



# ***Estación meteorológica automática en Perú***

*Santiago Linder Rubiños Jiménez  
Abilio Bernardino Cuzcano Rivas  
Adán Amilcar Tejada Cabanillas  
Fernando Mendoza Apaza  
Juan Herber Grados Gamarra  
Constantino Miguel Nieves Barreto*

**CIDE**  
EDITORIAL



# **Estación meteorológica automática en Perú**

# Estación meteorológica automática en Perú

Autores

---

Santiago Linder Rubiños Jiménez  
Abilio Bernardino Cuzcano Rivas  
Adán Almircar Tejada Cabanillas  
Fernando Mendoza Apaza  
Juan Herber Grados Gamarra  
Constantino Miguel Nieves Barreto

## Estación meteorológica automática en Perú

Reservados todos los derechos. Está prohibido, bajo las sanciones penales y el resarcimiento civil previstos en las leyes, reproducir, registrar o transmitir esta publicación, íntegra o parcialmente, por cualquier sistema de recuperación y por cualquier medio, sea mecánico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia o por cualquiera otro, sin la autorización previa por escrito al Centro de Investigación y Desarrollo Ecuador (CIDE).

Copyright © 2023

Centro de Investigación y Desarrollo Ecuador

Tel.: + (593) 04 2037524

<http://www.cidecuador.org>

ISBN: 978-9942-636-37-9

<https://doi.org/10.33996/cide.ecuador.EM2636379>

**Dirección editorial:** Lic. Pedro Misacc Naranjo, Msc.

**Coordinación técnica:** Lic. María J. Delgado

**Diseño gráfico:** Lic. Danissa Colmenares

**Diagramación:** Lic. Alba Gil

**Fecha de publicación:** noviembre, 2023



Guayaquil, Ecuador

La presente obra fue evaluada por pares académicos experimentados en el área.

### **Catalogación en la Fuente**

Estación meteorológica automática en Perú/ Santiago Linder Rubiños Jiménez, Abilio Bernardino Cuzcano Rivas, Adán Almircar Tejada Cabanillas, Fernando Mendoza Apaza, Juan Herber Grados Gamarra, Constantino Miguel Nieves Barreto - Ecuador: Editorial CIDE, 2023.

85 p.: incluye tablas, figuras; 17,6 x 25 cm.

ISBN: 978-9942-636-37-9

1. Estaciones meteorológicas

## *Semblanza de los autores*

### **Santiago Linder Rubiños Jiménez**

Correo: r.rservice@yahoo.es; slrubinosj@unac.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0003-0095-6988>

Doctor en Ingeniería Eléctrica, Doctor en Gestión Pública y Gobernabilidad, Maestro en Gestión Pública, Maestro en Ingeniería Eléctrica con mención en Gestión de sistemas de Energía Eléctrica, Bachiller de la carrera profesional en Ingeniería Eléctrica. Titulado con experiencia laboral en el área de docencia, proyectos de Ingeniería e Investigación. Persona formada



humanista, científica y tecnológicamente, caracterizada por cualidades, como: responsable, emprendedor, puntual, comunicativo con capacidad de trabajar en equipo, colaborador, respetuoso y principalmente honrado. Actualmente se desempeña como director del Instituto de Investigación del Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Nacional del Callao.

## **Abilio Bernardino Cuzcano Rivas**

Correo: [acuzcano75@gmail.com](mailto:acuzcano75@gmail.com); [abcuzcanor@unac.edu.pe](mailto:abcuzcanor@unac.edu.pe)  
<https://orcid.org/0000-0002-9823-8740>

Doctor en Ingeniería Eléctrica, Maestro en Ingeniería Electrónica con mención en Biomédica, Bachiller de la carrera profesional en Ingeniería Electrónica. Titulado con experiencia laboral en el área de docencia, proyectos de Ingeniería e Investigación. Persona formada humanista, científica y tecnológicamente, caracterizada por cualidades, como: responsable, emprendedor, puntual, comunicativo con capacidad de trabajar en equipo, colaborador, respetuoso y principalmente honrado. Actualmente se desempeña como director en la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional del Callao.



# Adán Almircar Tejada Cabanillas

Correo: [atejadacabanillas@yahoo.es](mailto:atejadacabanillas@yahoo.es); [aatejadac@unac.edu.pe](mailto:aatejadac@unac.edu.pe)

<https://orcid.org/0000-0002-9736-3654>

Doctor en Ingeniería Eléctrica, Maestro en Economía con mención en Métodos Cuantitativos de la Economía y en Ingeniería Eléctrica con mención en Gestión de Sistemas de Energía Eléctrica, Bachiller y Licenciado en Estadística. Directivo académico con una sólida experiencia en liderar y gestionar una Facultad de Ingeniería. 30 años de dedicación al fomento de la excelencia educativa y el desarrollo de programas innovadores en ingeniería. Destacado por la mejora de la calidad de la enseñanza y aprendizaje y el aumento de la investigación. Experto en la administración de recursos y la planificación estratégica para el crecimiento sostenible de la Facultad. Comunicador eficaz y líder inspirador, capaz de promover la colaboración entre profesores, estudiantes y personal administrativo. Comprometido con el avance continuo de la Facultad y la preparación de futuros líderes en Ingeniería. Actualmente se desempeña como director del Departamento de Ingeniería Eléctrica y director de Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional del Callao.



## Fernando Mendoza Apaza

Correo: [mastermetric@gmail.com](mailto:mastermetric@gmail.com); [fmendozaa@unac.edu.pe](mailto:fmendozaa@unac.edu.pe)  
<https://orcid.org/0000-0001-7981-8291>

Ingeniero Electrónico de la Universidad Nacional del Callao. Con estudios en Doctorado en Educación, y estudios de Maestría en Ingeniería Eléctrica, a través del Ministerio de Energía y Minas; Maestría en Telecomunicaciones, Estudios de Maestría en Ingeniería de Sistemas, con especializaciones y certificaciones en Normas de Calidad ISO9001 Quality Management Systems Associate, ISO/IEC2000 IT Service Management Associate, ISOIEC27001 Information Security Associate, SCRUM Foundation Professional Certificate y certificación Lean Foundations Professional Certification, Help Desk Professional Certificate HDPC y Capacitación en IT Service Management Basado en ITIL 4. Con experiencia en diferentes empresas e instituciones desempeñando funciones en las áreas de Gestión de proyectos y licitación, construcción y ejecución. Adquisición y puesta en marcha de equipos de Telecomunicaciones, Control y Automatización, Networking, Servidores, Redes Cisco, Radioenlaces Wireless y CATV (Diseño y optimización). En el área automotriz con conocimientos en Electrónica Automotriz, en diagnóstico y mantenimiento con equipos LAUNCH. En el área eléctrica con desempeño en planeamiento Eléctrico, Planeamiento y Soporte. En Planta en Sistemas de Control y Automatización Neumáticos e Hidráulicos, Scada y PLC. En el ámbito Industrial Minero e Impacto Ambiental en mantenimiento de planta e instrumentación. Capacidad en la planificación y organización de actividades dirigidas al cumplimiento de objetivos, manteniendo y estableciendo adecuadas relaciones a todo nivel, conocimientos bajo las normas con efectividad y dedicación a la labor profesional.



## Juan Herber Grados Gamarra

Correo: herbergg46@yahoo.es; jhgradosg@unac.edu.pe  
<https://orcid.org/0000-0003-3696-0153>

Ingeniero Electricista, egresado de la Universidad Nacional del Callao, Magister en Gerencia de Proyectos de Ingeniería. Doctor en Administración. Cuenta con 35 años como Docente Universitario. Actualmente se desempeña como Vicerrector de Investigación de la Universidad Nacional del Callao. Fue director de la Unidad de Investigación de la FIEE UNAC. Por otra parte, fue Decano de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y



Electrónica de la Universidad Nacional del Callao por dos períodos 2010-2013 y 2015-2019. Asimismo, fue Coordinador del Centro de Investigación de La FIEE UNAC Automatización para el Desarrollo. Es evaluador de trabajos de investigación por pares de eventos nacionales e internacionales para publicación en revistas indexadas.

## Constantino Miguel Nieves Barreto

Correo: [cmnieves@hotmail.com](mailto:cmnieves@hotmail.com); [cmnievesb@unac.pe](mailto:cmnievesb@unac.pe)

<https://orcid.org/0000-0002-9144-4517>

Licenciado en Administración de la Facultad de Ciencias Administrativas de la Universidad Nacional del Callao, con 22 años de labor Académica y Administrativa, con Grado de Maestro y Doctor en Administración, Diplomado en Investigación Científica y Cátedra Universitaria y Diplomado en Gestión Pública y Gobiernos Regionales. Posee



sólidos conocimientos en Gestión Empresarial, Planeación, Dirección, Organización y Control con criterio para la toma de decisiones. Director de Editorial Universitaria, director general de Administración, director de Recursos Humanos. En la actualidad es director de Asuntos Académicos de la Universidad Nacional del Callao.

# Índice

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| Semblanza de los autores ..... | 5  |
| Introducción .....             | 13 |

## **Capítulo 1**

### **Importancia de la meteorología y el clima**

|   |    |
|---|----|
| 1.1 Consideraciones generales .....                                       | 15 |
| 1.2 Importancia de la meteorología y de las variables climatológicas .... | 16 |
| 1.3 Estaciones meteorológicas .....                                       | 18 |
| 1.4 Consideraciones finales .....   | 23 |

## **Capítulo 2**

### **Diseño de una estación meteorológica**

|  |    |
|--|----|
| 2.1 Introducción al capítulo .....                     | 26 |
| 2.2 Diagrama de bloques y descripción del diseño ..... | 28 |
| 2.3 Consideraciones finales .....                      | 48 |

## **Capítulo 3**

### **Selección de sensores**

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 3.1 Introducción al capítulo ..... | 51 |
| 3.2 Sensores .....                 | 51 |
| 3.3 Consideraciones finales .....  | 73 |

## **Capítulo 4**

### **Medición de variables climatológicas**

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 4.1 Introducción al capítulo ..... | 75 |
| 4.2 Registro de datos .....        | 76 |
| 4.3 Consideraciones finales .....  | 80 |
| Referencias .....                  | 82 |

# *Introducción*

Actualmente, diversas entidades públicas y privadas se dedican a la actividad del muestreo de señales meteorológicas, con distintos fines, ya sean para prevenir fenómenos naturales como para anticipar fenómenos aprovechables a la energética. Para ello se utilizan máquinas de instrumentación capaces de poder capturar y procesar dichas señales, por lo general costosas para su uso con fines personales, y por otro lado suponen un importante esfuerzo de inversión para empresas dedicadas al ramo.

Ante ello, la presente investigación plantea el diseño de un sistema que captura señales meteorológicas, el cual posee como base fundamental la placa Arduino Mega, hoy muy comercializada con un precio razonablemente bajo de mercado, así como el uso del módulo ESP6288 de Arduino, con el cual se puede procesar las señales en tiempo real mediante un servidor web. De este modo la investigación que se presenta a continuación muestra el desarrollo de un sistema de señales meteorológicas, como temperatura, fuerza de viento, entre otras, con un costo de inversión bajo.



# 1

## ***CAPÍTULO 1***

*Importancia de la meteorología  
y el clima*

# Importancia de la meteorología y el clima

## 1.1 Consideraciones generales

La meteorología es una ciencia que se encarga del estado del tiempo atmosférico, para ello mide, registra y monitoriza variables climáticas como temperatura, humedad, vientos y otros. Esta observación se realiza por diversas causas, desde la evidencia que estamos viviendo un cambio climático global, sus efectos en los demás fenómenos atmosféricos, la anticipación de riesgos naturales, planificación de las ciudades y de las cosechas, entre otros.

Para la medición utiliza instrumentos localizados en las estaciones meteorológicas. Las cuales deben ser capaces de medir, registrar y comunicar la información de manera confiable y oportuna. El presente capítulo es introductorio y se ha dedicado a la importancia de la meteorología como ciencia y de las estaciones meteorológicas.

## **1.2 Importancia de la meteorología y de las variables climatológicas**

La meteorología es una ciencia interdisciplinaria que se encarga de estudiar la atmósfera, su estructura, composición y los fenómenos que tienen lugar en ella. También se ocupa del estado del tiempo atmosférico, más concretamente en las capas inferiores de la atmósfera. Por otro lado, es una rama de la física y se encarga de comprender el funcionamiento de la atmósfera, estudiar su evolución de manera continuada y predecir los diferentes fenómenos atmosféricos que se pueden llegar a producir para cortos plazos de tiempo, mayormente pronósticos para períodos entre 24 y 48 horas. Es una ciencia muy importante para nuestra vida cotidiana, ya que nos permite conocer el clima y tomar medidas para protegernos de los fenómenos meteorológicos extremos (Nuñez, 2018)

Los datos obtenidos a través de la meteorología son fundamentales para las actividades sociales y económicas, establecer factores de riesgo y garantizar medidas anticipadas para los recursos híbridos y alimenticios. La información es obtenida por medio de estaciones meteorológicas ubicadas en

distintos lugares que, durante mucho tiempo, se encuentran registrando las variables climatológicas.

