:%02u", (unsigned int)ds1307._hora, (unsigned int)ds1307._
.     UART1_Write_Text(texto);
.     //lo manda al LCD
.     Lcd_Out(1,7,"HORA");
.     Lcd_Out(2,5, texto);
.     delay_ms(3000);
.     Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
.     sprintf(texto,"%02u:%02u:%02u\t", (unsigned int)ds1307._hora, (unsigned int)ds1307
.     if(RC1_bit==1) Mmc_Fat_Write(texto, strlen(texto));
330     UART1_Write_Text(texto);
.     //arma trama de mes año y dia poniendo enter
.     memset(texto,0,50); //limpia la trama
.     sprintf(texto,"%02u/%02u/20%02u", (unsigned int)ds1307._fecha, (unsigned int)ds130
.     //lo manda ala lcd
.     Lcd_Out(1,6,"FECHA");
.     Lcd_Out(2,3, texto);
.     delay_ms(3000);
.     Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
.     sprintf(texto,"%02u/%02u/20%02u\r\n", (unsigned int)ds1307._fecha, (unsigned int)ds130
340     if(RC1_bit==1) Mmc_Fat_Write(texto, strlen(texto));

```

Fuente: Fotos capturadas por el autor

Figura 2-10: Programación del microcontrolador (Continuación)

```

.
.
void main()
- {
.
. //TODO DIGITAL
. ANSELA=0;
. ANSELB=0;
. ANSELC=0;
350 ANSELD=0;
. ANSELE=0;
.
. //configuracion de los canales analogos
. //para los sensores de humedad
- //para el sensor de radiacion solar
. //para obtener el voltaje del sistema
. ADCON1=0B1011; //ANO, AN1, AN2 y AN3 ANALOGOS
.
. //configuracion de los puertos como salida y entradas
360 TRISA=0;
. TRISB=0;
. TRISC=0;
. TRISD=0;
. TRISE=0;
.
.
.
367 TRISC1_bit=1; //ENTRADA PULSADOR
.
370
. TRISC4_bit=1; //SDI ENTRADA
. TRISC5_bit=0; //SDO SALIDA
. TRISC3_bit=0; //SCK SALIDA
. TRISC7_bit=1; // entrada rx
.
. //inicializacion de los dispositivos en el microcontrolador
.
. reloj_init_s(); //inicializacion del reloj de tiempo real
. //reloj_carga_inicial(); //solo se realiza una vez cuando se programa el micro
380
. ADC_Init(); //inicializacion del conversor analogo digital
.
. UART1_Init(9600); //inicializacion del puerto serial comunicacion con el sim800
. Lcd_Init(); // Inicializacion de la pantalla LCD
.
. Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR); // Clear display
. Lcd_Cmd(_LCD_CURSOR_OFF); // Cursor off
. Lcd_Out_CP("INICIANDO");
. UART1_Write_Text("INICIANDO\r\n");
390 Delay_ms(1000);
.
. //hace dos lecturas no almacenables para iniiar el sensor de temperatura
. ds18b20_read(&porta,4);
394 Delay_ms(1000);

```

Fuente: Fotos capturadas por el autor

Figura 2-10: Programación del microcontrolador (Continuación)

```

- ds18b20_read(&porta,4);
. Delay_ms(1000);
.
. //hace dos lecturas no almacenables para iniliar el sensor de temperatura del ambier
. ds18b20_read(&porta,5);
400 Delay_ms(1000);
. ds18b20_read(&porta,5);
. Delay_ms(1000);
.
. Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
- Lcd_Out(1,4,"INICIANDO");
. Lcd_Out(2,3,"MEMORIA SD");
. delay_ms(1000);
. Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
.
410 //INICANDO LA MEMORIA
.
. // Initialize SPI1 module a baja velocidad
. SPI1_Init_Advanced(_SPI_MASTER_OSC_DIV64, _SPI_DATA_SAMPLE_MIDDLE, _SPI_CLK_IDLE_LOW,
-
. while (Mmc_Fat_Init()!=0) ;
.
. // reinitialize spi at higher speed
419 SPI1_Init_Advanced(_SPI_MASTER_OSC_DIV4, _SPI_DATA_SAMPLE_MIDDLE, _SPI_CLK_IDLE_LOW,
420
. Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
. Lcd_Out(1,3,"MEMORIA SD");
. Lcd_Out(2,4," ACTIVA");
. UART1_Write_Text("MEMORIA SD ACTIVA\r\n");
- delay_ms(1000);
. Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
. UART1_Write_Text("MEMORIA INICIADA\r\n");
. //si quiere nformatearla
. // Mmc_Fat_QuickFormat("ARZ");
430
. //busca el archivo UN ARCHIVO si existe anexa datos y sino exiate lo crear
. //forma d ela tabla para el datalogger
. Mmc_Fat_Assign("Datos.TXT",0xA0);
. Mmc_Fat_Write("Radiacion Solar\t", 15);
- Mmc_Fat_Write("Humedad Suelo\t\t", 14);
. Mmc_Fat_Write("Temperatura suelo\t\t\t", 20);
. Mmc_Fat_Write("Humedad Ambiente\t\t\t\t", 17);
. Mmc_Fat_Write("Temperatura Ambiente\t\t\t\t\t", 21);
. Mmc_Fat_Write("Voltaje Sistema\t\t\t\t\t", 16);
. Mmc_Fat_Write("HORA\t\t\t\t\t", 5);
440 Mmc_Fat_Write("FECHA\r\n", 5);
.
.
.

```

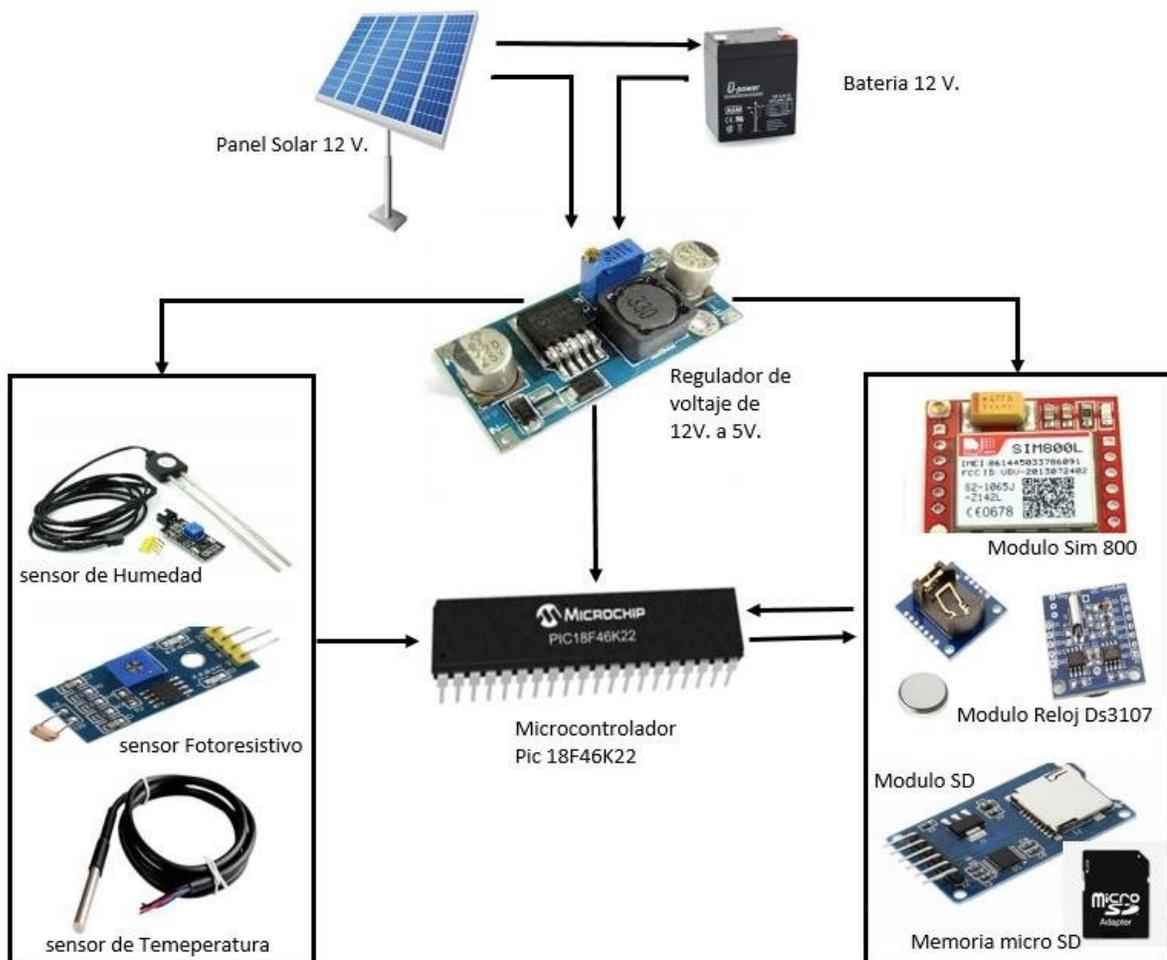
Fuente: Fotos capturadas por el autor

2.10 Construcción del prototipo

2.10.1 Diseño de construcción electrónico