La indagación sobre la información meteorológica ha tenido un crecimiento en tiempos recientes debido a que existe un cambio climático global (Arteaga et al., 2017). Este cambio es un fenómeno que se refiere a las alteraciones a largo plazo de las temperaturas y los patrones climáticos en la Tierra. Estos cambios pueden tener causas naturales, como las variaciones en la actividad solar o las erupciones volcánicas, o causas humanas, como la quema de combustibles fósiles que emiten gases de efecto invernadero, los cuales atrapan el calor del sol y provocan el calentamiento global, que es el aumento de la temperatura media del planeta, teniendo consecuencias negativas para la vida en la Tierra, como sequías, inundaciones, incendios, tormentas, deshielo de los polos, aumento del nivel del mar y pérdida de biodiversidad. Además, también afecta a la salud, la agricultura, la vivienda, la seguridad y el trabajo de las personas (UN, 2016).

Los elementos del clima primordiales a ser registrados en una estación meteorológica son:

- Temperatura.
- Humedad del aire.
- Viento.
- Radiación solar.
- Precipitación.
- Evaporación.
- Otros.

### **1.3 Estaciones meteorológicas**

Una estación meteorológica es un lugar acondicionado para medir y registran diferentes variables de la atmósfera, como la temperatura, la humedad, la presión, los vientos y las precipitaciones, con el historial de estos datos se estudia lo que popularmente conocemos como tiempo, y que hace referencia a las condiciones climáticas de una zona determinada.

Las estaciones meteorológicas pueden tener diferentes instrumentos en su arsenal de equipos de medida, como termómetros, higrómetros, barómetros, anemómetros, veletas, pluviómetros, heliógrafos, etc. Estos se colocan en una zona despejada y protegida de la radiación solar directa. Algunas de estas estaciones, también pueden medir otros parámetros, como la radiación solar, la calidad del aire, el nivel de ruido o el contenido de polen.

Según la forma como se tomen o capten los datos, hay dos tipos principales de estaciones meteorológicas: *las manuales y las automáticas*. Las estaciones manuales requieren la intervención de un observador que anota los datos en un cuaderno o los envía por teléfono o radio, como se muestra en la Figura 1. Según la Organización Meteorológica Mundial (OMM), la configuración tipo de una estación se muestra en la Tabla 1.

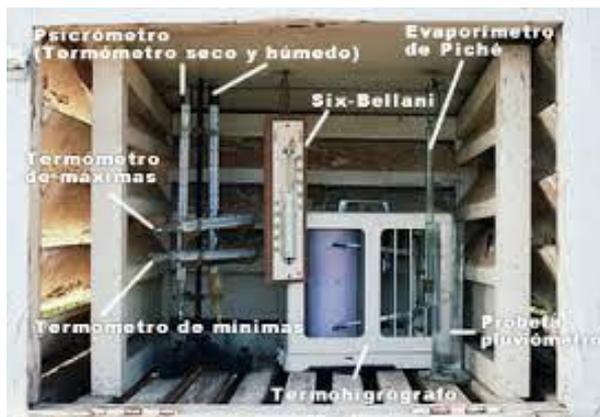
**Tabla 1.***Elementos de una estación meteorológica manual*

| <b>Elemento</b>                  | <b>Contenido</b>  |
|----------------------------------|---|
| Garita                           | Para la protección de instrumentos del sol, viento, lluvia, nieve y granizo. Suelen ser de aletas de madera blanca diseñados para conseguir una ventilación tanto horizontal como vertical, situada a una altura del suelo que facilite la lectura de los instrumentos que contiene a los cuales protege del sol, lluvia, viento y granizo.   |
| Instrumentos esenciales          | <ul style="list-style-type: none"><li>• Termómetro seco y húmedo.</li><li>• Termómetros de máxima y mínima.</li><li>• Pluviómetro.</li></ul>  |
| Otros instrumentos no esenciales | <ul style="list-style-type: none"><li>• Elementos registradores como termógrafo, hidrógrafo, pluviógrafo.</li><li>• Barómetro / barógrafo.</li><li>• Anemómetro / anemógrafo.</li><li>• Veleta.</li><li>• Heliógrafo o medidor de insolación.</li><li>• Termómetros a diferentes profundidades y alturas respecto el suelo.</li><li>• Evaporímetros.</li><li>• Los instrumentos deben ser fiables, robustos, estables y precisos.</li></ul> |

*Nota.* Adaptado de (Meteo, s.f.)

## Figura 1.

*Estación meteorológica manual.*



Nota. Adaptado de (Meteo, s.f.)

Las estaciones automáticas son dispositivos electrónicos que transmiten los datos de forma inalámbrica a un centro de recepción (SMN, 2016), como se muestra en la Figura 2.

## Figura 2.

*Estación meteorológica automática.*



Nota. Adaptado de (BoosterAgro, 2022)

No es suficiente que las estaciones meteorológicas, capten solamente los parámetros del clima, sino que también la información que proporcionen debe de ser confiables y representar el clima de la zona estudiada y sus alrededores. Los datos adquiridos son fundamentales pues contribuirán a la toma de decisiones en áreas de planificación urbanística, en diversas áreas de la ingeniería, y en el ordenamiento del territorio, entre otras ventajas.

En el caso de la meteorología es bueno puntualizar que valor de la información obtenida debe está directamente relacionado con su utilidad y finalidad. Habitualmente, para la realización de los trabajos meteorológicos se viene usando las estaciones convencionales (EC). Sin embargo, actualmente está surgiendo un incremento en el empleo de las estaciones automáticas (EA), esto se debe fundamentalmente a que contribuyen a la estandarización de la información meteorológica, lo que contribuye a solventar problemas que se presentan tradicionalmente, como por ejemplo la falta de objetividad del observador y los errores de digitación (Vinueza, Risquet, & Nagy, 2016).

Sin embargo, el costo y mantenimientos de las estaciones meteorológicas automáticas (EMA) comerciales es alto, por ello en algunas ocasiones para disminuir los gastos que implica, se busca diseñar una que ayudará a extender el manejo de su utilización (Polo et al., 2017).

Una estación meteorológica diseñada y construida a partir de componentes y sensores de bajo costo puede reducir el costo final. Además, la información que puede registrar es similar a la que proporciona cualquier estación de manufactura importada, es decir se puede equiparar a las mejores marcas.

#### **1.4 Consideraciones finales**

Como se ha visto en este capítulo, la meteorología es indispensable para muchas de las actividades humanas, que van desde el aprovechamiento de los datos para la toma de decisiones de habitabilidad, desarrollo de fuentes alternativas de energía y prevención de desastres naturales. Es decir, si asociamos análisis de los datos meteorológicos a estadísticos se puede tener desde predicciones para conocer la vestimenta

del día hasta los riesgos naturales que se avecinan, que han sido potenciados por el cambio climático.

Las estaciones meteorológicas han evolucionado con el transcurso del tiempo pasaron de ser manuales (ubicadas en una Garita para la protección de los instrumentos de medición) hasta las actuales automáticas, capaces de almacenar la información y transmitirla de manera oportuna y confiable, con diseños que soportan los embates atmosféricos. Sin embargo, los costos de estas estaciones se han incrementado en el tiempo, lo que en este documento será la excusa perfecta para en los capítulos adicionales mostrar un esquema económico de construcción de una estación meteorológica y finalmente, el tratamiento de sus señales, de las cuales se deriva la información.



# 2

## ***CAPÍTULO 2***

***Diseño de una estación  
meteorológica***

# Diseño de una estación meteorológica

## 2.1 Introducción al capítulo

Es de importancia comprobada los beneficios de las estaciones meteorológicas para la vida y su evolución, adicionalmente el cambio de estas estaciones a sistemas más complejos de adquisición y manejo de señales, le permiten medir, registrar y transmitir la información de las condiciones atmosféricas, casi en tiempo real. Este apartado se ha dedicado al diseño de una estación meteorológica automática en base a dispositivos de bajo costo.

La aspiración es alcanzar un desarrollo con diseño propio para una Estación Meteorológica que pueda manejarse en condiciones similares a una Estación Meteorológica Automatizada (de las que ya sabemos se denominan EMA) que permita la toma de los datos con alta sensibilidad y además pueda dentro de su constitución de equipamientos contar con elementos de fácil adquisición a costos económicamente

accesibles. Esta intención representa una idea por demás interesante, no es tan sencillo llevar a cabo ese cometido tal como parece, pues la finalidad es hacer que un sistema de diseño doméstico con rudimentos ensamblados a partir de varios elementos, se aproxime lo más posible a los resultados que garantiza una Estación Meteorológica comercializada del mercado.

Para alcanzar la idea expresada en el párrafo anterior tenemos que vencer en palabras del (Rubiños, 2022), las siguientes situaciones: Selección y adaptación de los sensores para las distintas variables de las que se está realizando censando, programación para que se comuniquen sensores y señales, lograr una interfaz para generar una comunicación eficiente entre las señales analógicas y sus procesadores digitales, adicionalmente programar el enlace entre los convertidores de señales analógicas y un módulo con acceso wifi para realizar monitoreo de los parámetros medidos, además de establecer enlace con un servidor de internet todo para que sea una excelente replica de las capacidades de EMA Comercial.

Las naciones en general requieren de la instalación y funcionamiento adecuados de estaciones meteorológicas, y si estas se pueden construir con un bajo costo y con buenas prestaciones, que permitan la instalación de varios de estos equipos de manera que generen un gran volumen de información y si esta información adicionalmente es en tiempo real, daría a las autoridades la capacidad de predecir o prevenir desastres causados por el cambio climático el cual se evidencia en la ocurrencia de un fenómeno denominado el niño o la niña<sup>1</sup>, dependiendo de los gradientes de temperatura de los océanos.

## **2.2 Diagrama de bloques y descripción del diseño**

En el texto que se presenta a usted, se desarrolla un sistema de estación meteorológica automática a fin de obtener una información del clima que sea confiable y precisa, utilizando dispositivos de bajo costo. Para la elaboración se consideran los siguientes procesos en distintas etapas donde

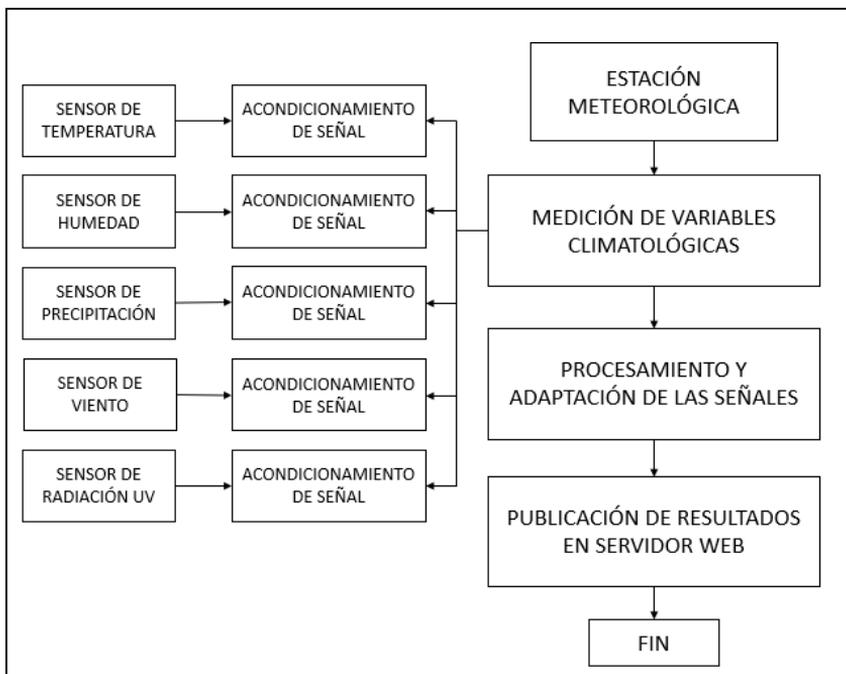
---

<sup>1</sup> El fenómeno climatológico conocido como: Niño o Niña, son modificaciones climáticas que distan del patrón normal de comportamiento en las condiciones meteorológicas, lo que implica alteraciones climáticas que incrementan los periodos secos o lluviosos, así como la aparición tormentas, inundaciones, tornados y huracanes con proporciones catastróficas.

se realiza el acondicionamiento de la señal deseada a obtener, que se muestra en la Figura 3.