El diseño eléctrico de la estación meteorología se basa en las variables a medir y la autonomía de energía eléctrica acorde al enfoque del proyecto en la Figura 2-11: Se ilustra el diagrama de los componentes electrónicos.

Figura 2-11: Diseño de ensamble



Fuente: Elaborado por el autor

2.10.2 Diseño de la estructura física

La estructura es de aluminio, por ser un material poco corrosivo e ideal para los cambios de climas que se presentan en la región caribe colombiana, la estructura soporta todos los dispositivos eléctricos de la estación meteorológica como son; caja plástica, panel solar, batería; sensores de temperatura, sensores de humedad y sensor resistivo y tarjeta PCB, en la Figura 2-12 se muestra la estructura armada con el panel solar y la caja de conexiones.

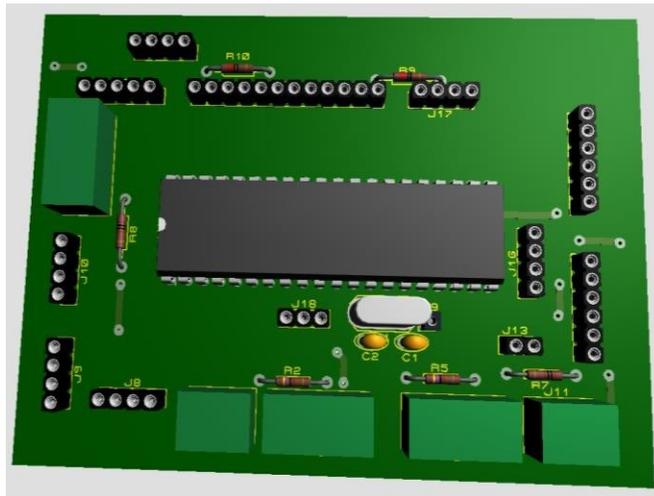
Figura 2–12: Estructura y montaje



Fuente: Foto capturada por el autor

2.10.3 Diseño de la PCB (placa de circuito impreso)

Para la conexión y ensamble de los diferentes dispositivos de la estación meteorológica se diseña y construye la tarjeta PCB. Esta tarjeta es la que se encarga del control, la adquisición de información censada por los instrumentos, almacenar la información del datalogger, realizar las acciones con la red GSM y obtener los datos de la fecha y hora a través del reloj de tiempo real, para ello se utiliza el programa proteus (Garcías Breijo, 2008), para el diseño del circuito y en el ares, para el diseño impreso de la PCB y vista 3D quedando como se muestran en las Figuras 13, 14 y 15 respectivamente:

Figura 2–15: Diseño de la PCB en 3D

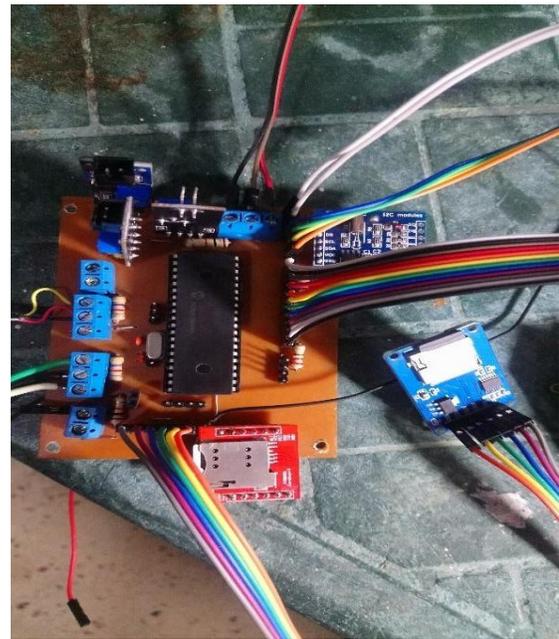
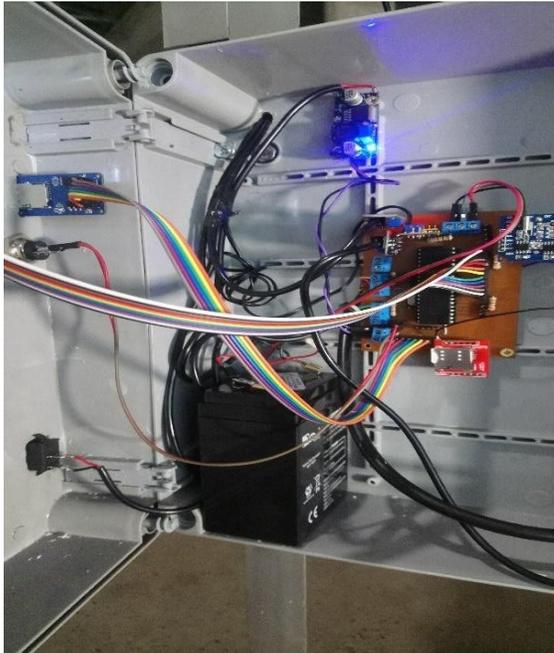
Fuente: Elaborado por el autor

3. Resultados

3.1 Tarjeta de control PCB (placa de circuito impreso)

En esta sección se presenta la conexión, ensamble e implementación de los componentes electrónicos a la tarjeta PCB, la cual se compone de los sensores de temperatura, sensor de humedad, sensor foto-resistivo, batería de 12 V, panel solar de 12 V, módulo para memoria micro SD, módulo de comunicación sim 800L, microcontrolador Pic18F46K22, el regulador de voltaje de 12 a 5 V (para la alimentación de todos los componentes), y la caja de intemperie para proteger los elementos. En la Figura 3-1: se observa la implementación.