### Figura 3.

#### *Etapas de diseño de una EMA*



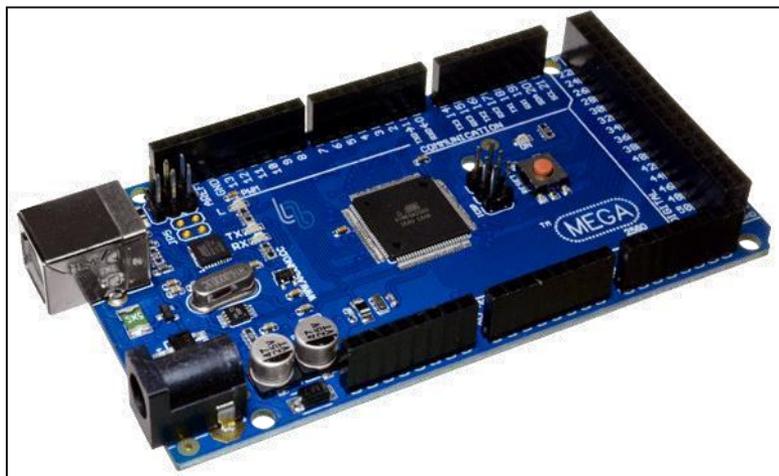
*Nota.* Figura tomada del informe de Grado de Rubiños (2022).

El desarrollo de la estación meteorológica comenzará a partir del uso para el inicio de su construcción de un componente electrónico, como lo es la placa para desarrollos Arduino Mega 2560 la cual es constituida por un

microcontrolador ATmega2560. De Rubiños (2022) sabemos que la misma tiene a disponibilidad varios pines, un total 54 de entrada/salida, y de estos pines 15 se pueden usar como salidas de PWM, 16 entradas analógicas y 4 de tipo puerto serial. Además, tiene incorporado un Cristal piezoeléctrico de 16 MHz y una memoria Flash de 256 KB. Finalmente, la comunicación con la computadora es a través del puerto serie. A continuación, mostramos ilustración del dispositivo mencionado

#### **Figura 4.**

*Tarjeta de desarrollo Arduino Mega*

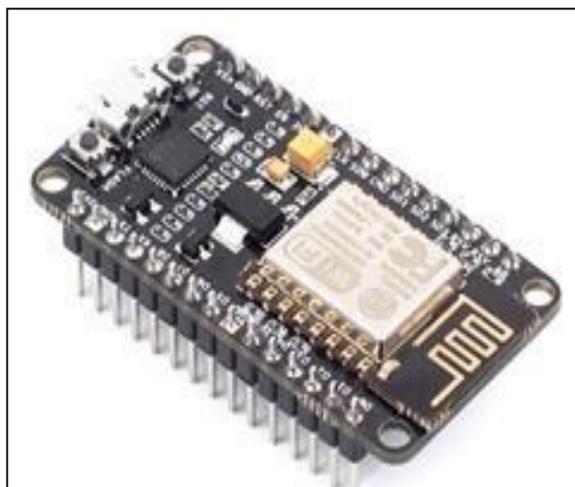


*Nota.* Adaptado de (Programar, 2021)

En la Figura 5 mostraremos otro elemento constitutivo e interesante del proceso que desarrollamos como los es el componente ESP8266, que en palabras sencillas es un dispositivo que facilita la operación basada en protocolo TCP/IP que permite la comunicación entre dispositivo y una red inalámbrica, su función será de Access Point. Adicionalmente sí se requiere funciona como controlador. Este módulo cuenta con una antena, de doble sentido para la recepción y transmisión de la información en el rango de distancia de la red inalámbrica.

### **Figura 5.**

*ESP8266*

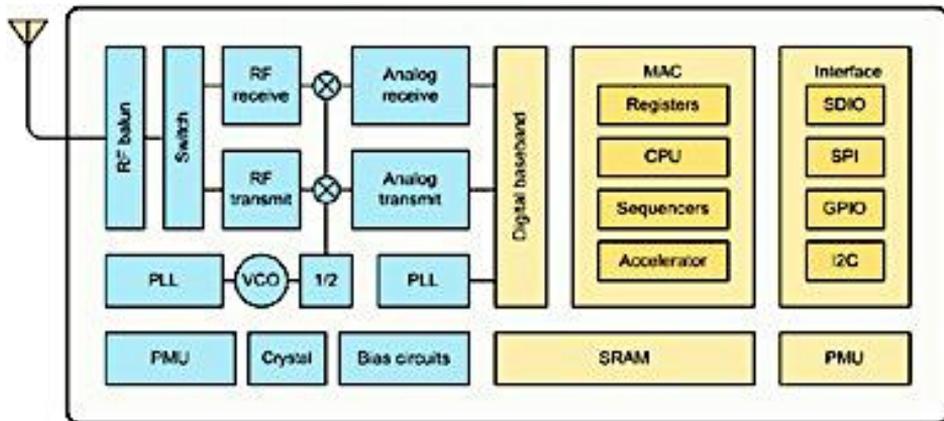


*Nota.* Adaptado de (ElectroFun, s.f.)

Para mayores datos técnicos recomendamos revisar el informe de grado de Rubiños (2022) adicionalmente este componente también cuenta con varios pines de transmisión y recepción, con los cuales se establece la comunicación entre el microcontrolador y la placa. Puntualmente se conectan de manera cruzada, como se muestra en su Diagrama de Bloques en la Figura 6.

**Figura 6.**

*Diagrama de bloques del ESP8266*



Nota. Autores (mencionar la tesis ¿?)

En la etapa de registro y adecuación de señales, se comienza por el proceso de comprender qué tipo de señal emite cada sensor y como acondicionar la misma, de manera

de lograr establecer por medio de una aproximación simulada el comportamiento de cada uno de sensores para una vez configurados desde sus características no dejar abierta la posibilidad de cada elemento de registro de variables atmosféricas.

En el caso de medición de intensidad de lluvia se utiliza un dispositivo llamado pluviómetro, con el cual se obtiene la cantidad de agua por espacio determinado y la frecuencia con la que se presentan las mismas, la medición se realiza por medio de la captura de unidades volumétricas de agua retenidas en el recipiente del pluviómetro el cual se comunica enviando señales con los volúmenes de agua obtenidos en determinado periodo temporal y la frecuencia con la que llueve en determinada zona. En la Figura 7 podemos apreciar un pluviómetro, las señales acondicionadas del pluviómetro son enviadas al microcontrolador, en el cual según Rubiños (2022) simula un generador de señales, donde lo primordial es conocer la magnitud que envía el sensor al controlador, como se puede apreciar en el diagrama de circuito mostrado en la Figura 8.

## Figura 7.

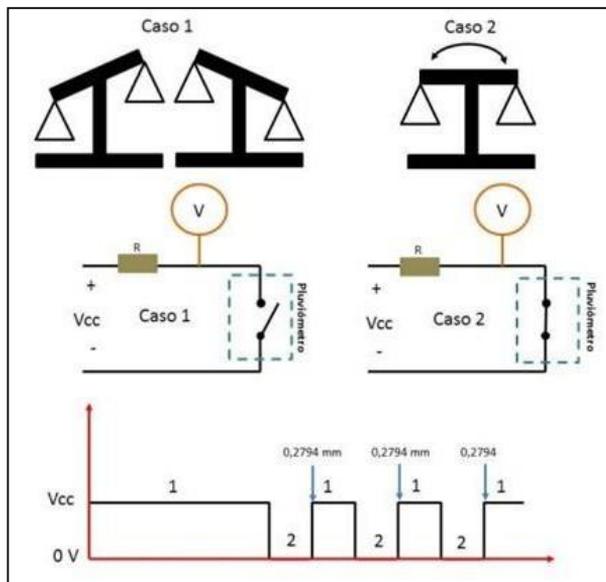
### Pluviómetro



Nota. Adaptado de (PCcomponentes, s.f.)

## Figura 8.

### Acondicionamiento de Señal del pluviómetro



De igual modo al arreglo realizado para el pluviómetro se dispone uno para el caso del anemómetro instrumento especializado en la medición de los movimientos de masas de viento (Figura 9), las variables medidas son caudal volumétrico y velocidad de viento, el arreglo propuesto para esta señal lo apreciamos en la Figura 10.

### **Figura 9.**

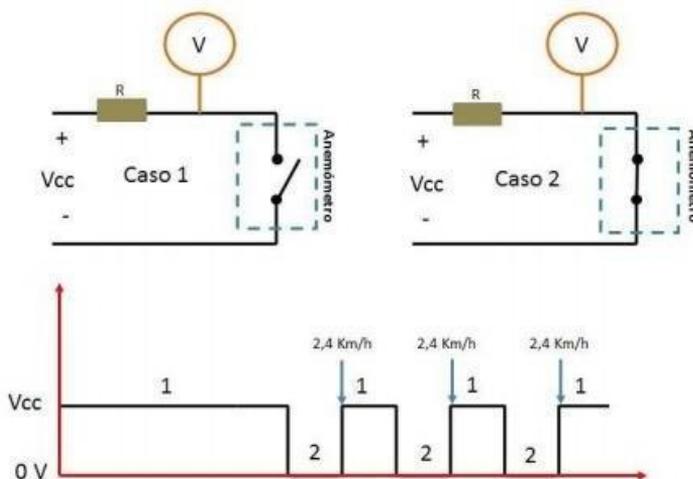
#### *Anemómetro*



*Nota.* Adaptado de (Megaclima, s.f.)

**Figura 10.**

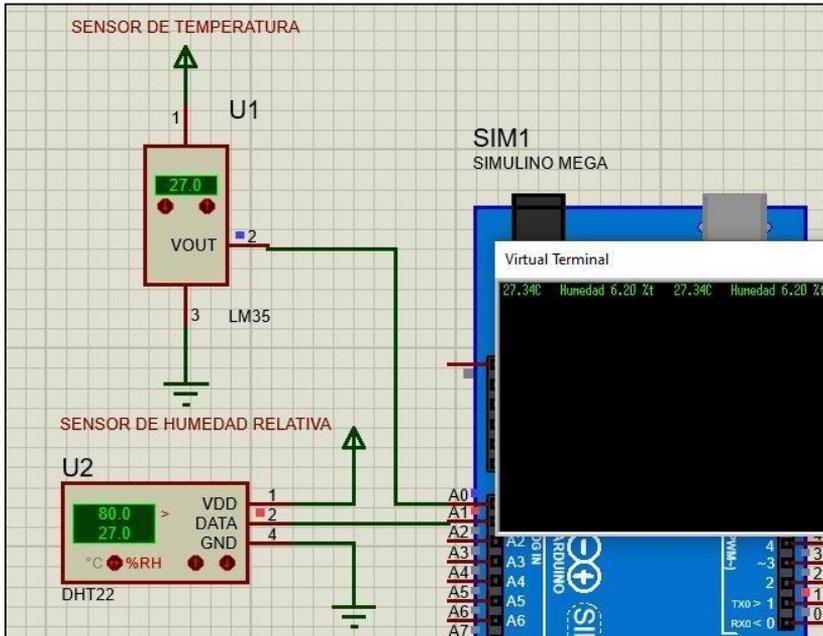
*Acondicionamiento de señal del anemómetro*



En el caso de las variables Humedad y temperatura utilizaremos un dispositivo que permite la captación mensurable, tanto de la humedad y temperatura, por sugerencia de Rubiños (2022) es recomendado el sensor DHT22. Sin embargo, el sensor DHT22 puede presentar alteraciones en el Censado de la temperatura, para ello se debe complementar con el sensor LM35, es posible que el DHT22 este midiendo sensación térmica o temperatura de bulbo húmedo, pero queda la correlación de lecturas de temperatura de ambos sensores. En la Figura 11 se muestra la simulación planteada por Rubiños (2022), el simulador proteus.

**Figura 11.**

*Simulación en proteus de los sensores*

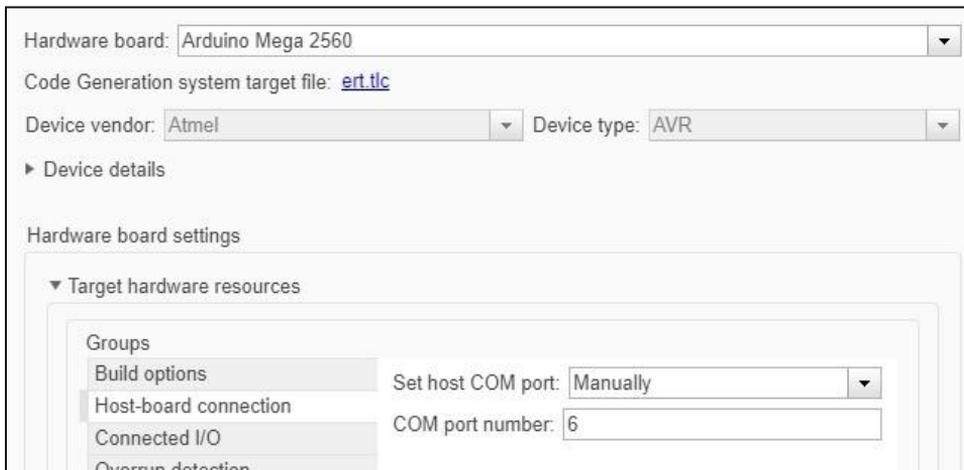


Es interesante lograr establecer las simulaciones en proteus, que es un software que permite la evaluación simulada de equipos electrónicos en distintas etapas de un proyecto de ingeniería, además es una herramienta tan potente que sirve de insumo para hacer el montaje en Simulink, que como software permite la evaluación por medios de sistemas de bloques de sistemas complejos, ya que la estación meteorológica es la sumatoria de un sinnúmero de equipos que censan diferentes variables.