Figura 3-1: Ensamble de elementos

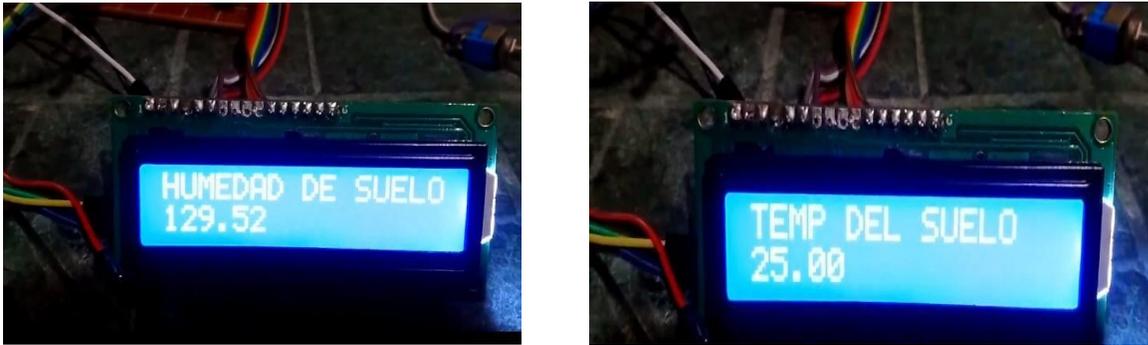


Fuente: Fotos capturadas por el autor

3.2 Pruebas funcionales

En la Figura 3 -2 se observa en la pantalla LCD los valores obtenidos en la medición de temperatura y humedad

Figura 3–2: Temperatura y humedad

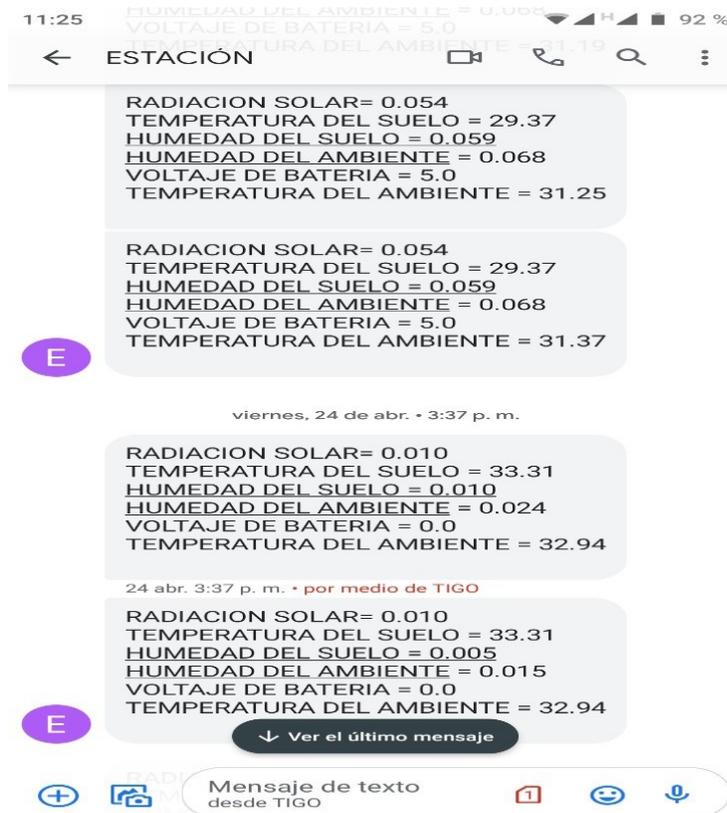


Fuente: Fotos capturadas por el autor

3.3 Pruebas de la red GSM

Se realizaron las pruebas con el módulo sim 800 L para la transmisión y recepción de los mensajes de texto, utilizando un teléfono móvil como se ilustra en la figura 3-3:

Figura 3–3: Mensaje de texto red GSM



Fuente: Foto capturada por el autor

3.4 Información del datalogger

En la tabla 3-1 se muestra los datos recolectados por los sensores y grabados en la memoria micro sd.

Tabla 3-1: Variables agroclimáticas

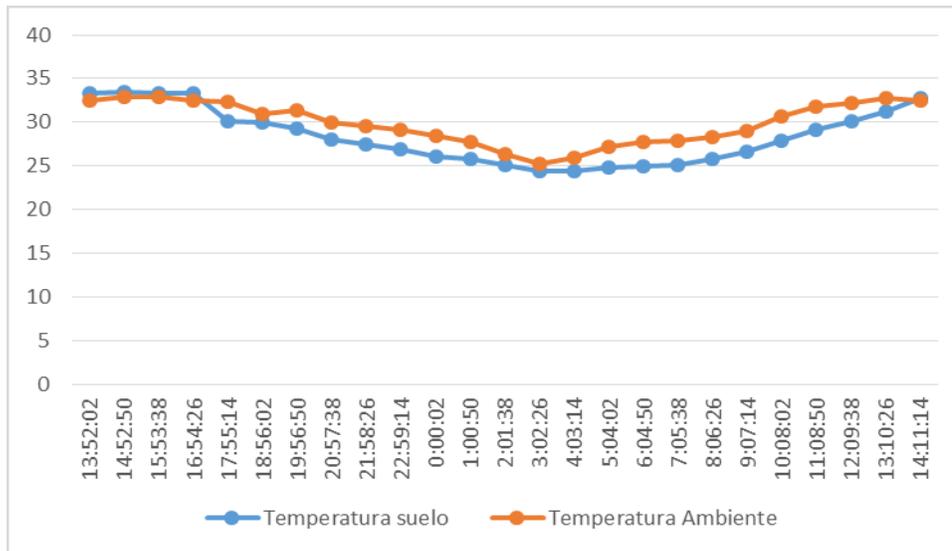
Radiación Solar	Humedad Suelo	Temperatura suelo	Humedad Ambiente	Temperatura Ambiente	Voltaje Sistema	HORA	FECHA
5	0,18	33,31	0,46	32,55	5.0	13:52:02	24/04/2020
5	0,16	33,4	0,78	32,88	5.0	14:52:50	24/04/2020
5	0,18	33,31	0,88	32,94	5.0	15:53:38	24/04/2020
4,7	0,2	33,31	1,33	32,5	5.0	16:54:26	24/04/2020
4,3	0,2	30,15	1,79	32,4	5.0	17:55:14	24/04/2020
3,22	1,02	30,02	2,22	31	5.0	18:56:02	24/04/2020
2,12	1,58	29,22	3,27	31,32	5.0	19:56:50	24/04/2020
2,12	2,34	28,08	3,33	30	5.0	20:57:38	24/04/2020
2,12	2,96	27,52	3,88	29,5	5.0	21:58:26	24/04/2020
0,11	3,33	26,88	3,92	29,1	5.0	22:59:14	24/04/2020
0,11	3,78	26,04	3,95	28,42	5.0	0:00:02	25/04/2020
0,11	4,28	25,78	3,88	27,8	5.0	1:00:50	25/04/2020
0,11	4,64	25,14	3,92	26,36	5.0	2:01:38	25/04/2020
0,11	5	24,33	3,99	25,2	5.0	3:02:26	25/04/2020
0,11	5	24,44	3,96	26	5.0	4:03:14	25/04/2020
0,88	5	24,77	3,98	27,12	5.0	5:04:02	25/04/2020
1,6	5	24,89	3,85	27,8	5.0	6:04:50	25/04/2020
2,22	5	25,12	3,2	27,94	5.0	7:05:38	25/04/2020
4,8	4,71	25,78	2,78	28,3	5.0	8:06:26	25/04/2020
5	3,59	26,66	1,22	29	5.0	9:07:14	25/04/2020
5	3,16	27,9	1,04	30,62	5.0	10:08:02	25/04/2020
5	2,11	29,15	0,77	31,8	5.0	11:08:50	25/04/2020
5	1,06	30,08	0,52	32,26	5.0	12:09:38	25/04/2020
5	0,74	31,23	0,55	32,72	5.0	13:10:26	25/04/2020
5	0,22	32,73	0,21	32,45	5.0	14:11:14	25/04/2020

Fuente: Elaborado por el Autor

3.4.1 Análisis de las temperaturas

En la Figura 3-4 se muestra la tendencia de la temperatura del suelo y del ambiente, con la que se podrá tomar decisiones para la programación de riegos de los cultivos.