En proteus se hace la simulación individual por acondicionamiento de señal y en simulink le integran los distintos bloques de diseño, para ver el trabajo integrado del diseño de la Estación de Servicio Automatizada. En la obra de Rubiños (2022), se muestra el proceso de programación del dispositivo Arduino, el puerto a usar y los baudios utilizados, ello se muestra la Figura 12.

### **Figura 12.**

#### *Configuración de Hardware y puerto serial en Simulink*



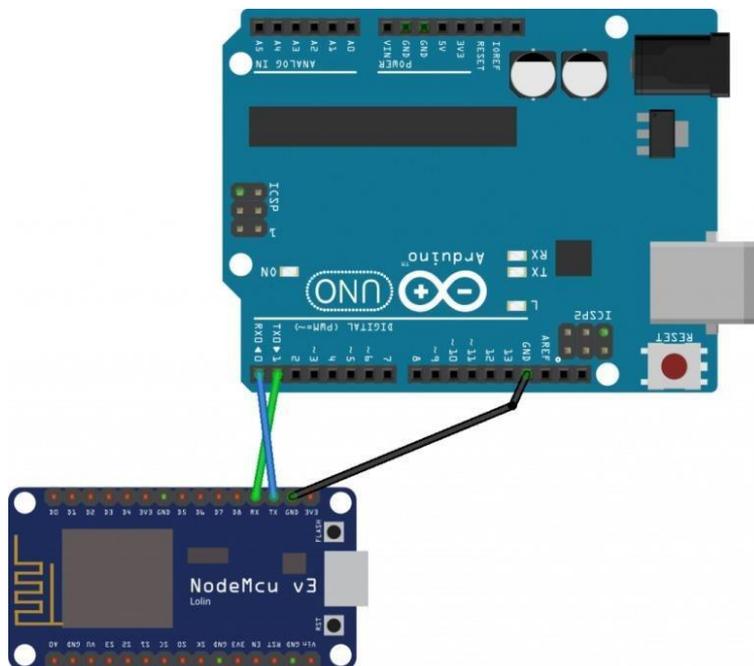
Nota. Autores (mencionar la tesis ¿?)

La conveniencia del uso de Simulink de Matlab es poder trabajar en tiempo real, adicionalmente permite programar

directamente el Arduino mientras está conectado. El montaje completo requiere que la tarjeta arduino se conecte con el NodeMCU, de modo que se puedan habilitar las señales vía wifi, lo cual genera de inmediato un enlace de almacenaje en la nube y monitoreo grafico en los espacios determinados para ello, en la Figura 13 se muestra una conexión arduino-NodeMcu

**Figura 13.**

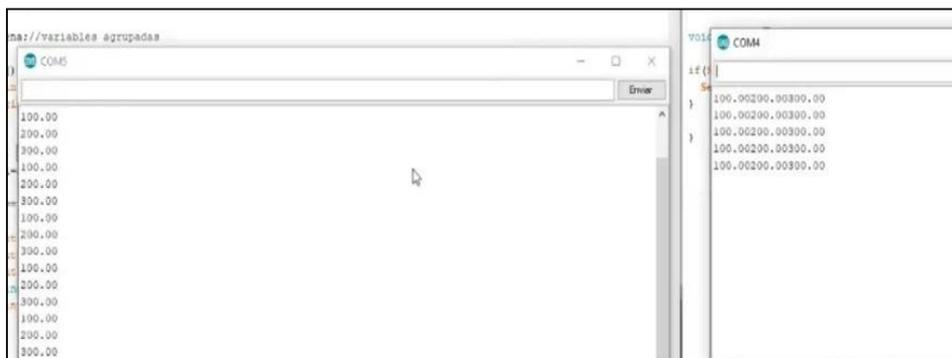
*Diagr0ama de conexión de ESP8266 y Arduino*



En la Figura 14 notamos la circulación de cadena de caracteres indicando la conexión entre los dispositivos que venimos conversando.

**Figura 14.**

*Comunicación Serial entre Arduino y NodeMCU*

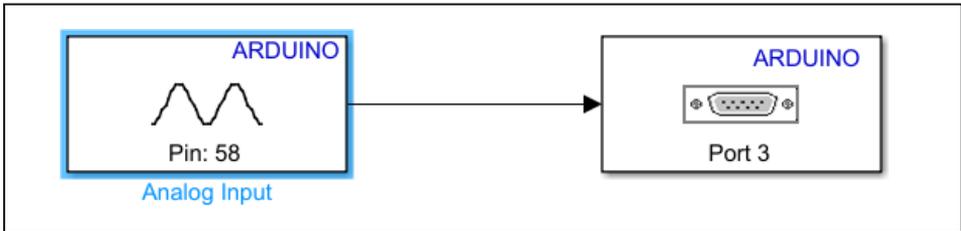


Nota. Autores (mencionar la tesis ¿?)

En Rubiños (2022), recogemos la programación recomendada del Arduino a través de Simulink y la secuencia para realizarla: en primero paso se deberá seleccionar el bloque Analog Input y luego se tendrá que escoger el pin 0. Seguidamente se elegirá el puerto Serial 3, que sería el puerto serial que se usará del Arduino para la comunicación serial esto los podemos ver en forma de diagrama de bloque en la Figura 15.

**Figura 15.**

*Diagrama de bloques de Simulink*

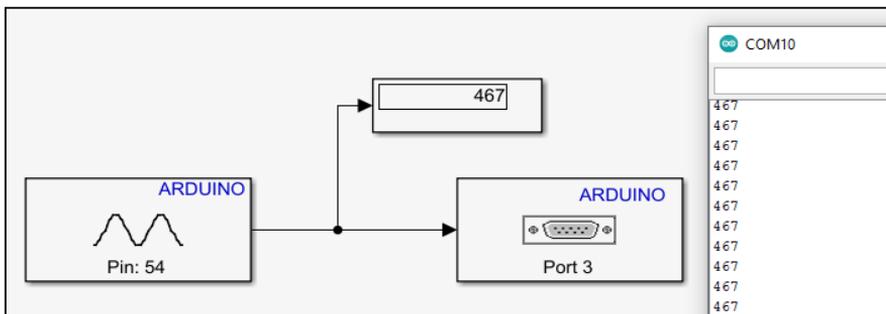


### **Código de prueba en NodeMCU**

```
void setup() { Serial.begin(9600);while(!Serial)
{ ;}}
void loop() { if(Serial.available())>0){ Serial.write(Serial.read());
delay(1); } }
```

**Figura 16.**

*Testeo de comunicación entre Arduino, Simulink y el NodeMCU*



Es posible que realizando las pruebas surja un percance con los caracteres ASCII el cual se puede corregir haciendo la conversión de entero a carácter usando (char) y crear un buffer para almacenar los caracteres que se están recibiendo, para que finalmente se imprima el resultado del buffer al finalizar la recolección de la información. Adicionalmente se advierte que el delay utilizado es referencial para esta aplicación, pero puede cambiar ya que guarda relación con la cantidad de caracteres que se desee leer. Como nota para destacar es que si se envía más de un número de un dígito al NodeMCU es pertinente indicar una que se debe hacer una conversión del tipo de variable String a int, para esta acción se puede usar el comando `toInt()`, a continuación se presenta la muestra de estas líneas de código:

### **Código para recibir números de más dígitos por medio del NodeMCU**

```
void setup() { Serial.begin(9600);  
}  
void loop() {  
  if (Serial.available() > 0) {
```

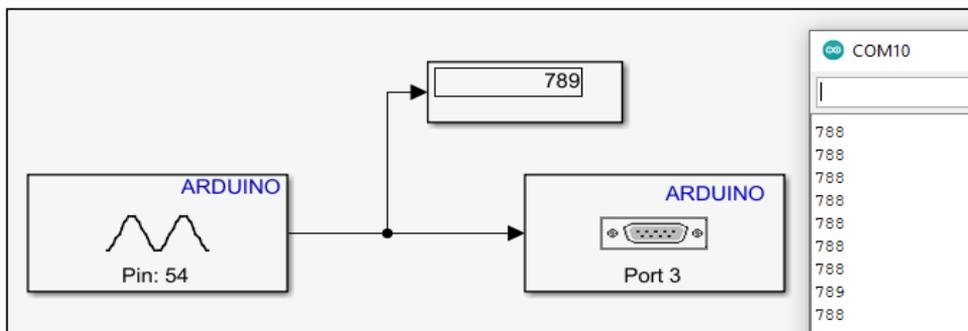
```

//Delay específico para la lectura de caracteresdelay(10);
//Creación de buffer String bufferString = "";
while (Serial.available() > 0) { bufferString +=
(char)Serial.read();
}
//Conversión de buffer a númeroint num = bufferString.toInt();
//Imprimimos el número
Serial.println(num); } }

```

**Figura 17.**

*Envío de números a través del puerto serial desde el Arduino al NodeMCU.*



Una vez concluido el establecimiento de comunicación del Arduino, Simulink, NodeMCU se establece el proceso de comunicación entre el NodeMCU y Ubidots. Paso previo

necesario es descargarla librería de Ubidots, además de ir configurando el acceso a Ubidots con la finalidad que se transmitan los datos.

**Figura 18.**

*Selección de variable a usar en Ubidots*



**Figura 19.**

Obtención de Ubidots token a través de su página



A continuación, se muestra la codificación generada para poder obtener números de más dígitos. Este código es obtenido de (Rubiños,, 2022, p. 54) descrito en dicho informe como **Código para recibir números de más dígitos por medio del NodeMCU**, y a continuación le dejamos copia del mismo:

```
#include <Ubidots.h>

const char* UBIDOTS_TOKEN = "BBFF-
YSSI9IExO3xDgPc9BVK2V6jE5glgZV";

// Ingrese el Ubidots TOKEN

const char* WIFI_SSID = "_____"; // Ingrese el Wi-Fi
SSID const char* WIFI_PASS = "_____"; // Ingrese el Wi-Fi
passwordUbidots ubidots(UBIDOTS_TOKEN, UBI_HTTP);

int var =0; //variable donde se almacenará la información
int var1=-2; //variable para solucionar errores de datos no
enviadosvoid setup() {
Serial.begin(9600);          ubidots.wifiConnect(WIFI_SSID,
WIFI_PASS);}

void loop() {
while(var ==-2 || var1==0){if (Serial.available() > 0) {
```

```

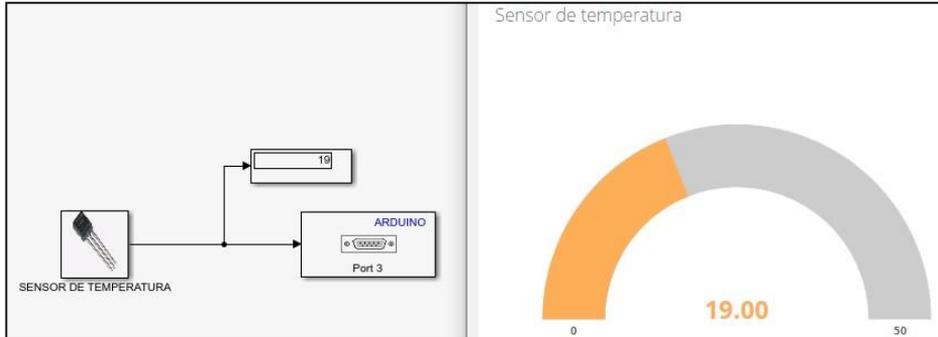
//Delay variable para cada aplicacióndelay(5);
//Creación del buffer String bufferString = "";
while (Serial.available() > 0) { bufferString +=
(char)Serial.read(); }var1 = bufferString.toInt();
var = var1; if (var!=0){
var1 = 1; } } }
ubidots.add("var", var);// Ingresamos la variable que
mandaremos a Ubidotsbool bufferSent = false;
bufferSent = ubidots.send();// Envío de datos a una etiqueta de
dispositivos quecoincidan con el ID del dispositivo
if (bufferSent) {
// Mensaje para saber si los datos fueron enviados
Serial.println("Valor enviado por el dispositivo"); }
delay(1000); // delay usadovar1=-2; }

```

Es fundamental observar que la programación de Arduino es preponderante para que se establezca la comunicación serial con el Node MCU, lo que implica también la comunicación con la página de Ubidots, tal como se puede observar en el informe de grado de (Rubiños, 2022) del cual se extrae la siguiente Figura.