Figura 3–4: Tendencias de temperaturas

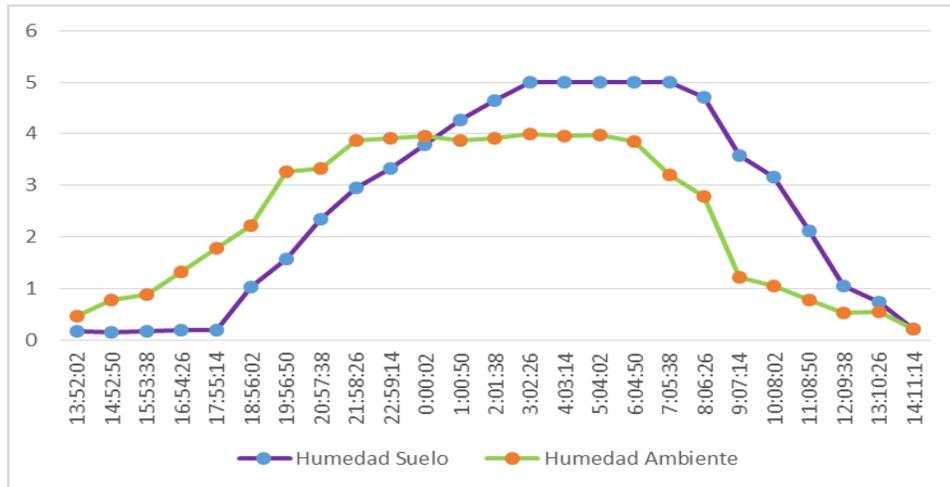


Fuente: Elaborado por el Autor

3.4.2 Análisis de la humedad

En la Figura 3-5 se muestra la tendencia de la humedad del suelo y del ambiente, con la que se podrá tomar decisiones para la programación de riegos de los cultivos.

Figura 3–5: Tendencia de la humedad

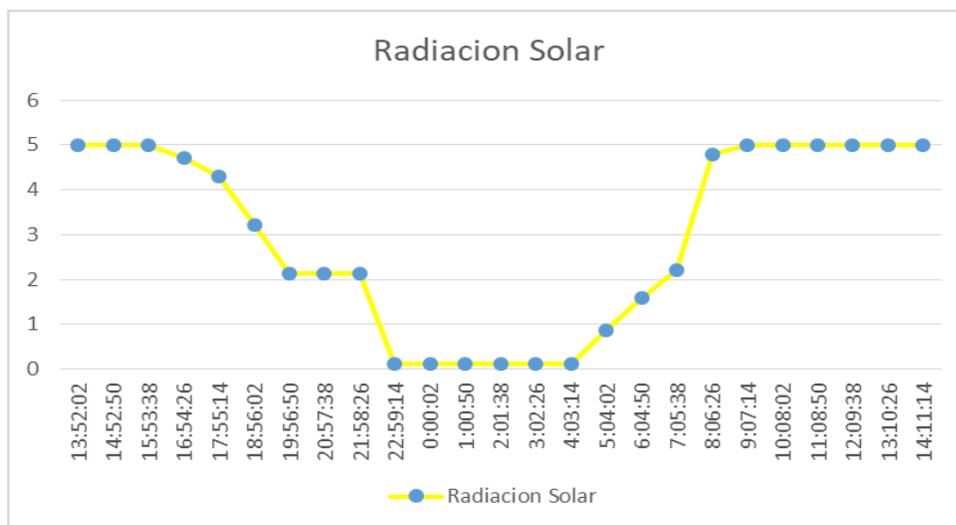


Fuente: Elaborado por el Autor

3.4.3 Análisis de la radiación solar

En la Figura 3-6 se muestra la tendencia de la radiación solar, con la que se podrá tomar decisiones para la programación de riegos de los cultivos.