## Figura 20.

### *Comunicación del sensor de temperatura y Ubidots*

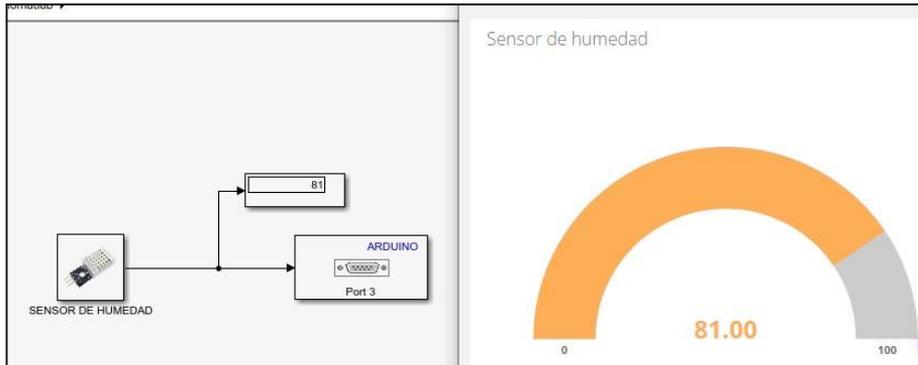


Nota. Autores (mencionar la tesis ¿?)

Hemos de puntualizar en este aparte que se decide por parte del equipo la realizar la programación en la plataforma Simulink a la cual se accederá la información por medio de la interfaz Arduino con la cual se espera hacer el acondicionamiento de la señal recibida desde los sensores seleccionados, esta interfaz permite realizar de manera adicional el acondicionamiento de dicha señal.

## Figura 21.

### Comunicación del sensor de DTH22 y Ubidots



Nota. Autores (mencionar la tesis ¿?)

Existe un limitante para el uso de Simulink y es que el mismo no permite realizar el acondicionamiento de señales de sensores más avanzados para poder realizar esta actividad deberíamos recurrir a otros arreglos y software. Por lo tanto, es válido indicar respetar los arreglos y las características de los sensores descritos hasta este punto.

## 2.3 Consideraciones finales

Como se pudo observar a través del capítulo se van demostrando todos y cada uno de los pasos en aplicación de

la lógica, incluido el diagrama de bloques, para el diseño de una estación meteorológica de bajo costo, lo que deja desde el punto de vista de diseño conceptual abierta y de detalle la posibilidad de manufacturar equipos de bajo coste con características similares a los que se consiguen en el mercado.

# 3

## **CAPÍTULO 3** *Selección de sensores*



# Selección de sensores

## 3.1 Introducción al capítulo

Ya en el apartado anterior trabajamos con la selección y los elementos de recepción y manejo de las señales, el presente capítulo muestra la implementación de sensores de variables climáticas, para ser utilizadas en la estación meteorológica automática. Entre estos sensores se encuentran de temperatura, humedad, velocidad del viento, precipitación y radiación solar.

## 3.2 Sensores

La temperatura, es una de esas variables de las cuales sabemos referencialmente lo que significan, pero nos cuesta mucho lograr una definición que sea de fácil divulgación, es que la temperatura es un valor absoluto y referencial que

puede estar indicando el valor promedio de la cinética molecular de un cuerpo o un espacio. La temperatura está directamente vinculada con la rapidez de las partículas que componen la materia, se puede indicar entonces que la temperatura es la medida del movimiento de las partículas de un cuerpo; por lo tanto, mientras más movimiento exista, mayor será la temperatura.

Es tan importante el estudio de la variable temperatura que el mismo hecho noticioso cada vez que se refiere al clima o al estado y condiciones de la atmósfera, los medios de comunicación incluyen un espacio dedicado a comentar los frentes fríos o las olas de calor con referencia directa a la temperatura o la media de temperatura que oscilara determinada región.

Desde el punto de vista de la medición de la temperatura, es importante saber cómo afecta la temperatura las propiedades materia, por ejemplo: la resistencia eléctrica de algunos materiales, el volumen de un cuerpo, el color de un objeto, etc. Y de este modo aprovechar esos cambios físicos para lograr una medida.

Por otra parte, la humedad hace referencia directa a la cantidad de vapor de agua contenido en el aire y se puede relacionar con otra medida como la de evapotranspiración que es una medida de la relación de evaporación del vapor de agua y de transpiración de las plantas. De suyo, y como un comentario adicional, en el caso que la humedad alcance el 100% el aire estaría completamente saturado lo cual indica como consecuencia que las plantas no podrían transpirar. Si se relaciona la evapotranspiración potencial (ETP) y la precipitación se producen excelentes predicciones en el modelado sistemas en estudio.

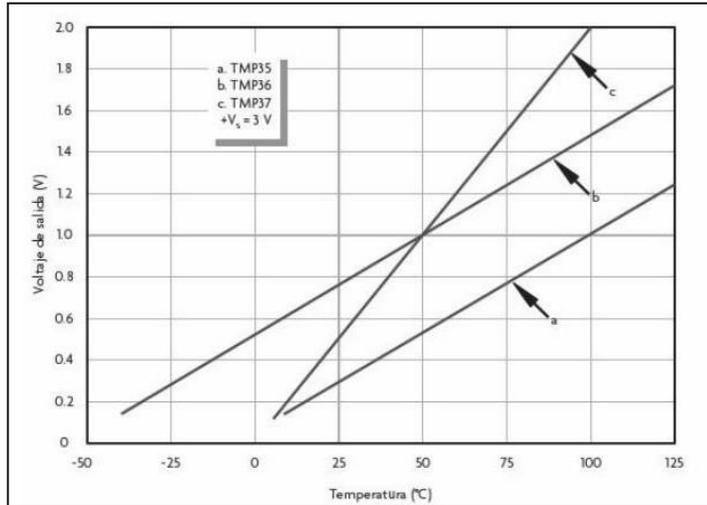
A continuación, se mencionarán los posibles sensores a usar para la realización del proyecto, así también se da a conocer sobre sus datos técnicos y su forma de acondicionamiento siempre y cuando sea necesario. Es un sensor de temperatura en grados centígrados de precisión y bajo voltaje (Figura 22). Entre sus especificaciones se pueden mencionar:

- Voltaje de entrada: 2.7 a 5.5 V DC
- Factor de escala 10 mV/°C



**Figura 23.**

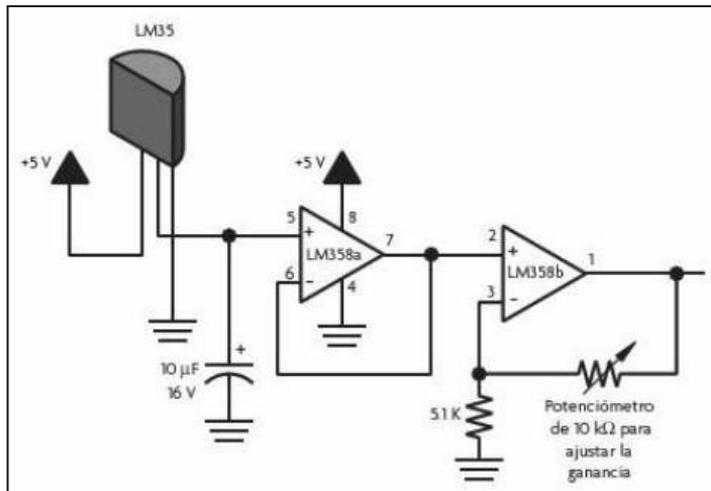
*Curva característica del sensor TMP35 y TMP36.*



*Nota.* Adaptado de (TMP36, s.f.).

**Figura 24.**

*Circuito para medir la temperatura del sensor LM35.*

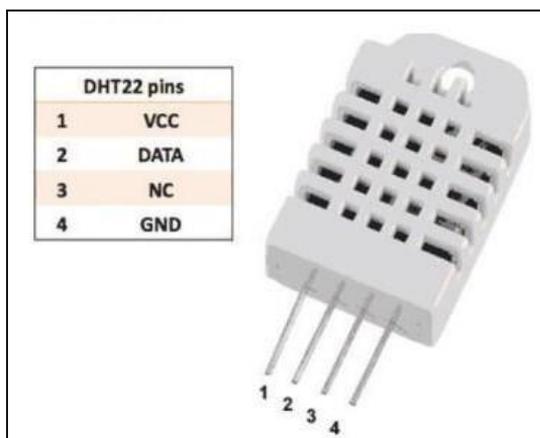


*Nota.* Adaptado de (Ramírez, Jiménez, & M, 2014)

El sensor es de temperatura y humedad (DHT22) que permitirá monitorear la temperatura y humedad relativa de forma precisa y sencilla a un bajo precio. La salida suministrada es de tipo digital, no requiriéndose utilizar entradas analógicas. En la Figura 25 se muestra los pines del sensor.

### Figura 25.

*Sensor DHT22*

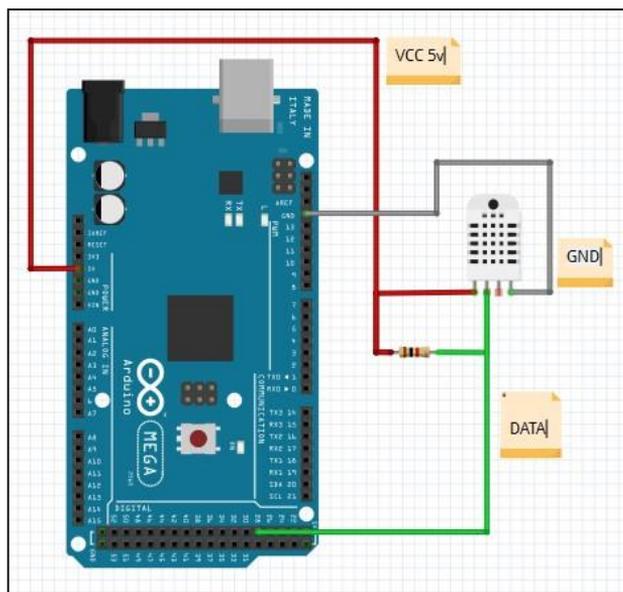


Como se puede observar el sensor tiene cuatro pines sólo se tiene que alimentar a 5V la patilla 1, realizar la conexión a tierra de la patilla 4, y obtener la información usando una salida digital del Arduino por la patilla 2. La patilla 3 es NC lo cual quiere decir que no se tiene que conectar a nada.

Sin embargo, aunque se una señal digital, este sensor necesitará una resistencia de pull-up (que según las especificaciones debe estar entre 4.7kOhm a 10kOhm) que se debería ubicar entre en la patilla 2 (datos) y la alimentación (Vcc), esto garantizaría los niveles lógicos requeridos para realizar el cambio(switch) de entrada a salida y viceversa (los pines son de tipo I/O); si se omite este paso el sensor no funcionaría correctamente (Cano León, 2016), como muestra la Figura 26.

**Figura 26.**

*Conexión directa del Sensor DTH22 al Arduino Mega*



Para el sensor de precipitación se puede usar pluviómetro marca RIKA modelo RK400-04 de alta precisión con filtro protector para evitar entrada de materiales sólidos sistema de pulsos, que se muestra en la Figura 27. Además, en la Tabla 2 se muestran las especificaciones del fabricante.

### Figura 27.

*Sensor modelo RK400-04*



Nota. Autores (mencionar la tesis ¿?)

### Tabla 2.

*Características del Sensor RK400-04*

| Ítem                  | Especificación                                |
|-----------------------|---|
| Collector             | diameter: $\varnothing$ 200mm, height: 271 mm |
| Measuring range       | $\leq$ 4mm/min                                |
| Resolution            | 0.2 mm  |
| Accuracy              | $\pm$ 2%                                      |
| Maximum load voltaje  | 30VDC (pulse output)                          |
| Maximum load current  | 20mA  |
| Output                | 5Pulses/mm(@10k $\Omega$ &0.01uF              |
| Operating temperatura | -20-80°C                                      |
| Main material         | ABS   |
| Weight(unpacked)      | 1kg   |

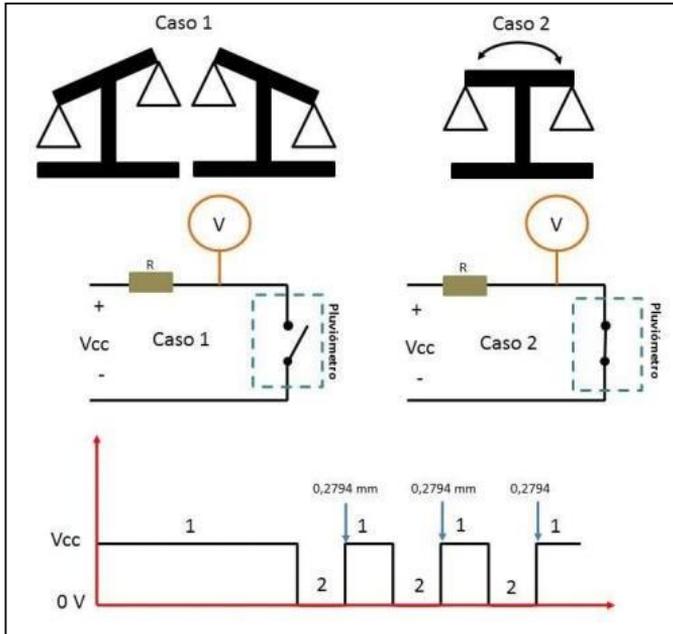
Fuente: Especificaciones del Fabricante

El comportamiento del pluviómetro se puede parecer a un sensor analógico, pero se puede caracterizar como digital. Su funcionamiento radica en un sensor electromecánico basado en un embudo que direcciona la precipitación hacia un colector; este se encarga de recoger la precipitación para su posterior medición.

El colector tiene una semejanza a una balanza con 2 cuencos que se encuentran ubicados a los extremos del pluviómetro, por lo que la balanza tendrá dos posiciones, cuando un extremo esté recibiendo agua y se llena la balanza cambie de posición debido al peso del agua almacenada, en ese instante cuando el interruptor se comporta como un interruptor cerrado (García, 2016). En la Figura 28 se muestra este procedimiento y su sistema de pulsos.

**Figura 28.**

*Funcionamiento del pluviómetro.*



*Nota.* Adaptado de (García, 2016)

Para nuestro sensor de viento se puede usar un anemómetro modelo Anemo4403 de alta precisión con filtro protector para evitar entrada de materiales sólidos, sistema de pulsos, como se muestra en la Figura 29. Además, en la Tabla 3 se muestran las características dadas por el fabricante.

## Figura 29.

*Sensor Anemo4403*



Nota. Autores (mencionar la tesis ¿?)

## Tabla 3.

*Características del Anemo4403*

| TECHNICAL CHARACTERISTICS |              |                                   |                                     |
|---------------------------|--------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Power Supply</b>       | 12 to 30Vdc  | <b>Connectable load impedance</b> | $R_L < \frac{V_{CC}-8V}{0.02A} [Ω]$ |
| <b>Power consumption</b>  | <2,5W        | <b>Storage temp.</b>              | -35°C... +80°C                      |
| <b>Starting speed</b>     | 8 km/h       | <b>Operating temp. (Ice free)</b> | -20°C... +70°C                      |
| <b>Measure range</b>      | 3...180 km/h | <b>Weight</b>                     | 155 g approx.                       |
| <b>Accuracy</b>           | <3%          | <b>Analog output</b>              | Two-wires<br>4 -20 mA               |

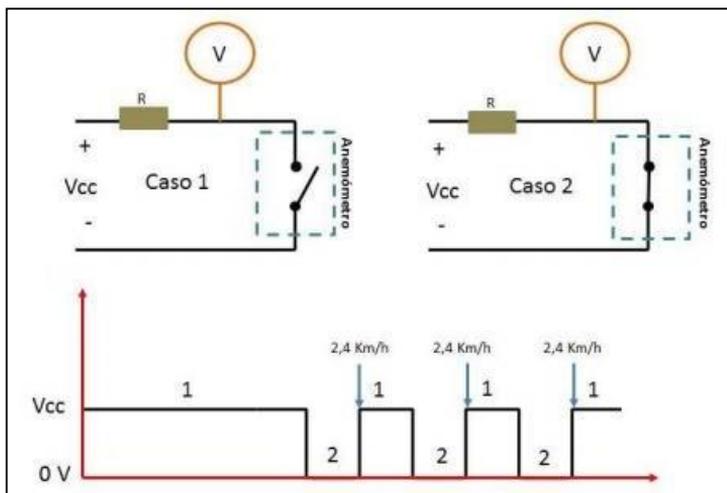
Fuente: Especificaciones del Fabricante

El anemómetro se comporta como un interruptor que se abre y se cierra, cuando este de una vuelta. En ese caso se verán

pulsos cada vez que el interruptor se abre y se cierre (García, 2016). A continuación, se muestra su funcionamiento y su sistema de pulsos en la Figura 30.

### Figura 30.

*Funcionamiento del anemómetro.*



Nota. Adaptado de (García, 2016)

El EPD-440-0-1.4 es un fotodiodo con un rango de longitud de onda de 440 nm, ancho de banda de 180 nm, capacitancia de 300 pF, corriente oscura de 10 a 30 pA, capacidad de respuesta / fotosensibilidad de 0.17 A / W, como se muestra en la Figura 22. Además, en la Tabla 4 las características que da el fabricante.

## Figura 31.

Sensor EPD-440-0-1.4



Nota. Autores (mencionar la tesis ¿?)

## Tabla 4.

Características del Sensor EPD-440-0-1.4

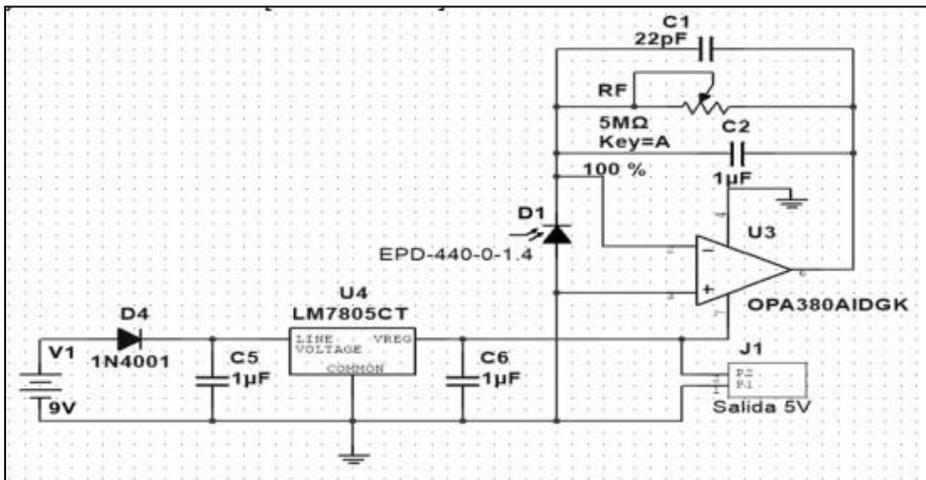
| Parameter   | Test conditions                                  | Symbol                                       | Min | Typ                   | Max | Unit   |
|---|--|--|-----|-----------------------|-----|--|
| Breakdown voltage <sup>1)</sup>                             | $I_R = 10 \mu\text{A}$                           | $V_R$  | 5   |                       |     | V  |
| Dark current  | $V_R = 5 \text{ V}$                              | $I_D$  |     | 10                    | 30  | pA   |
| Peak sensitivity wavelength                                 | $V_R = 0 \text{ V}$                              | $\lambda_p$                                  |     | 440                   |     | nm   |
| Responsivity at $\lambda_p$                                 | $V_R = 0 \text{ V}$                              | $S_\lambda$                                  |     | 0.17                  |     | A/W  |
| Sensitivity range at 1%                                     | $V_R = 0 \text{ V}$                              | $\lambda_{\text{min}}, \lambda_{\text{max}}$ | 190 |                       | 570 | nm   |
| Spectral bandwidth at 50%                                   | $V_R = 0 \text{ V}$                              | $\Delta\lambda_{0.5}$                        |     | 180                   |     | nm   |
| Shunt resistance  | $V_R = 10 \text{ mV}$                            | $R_{SH}$                                     | 150 | 200                   |     | G $\Omega$                                     |
| Noise equivalent power                                      | $\lambda = 440 \text{ nm}$                       | NEP  |     | $1.1 \times 10^{-14}$ |     | W/ $\sqrt{\text{Hz}}$                          |
| Specific detectivity  | $\lambda = 440 \text{ nm}$                       | $D^*$  |     | $1.0 \times 10^{12}$  |     | cm $\cdot\sqrt{\text{Hz}} \cdot \text{W}^{-1}$ |
| Junction capacitance  | $V_R = 0 \text{ V}$                              | $C_J$  |     | 300                   |     | pF   |
| Switching time ( $R_L = 50 \Omega$ )                        | $V_R = 5 \text{ V}$                              | $t_r, t_f$                                   |     | 1/20                  |     | ns   |
| Photo current at $\lambda = 440 \text{ nm}$ <sup>1,2)</sup> | $V_R = 0 \text{ V}$<br>$E_e = 1 \text{ mW/cm}^2$ | $I_{Ph}$                                     |     | 1.55                  |     | $\mu\text{A}$                                  |

Fuente: Especificaciones del Fabricante

El fotodiodo EPD-440-0-1.4 son dispositivos que son sensibles a luz, pueden ser instalados en un soporte a fin de permitir la entrada de luz o partículas fotónicas para que el sensor pueda realizar su respectiva medición (Carreto & Cisnetos, 2015). Uno de sus posibles acondicionamientos para la entrada al Arduino Mega se muestra a continuación en la Figura 31.

**Figura 31.**

*Diagrama esquemático de las partes principales del medidor de radiación (Carreto & Cisnetos, 2015)*

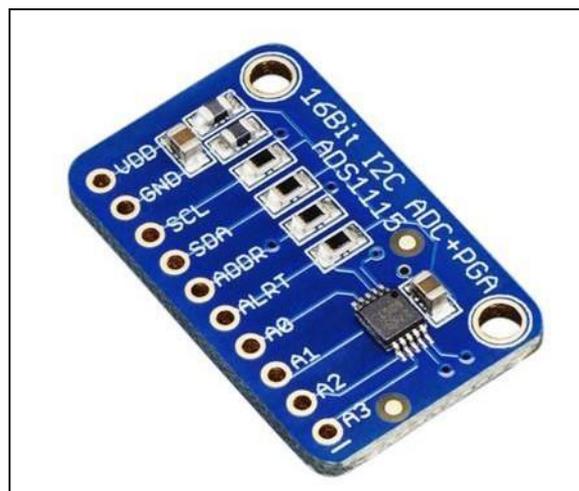


Fuente: Castelan Carreto & Cisnetos (2015), Diseño de una medidor de radiación ultravioleta utilizando el fotodiodo EPD-440-0-1.4

El ADS 1115 es un ADC que cuenta con una resolución de 16 bits y una frecuencia de 860 muestreos por segundo. Tiene 10 puertos, 4 de entrada analógica, 2 correspondientes a la alimentación (Vdd y GND), un puerto SDA que se encarga de la sincronización de datos y un puerto SCL que se encarga de la sincronización de reloj, ambos en conjunto se encargan de la comunicación del ADC con el microcontrolador. El puerto ADDR depende del modo de funcionamiento del ADS1115 y el puerto ALRT se usa para la verificación en tiempo real de la transmisión de datos, como se muestra en la Figura 32.

### **Figura 32.**

*Conversor ADC ASD1115*



Nota. Autores (mencionar la tesis ¿?)

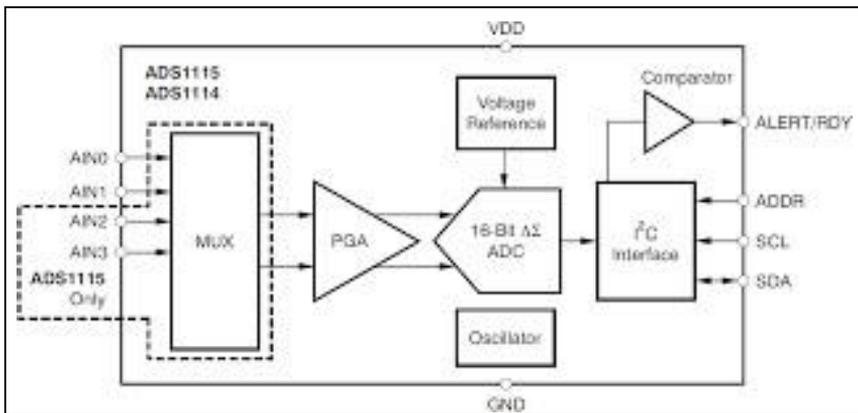
El conversor ADC ASD1115 utiliza protocolo de comunicación I2C, el cual es compatible con Arduino y otros microcontroladores (PIC). Este dispositivo contribuye a mejorar la precisión de lectura de las variables analógicas medidas, puesto que el ADC de los microcontroladores PIC es de 10 bits mientras que el del ADS1115 es de 16bits.