Figura 3–6: Tendencia de la radiación solar



Fuente: Elaborado por el Autor

3.5 Estación de monitoreo

En la Figura 3-7 se muestra la estación de monitoreo de variables agroclimática para cultivos en su estado final.

Figura 3–7: Estación de monitoreo



Fuente: Foto capturada por el autor

En la estructura se encuentran ensamblados los dispositivos que conforman la estación de monitoreo es decir:

- Panel solar
- Caja de interperie
- Sensores de temperatura
- Sensores de humedad
- Sensor de radiación solar
- Pantalla LCD
- Botón de encendido
- Pulsador de extracción segura de la memoria micro sd
- Antena del módulo sim 800l
- Modulo micro sd

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

- La implementación de un sistema de instrumentación para el monitoreo de las variables agroclimáticas brinda información en tiempo real, la cual es utilizada para la programación de riegos de cultivos durante sequías prolongadas.
- El desarrollo de la tarjeta microcontroladora permite la recolección, almacenamiento y posterior visualización de los datos.
- Se ha incluido la red GSM al proyecto para obtener mayor cobertura en área geográfica obteniendo la información en formato de mensaje de texto.
- Se ha implementado energía eléctrica a partir de un panel solar fotovoltaico con capacidad de 20 Watt para que el equipo sea autosostenible en lugares remotos y no depender solo de energía eléctrica de un proveedor.

4.2 Recomendaciones

- Implementar un sistema de riego de acuerdo a los cultivos y las variables censadas.
- Utilizar sensores más robustos de acuerdo a la zona de la región caribe colombiana.
- El proyecto cuenta con alternativas de actualizaciones ya que el microcontrolador cuenta con 12 pines disponibles para agregar más dispositivos.
- Se pueden realizar bases de datos por internet de las cosas, por medio del módulo sim 800L que abarca este campo.

5. Bibliografía

- Alldatasheet. (12 de Abril de 2020). Alldatasheet. Obtenido de Alldatasheet:
https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Pic18f46k22%20datasheet&gclid=EAlalQobChMI4p3w58nc6QIVkozlCh1YIQf9EAAYASAAEgLvD_BwE
- Alldatasheet. (10 de Abril de 2020). Alldatasheet. Obtenido de Alldatasheet:
<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/58557/DALLAS/DS18B20.html>
- CARAZO GARCÍA, R., & HERRERA MENDOZA, S. A. (2016). PROTOTIPO DE UNA ESTACION METEOROLÓGICA. Sincelejo.
- Contreras, S. (05 de Febrero de 2020). lifeder.com. Obtenido de lifeder.com:
<https://www.lifeder.com/agricultura-region-caribe/>
- Elecrow. (17 de Abril de 2020). Elecrow. Obtenido de Elecrow:
https://www.elecrow.com/wiki/images/2/20/SIM800_Series_AT_Command_Manual_V1.09.pdf
- Elizondo, F. U. (2011). Utilización de estaciones meteorológicas automáticas como nueva alternativa para el registro y transmisión de datos . Revista Posgrado y Sociedad , 17.
- Fernandez, M. E. (2013). EFECTOS DEL CAMBIO CLIMATICO EN LA PRODUCCION Y RENDIMIENTO DE CULTIVOS POR SECTORES.
- Garcías Breijo, E. (2008). Compilador C CCS y Simulador PROTEUS para Microcontroladores PIC. Mexico: Alfaomega.
- I, F. D., G, V. N., R, W. R., J, T. S., C, B., & L, A. Q. (2001). LA ENSEÑANZA Y FORMACIÓN PROFESIONAL DEL PERSONAL EN METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA OPERATIVA. Ginebra.
- Img.filipeflop. (12 de Abril de 2020). Img.filipeflop. Obtenido de Img.filipeflop:
https://img.filipeflop.com/files/download/Datasheet_SIM800L.pdf
- Instituto Humboldt - IDEAM. (2014). INFORME CONSOLIDADO DEL ÁREA TEMÁTICA DE CLIMA. Bogota.