- Cuenta con tres modos de conexión: Single Ended, Diferencial y Comparador.
- Single Ended: dispone de 4 canales de 16bits.
- Diferencial: se usa dos ADC para cada medición, el número de canales se reduce a 2, las ventajas es que se pueden medir tensiones negativas y tiene mayor inmunidad al ruido.
- Comparador: funciona como alerta en el cual se activa en uno de los canales cuando el valor registrado supera el umbral seleccionado.

En la Figura 33 se muestra el diagrama interno del ASD1115.

**Figura 33.**

*Diagrama interno del ASD1115*



Microcontrolador (ATMEGA 2560: ARDUINO MEGA)

Arduino Mega 2560 es una tarjeta de desarrollo de Hardware libre construida con el microcontrolador ATmega2560. Está pensado para proyecto GRANDES, con muchos sensores y actuadores, como una impresora 3D, un proyecto de domótica (casa inteligente) control y automatización de máquinas.

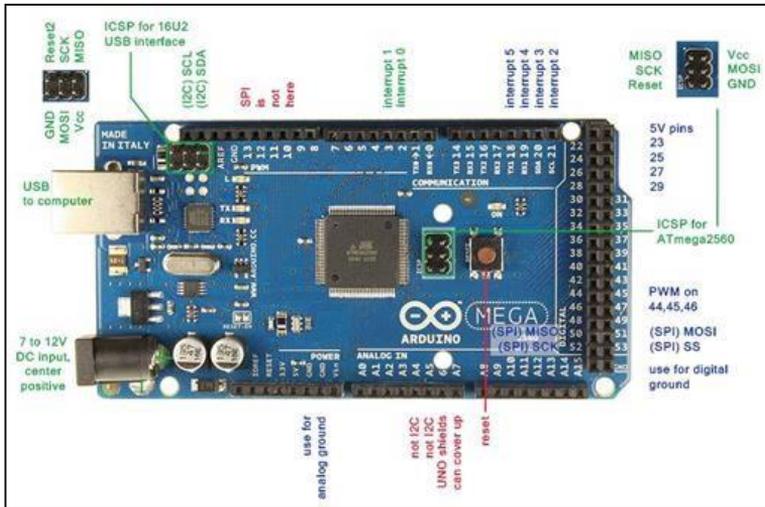
### Especificaciones técnicas:

- Microcontrolador: ATmega2560
- Voltaje Operativo: 5V
- Tensión de Entrada: 7-12V
- Voltaje de Entrada(límites): 6-20V
- Pines digitales de Entrada/Salida: 54
- Pines PWM= 14
- Pines análogos de entrada: 16
- Corriente DC por cada Pin Entrada/Salida: 40 mA
- Corriente DC entregada en el Pin 3.3V: 50 mA
- Memoria Flash: 256 KB (8KB usados por el bootloader)
- SRAM: 8KB
- EEPROM: 4KB
- Clock Speed: 16MHz

En la Figura 34 se muestra la distribución de conexiones que se pueden realizar en un Arduino Mega.

**Figura 34.**

*Partes de un Arduino Mega*



Nota. Autores (mencionar la tesis ¿?)

El esp8266 es un dispositivo el cual permite el uso del protocolo TCP/IP para la comunicación entre dicho dispositivo y un sistema WI-FI. Este dispositivo actúa como Access Point. Se pueden agregar sensores, es decir también funciona como controlador. En la parte posterior de la placa PCB, el módulo cuenta con una antena, la cual permite la recepción y transmisión de la información dentro del alcance de la red inalámbrica, como muestra la Figura 35.

## Figura 35.

### Módulo Wifi ESP8266



Nota. Autores (mencionar la tesis ¿?)

El ESP8266 es un dispositivo el cual permite el uso del protocolo TCP/IP para la comunicación entre dicho dispositivo y un sistema WI-FI. Este dispositivo actúa como Access Point. Se pueden agregar sensores, es decir también funciona como controlador. En la parte posterior de la placa PCB, el módulo cuenta con una antena, la cual permite la recepción y transmisión de la información dentro del alcance de la red inalámbrica.

Datos técnicos:

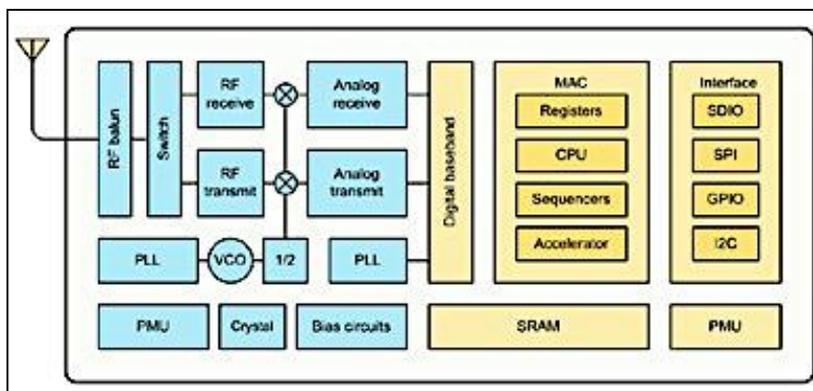
- Frecuencia: 2.4 – 2.5 GHz
- Potencia de la Antena: 20/17/14 dBm

- Voltaje de operación: 3.0 – 3.6V
- Temperatura de operación: -40° - 125°C
- Protocolos de Red: IPv4, TCP/UDP, FTP, HTTP

El módulo cuenta con pines de transmisión y recepción los cuales permiten la comunicación entre el microcontrolador y la placa. Se conectan de manera cruzada, como muestra la Figura 36.

**Figura 36.**

*Diagrama interno del módulo ESP8266*



*Nota.* Adaptado de (Girón, 2018)

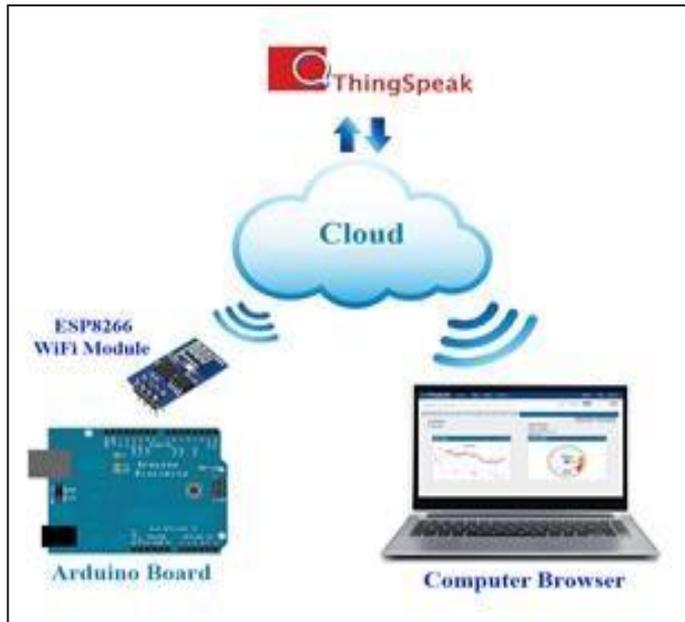
En la actualidad existen un gran número de plataformas IoT debido a la incorporación del internet a los procesos industriales y a la automatización. Estas plataformas permiten

registrar datos adquiridos por sensores, supervisarlos en tiempo real y controlar a distancia otros dispositivos. Además, ofrecen una interfaz interactiva con lenguajes de alto nivel como por ejemplo Python, que se usa bastante en la ciencia de datos.

ThingSpeak es un servicio de plataforma que permite almacenar y recuperar datos de sensores en la nube y desarrollar aplicaciones de IoT. A la vez, permite realizar análisis en tiempo real de las variables y actuar sobre ellos. Los datos que proporciona el sensor pueden ser enviados a ThingSpeak haciendo uso de dispositivos que cuenten con protocolo de comunicación MQTT. MQTT está diseñado para dispositivos que estén limitados por el bajo ancho de banda y latencia, como se muestra en la Figura 37.

## Figura 37.

*Comunicación entre el Arduino y una PC mediante ThingSpeak*



Nota. Autores (mencionar la tesis ¿?)

### 3.3 Consideraciones finales

El presente capítulo se ha dedicado a la descripción de los sensores y el diagrama de bloque para la construcción de una estación meteorológica automática, incluido el sistema de envío de las señales registradas. Se incluyen la descripción de los sensores de temperatura, humedad, velocidad del viento y radiación solar.



# 4

## ***CAPÍTULO 4*** *Medición de variables climatológicas*

# Medición de variables climatológicas

## 4.1 Introducción al capítulo

Medir las variables climáticas es importante porque proporciona información valiosa sobre el clima y el medio ambiente. Estas son indicadores clave que describen el clima cambiante y contribuyen de manera primordial a la caracterización del clima de la Tierra, proporcionando una imagen del cambio climático a escala mundial.

Proporcionan la evidencia empírica para apoyar la ciencia del clima y predecir mejor el cambio futuro, pueden y deben utilizarse para orientar las medidas de mitigación y adaptación, así como evaluar los riesgos climáticos, atribuir los fenómenos climáticos a causas subyacentes y apoyar los servicios climáticos.

Finalmente, la medición de variables meteorológicas es vital para monitorear el cambio climático, el comportamiento

de las cuencas hidrográficas y en la determinación de recursos eólicos y solares, así como en el establecimiento de políticas relacionadas con el medio ambiente.

## **4.2 Registro de datos**

Para la comprobación de la fidelidad del funcionamiento de los sensores escogidos finalizado el periodo destinado para la implementación, y pruebas de lazo a los algoritmos, se decide realizar la captación de mediciones de la variable sobre las cuales se está tomando registro como lo son la temperatura, humedad, volumen de precipitación, índice de incidencia de rayos UV. Se decide realizar la medición en el horario correspondiente entre las 9 y 10 de la mañana, Los valores registrados se aprecian en las subsiguientes Tablas (ver desde la Tabla 5 a la Tabla 8) y en la Figura 38 que muestra el gráfico del registro de temperatura en función del tiempo. De igual manera se observarán las Figuras 39 a 40 gráficos de Humedad y precipitación en función del tiempo respectivamente.

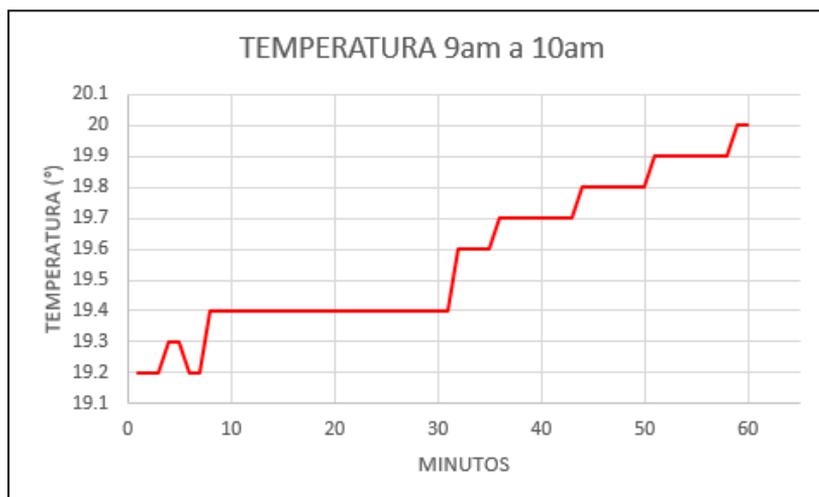
**Tabla 5.**

*Resultados obtenidos de temperatura*

| MIN | TEMPERATURA (°) |    |      |    |      |
|-----|-----------------|----|------|----|------|
| 1   | 19.2            | 20 | 19.4 | 41 | 19.7 |
| 2   | 19.2            | 21 | 19.4 | 42 | 19.7 |
| 3   | 19.2            | 22 | 19.4 | 43 | 19.7 |
| 4   | 19.3            | 23 | 19.4 | 44 | 19.8 |
| 5   | 19.3            | 24 | 19.4 | 45 | 19.8 |
| 6   | 19.2            | 25 | 19.4 | 46 | 19.8 |
| 7   | 19.2            | 26 | 19.4 | 47 | 19.8 |
| 8   | 19.4            | 27 | 19.4 | 48 | 19.8 |
| 9   | 19.4            | 28 | 19.4 | 49 | 19.8 |
| 10  | 19.4            | 29 | 19.4 | 50 | 19.8 |
| 11  | 19.4            | 30 | 19.4 | 51 | 19.9 |
| 12  | 19.4            | 31 | 19.4 | 52 | 19.9 |
| 13  | 19.4            | 32 | 19.6 | 53 | 19.9 |
| 14  | 19.4            | 33 | 19.6 | 54 | 19.9 |
| 15  | 19.4            | 34 | 19.6 | 55 | 19.9 |
| 16  | 19.4            | 35 | 19.6 | 56 | 19.9 |
| 17  | 19.4            | 36 | 19.7 | 57 | 19.9 |
| 18  | 19.4            | 37 | 19.7 | 58 | 19.9 |
| 19  | 19.4            | 38 | 19.7 | 59 | 20   |
|     |                 | 39 | 19.7 | 60 | 20   |
|     |                 | 40 | 19.7 |    |      |

**Figura 38.**

*Registro de temperatura*



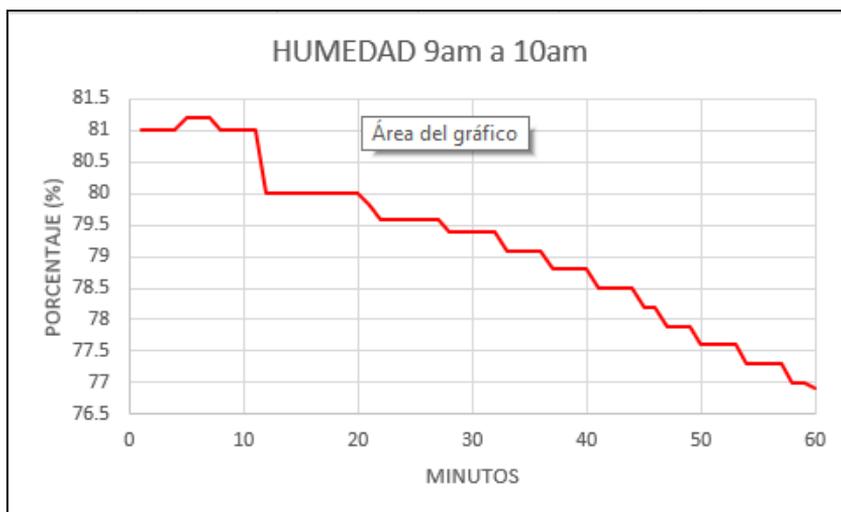
**Tabla 6.**

*Resultados obtenidos de humedad*

| MIN | %    | 20 | 80   | 41 | 78.5 |
|-----|------|----|------|----|------|
| 1   | 81   | 21 | 79.8 | 42 | 78.5 |
| 2   | 81   | 22 | 79.6 | 43 | 78.5 |
| 3   | 81   | 23 | 79.6 | 44 | 78.5 |
| 4   | 81   | 24 | 79.6 | 45 | 78.2 |
| 5   | 81.2 | 25 | 79.6 | 46 | 78.2 |
| 6   | 81.2 | 26 | 79.6 | 47 | 77.9 |
| 7   | 81.2 | 27 | 79.6 | 48 | 77.9 |
| 8   | 81   | 28 | 79.4 | 49 | 77.9 |
| 9   | 81   | 29 | 79.4 | 50 | 77.6 |
| 10  | 81   | 30 | 79.4 | 51 | 77.6 |
| 11  | 81   | 31 | 79.4 | 52 | 77.6 |
| 12  | 80   | 32 | 79.4 | 53 | 77.6 |
| 13  | 80   | 33 | 79.1 | 54 | 77.3 |
| 14  | 80   | 34 | 79.1 | 55 | 77.3 |
| 15  | 80   | 35 | 79.1 | 56 | 77.3 |
| 16  | 80   | 36 | 79.1 | 57 | 77.3 |
| 17  | 80   | 37 | 78.8 | 58 | 77   |
| 18  | 80   | 38 | 78.8 | 59 | 77   |
| 19  | 80   | 39 | 78.8 | 60 | 76.9 |
|     |      | 40 | 78.8 |    |      |

**Figura 39.**

*Gráfica de humedad*



**Tabla 7.***Resultados obtenidos de radiación solar (índice de UV)*

| MIN | INDICE UV |
|-----|-----------|
| 1   | 13        |
| 2   | 13        |
| 3   | 13        |
| 4   | 13.1      |
| 5   | 13.1      |
| 6   | 13.1      |
| 7   | 13.1      |
| 8   | 13.1      |
| 9   | 13.1      |
| 10  | 13        |
| 11  | 13        |
| 12  | 13        |
| 13  | 13        |
| 14  | 13        |
| 15  | 13        |
| 16  | 13        |
| 17  | 13        |
| 18  | 13        |
| 19  | 13        |

|    |      |
|----|------|
| 20 | 13   |
| 21 | 13   |
| 22 | 13   |
| 23 | 13   |
| 24 | 13   |
| 25 | 13   |
| 26 | 13.1 |
| 27 | 13.1 |
| 28 | 13.1 |
| 29 | 13.1 |
| 30 | 13.1 |
| 31 | 13.1 |
| 32 | 13.1 |
| 33 | 13.1 |
| 34 | 13.1 |
| 35 | 13.1 |
| 36 | 13.1 |
| 37 | 13.1 |
| 38 | 13.1 |
| 39 | 13.1 |
| 40 | 13.1 |

|    |      |
|----|------|
| 41 | 13.1 |
| 42 | 13.1 |
| 43 | 13   |
| 44 | 13   |
| 45 | 13   |
| 46 | 13   |
| 47 | 13   |
| 48 | 13   |
| 49 | 13   |
| 50 | 13   |
| 51 | 13   |
| 52 | 13   |
| 53 | 13   |
| 54 | 13   |
| 55 | 13   |
| 56 | 13   |
| 57 | 13   |
| 58 | 13   |
| 59 | 13   |
| 60 | 13   |

**Tabla 8.***Resultados obtenidos de precipitación*

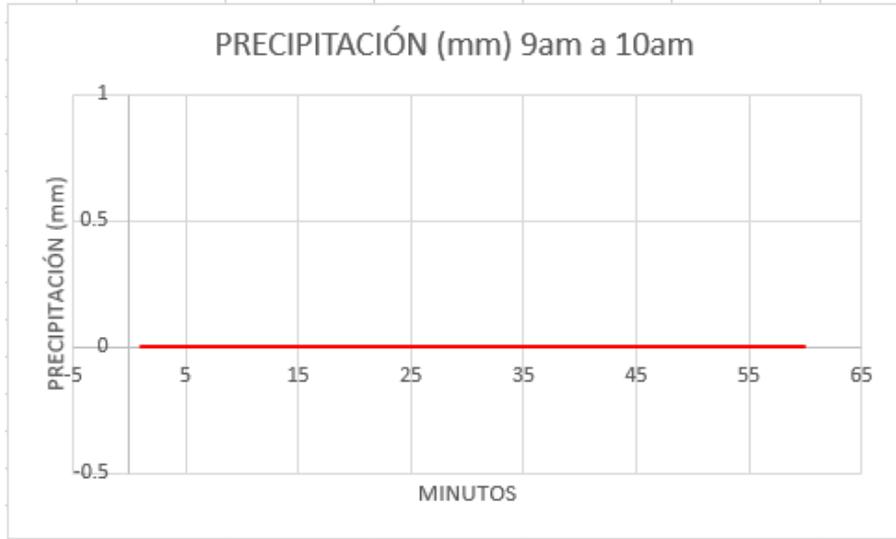
| MIN | PRECIPITACIÓN (mm) |
|-----|--------------------|
| 1   | 0                  |
| 2   | 0                  |
| 3   | 0                  |
| 4   | 0                  |
| 5   | 0                  |
| 6   | 0                  |
| 7   | 0                  |
| 8   | 0                  |
| 9   | 0                  |
| 10  | 0                  |
| 11  | 0                  |
| 12  | 0                  |
| 13  | 0                  |
| 14  | 0                  |
| 15  | 0                  |
| 16  | 0                  |
| 17  | 0                  |
| 18  | 0                  |
| 19  | 0                  |

|    |   |
|----|---|
| 20 | 0 |
| 21 | 0 |
| 22 | 0 |
| 23 | 0 |
| 24 | 0 |
| 25 | 0 |
| 26 | 0 |
| 27 | 0 |
| 28 | 0 |
| 29 | 0 |
| 30 | 0 |
| 31 | 0 |
| 32 | 0 |
| 33 | 0 |
| 34 | 0 |
| 35 | 0 |
| 36 | 0 |
| 37 | 0 |
| 38 | 0 |
| 39 | 0 |
| 40 | 0 |

|    |   |
|----|---|
| 41 | 0 |
| 42 | 0 |
| 43 | 0 |
| 44 | 0 |
| 45 | 0 |
| 46 | 0 |
| 47 | 0 |
| 48 | 0 |
| 49 | 0 |
| 50 | 0 |
| 51 | 0 |
| 52 | 0 |
| 53 | 0 |
| 54 | 0 |
| 55 | 0 |
| 56 | 0 |
| 57 | 0 |
| 58 | 0 |
| 59 | 0 |
| 60 | 0 |

**Figura 40.**

*Gráfica de humedad*



### 4.3 Consideraciones finales

Se ha diseñado entonces un sistema de acondicionamiento de señales para los distintos sensores que son parte del diseño de esta estación de captación de señales meteorológicas, la cual tendrá como impronta particular el hecho de ser diseñada y construida con elementos que son de fácil adquisición y que el costo final de la misma será una fracción muy pequeña de lo que cuesta una estación meteorológica manufacturada por las firmas tradicionalmente dedicadas a este rubro. Es pertinente destacar que un eficiente

acondicionamiento de señales, que se centre en la eliminación del ruido indeseado de cada señal captada influye directamente en reducir costos de operación.

Adicionalmente se puede apreciar que como adicional al acondicionamiento de señales se aporta para la estación meteorológica un modo de visualización a través de la plataforma UBIDOTS en donde se alcanza la visualización de los datos censados en tiempo real. Con lo cual podemos indicar sin lugar a duda que hemos alcanzado un dispositivo es funcional, perfectible, con un alto grado de validez en la tarea de medir variables climáticas a tiempo real.

## Referencias

- Arteaga, R., Cervantes, R., Vásquez, M., & Ojeda, B. (2017). Estación meteorológica convencional versus automática. Sus diferencias evaluadas por índices estadísticos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1301-1314.
- BoosterAgro. (2022). *Estación metereológica*. <https://boosteragro.com/blog-esp/que-es-una-estacion-meteorologica/>
- Carreto, C., & Cisnetos. (2015). *Diseño de un medidor de radiación ultravioleta utilizando el fotodiodo EPD-440-0-1.4*.
- ElectroFun. (s.f.). <https://www.electrofun.pt/expressif/modulo-wifi-esp8266>
- García, T. (2016). *Diseño e implementación de una estación meteorológica con Raspeberry Pi*.
- Girón, M. (2018). *Diseño de una estación meteorológica con control de accionamiento electromecánico y monitoreo de sensores*.
- Megaclima. (s.f.). *What is an anemometer for?*

Meteo. (s.f.). *Estación Meteorológica Manual*.  
[http://meteo.navarra.es/definiciones/estaciones\\_manuales.cfm](http://meteo.navarra.es/definiciones/estaciones_manuales.cfm)

Nuñez, S. (2018). *Qué es la meteorología*.  
<https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-meteorologia-3928.html>

PCcomponentes. (s.f.). *Pluviómetro*.  
<https://www.pccomponentes.pt/bresser-pluviometro-profesional>

Polo, C., Torres, H., Ríos, J., Bernabé, R., & De la Gala, A. (2017). Diseño, construcción y sistematización de estaciones meteorológicas de registro automático y procesamiento de tres parámetros basado en la implementación de hardware libre. *Ciencias*, 30-37.

Programar. (2021). *Programar fácil*.  
<https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/arduino-mega-2560/>

Ramírez, C., Jiménez, A., & M, C. (2014). *Sensores y actuadores. Aplicaciones con Arduino*.

Rubiños Jiménez, S.L. (2022). *Sistema de acondicionamiento de señales usando MCU para mejorar la precisión de las variables obtenidas por una estación meteorológica automática de bajo costo*. [Tesis, Universidad Nacional del Callao].

SMN. (2016). *Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAS)*.  
[https://smn.conagua.gob.mx/es/?option=com\\_content  
&view=article&id=38&Itemid=102](https://smn.conagua.gob.mx/es/?option=com_content&view=article&id=38&Itemid=102)

TMP36, D. (s.f.). Datasheet TMP36

UN. (2016). *¿Qué es el cambio climático?*  
<https://www.un.org/es/climatechange/what-is-clim>

Vinueza, Z., Risquet, P., & Nagy. (2016). Prototipo de  
mini estación meteorológica automática inalámbrica.  
*Publicando*, 20-32.

**CIDE**  
**EDITORIAL**



ISBN: 978-9942-636-37-9



9789942636379