



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

# **DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO INALÁMBRICO DE ALGUNAS VARIABLES CLIMÁTICAS**

**Autor:**

**Daniel Camilo Ruiz Ayala**

**Director:**

**MSc. Carlos Arturo Vides Herrera**

**Ingeniería Electrónica**

**Departamento de Ingenierías Eléctrica, Electrónica,**

**Sistemas y Telecomunicaciones**

**Facultad de Ingenierías y Arquitectura**

**Universidad de Pamplona**

**Pamplona, 22 de noviembre de 2016**



**Universidad de Pamplona  
Facultad de Ingenierías y Arquitectura  
Departamento de Ingenierías Eléctrica, Electrónica,  
Sistemas y Telecomunicaciones  
Programa de Ingeniería Electrónica  
Trabajo presentado para optar por el título de  
Ingeniero Electrónico**

**Tema:**

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO INALÁMBRICO  
DE ALGUNAS VARIABLES CLIMÁTICAS**

**Fecha de inicio del trabajo: 8 de abril de 2016**

**Fecha de terminación del trabajo: 22 de noviembre 2016**

**Nombres y firmas de autorización para la sustentación:**

---

**Daniel Camilo Ruiz Ayala**  
**Autor**

---

**Ms.C. Carlos Arturo Vides Herrera**  
**Director**

---

**Esp. Judith Cristancho Pabón**  
**Directora de programa**

**Jurado calificador:**

---

**Ph.D. Oscar Gualdrón**

---

**Ms.C. Carlos Vides**

---

**Ms.C. Jesús Ortiz**

**Pamplona - Norte de Santander  
Colombia  
Noviembre 22 de 2016**



## DEDICATORIA

A Dios, Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre Josefa, por ser ese ángel que Dios me regalo la cual me ha cuidado, educado y hecho la persona que soy hoy en día; a mi hermana Tatiana por ser mi guía y ejemplo a seguir, por regalarme cada día su apoyo incondicional; a mi padre Raúl, sé que desde el cielo me vez y espero hacerte sentir orgulloso; a todas aquellas personas que creyeron que podía salir adelante y me dieron su apoyo en este proyecto.



## PENSAMIENTO

“Tu trabajo va a ocupar una gran parte de tu vida, y la única manera de estar realmente satisfecho es hacer lo que tú crees que es un gran trabajo. Y sólo hay un modo de hacer un gran trabajo, y es amando lo que haces. Si aún no sabes qué es lo que amas, entonces sigue buscando. No te resignes. Como pasa con todas las cosas del corazón, cuando lo encuentres lo sabrás. Y como en cualquier gran relación, es algo que mejorará más y más con el paso de los años. Así que sigue buscando hasta encontrarlo. No te conformes.”

**Steve Jobs**



## AGRADECIMIENTOS

A mi familia por su apoyo en todo momento. También a los profesores de la Universidad de Pamplona que fomentaron mi aprendizaje durante mi etapa estudiantil y formaron una base de conocimientos para desarrollar mis ideas con calidad y excelencia.

A todas las personas de las que recibí apoyo para el cumplimiento de mis logros, Y a todos aquellos quienes directa o indirectamente contribuyeron de forma positiva en mi crecimiento personal y profesional.



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación trata del desarrollo e implementación de un sistema de monitoreo inalámbrico de variables climáticas portable y autónomo. El sistema se basa en el uso de microcontroladores de la empresa Microchip, estos se encargan de ejecutar la programación de adquisición, almacenamiento y transmisión inalámbrica de las señales digitales, a su vez interconecta un RTC (Reloj en Tiempo Real) para saber la fecha y hora de adquisición de las muestras, su diseño cuenta con 5 canales para la conexión de sensores, una memoria Micro SD para el almacenamiento de la información y la adaptación de un módulo Wi-Fi para la supervisión inalámbrica de las variables. Para suplir la necesidad de energía del sistema puede ser conectado a la red eléctrica de (110/120) V o internamente a una batería, complementado con paneles solares que entreguen como máximo 12V. Para la comunicación con el usuario se utiliza el puerto USB con el fin de realizar una comunicación con el ordenador a su vez se apoya en una interfaz creada con Visual Basic 2010 con la cual se podrá configurar una alarma de temperatura del sistema, tiempo de muestreo, etc., también como función principal de la interfaz, esta se encarga de recibir inalámbricamente los datos de los sensores y la trama de coordenadas de un módulo GPS. Teniendo la información se sube a un servidor, el cual tiene alojada la página web diseñada para visualizar los datos desde cualquier ordenador con conexión a internet. Se desarrolla una aplicación android partiendo de la página web con el mismo fin de mostrar los datos pero desde los dispositivos móviles.



## ABSTRACT

The present research work deals with the development and implementation of a wireless monitoring system of portable and autonomous climatic variables. The system is based on the use of Microchip microcontrollers, these are responsible for executing the programming of acquisition, storage and wireless transmission of digital signals, in turn interconnects an RTC (Real Time Clock) to know the date and Time of sample acquisition, its design has 5 channels for connecting sensors, a Micro SD memory for storing information and adapting a Wi-Fi module for wireless monitoring of variables. To meet the power requirement of the system can be connected to the electrical network of (110/120) V or internally to a battery, supplemented with solar panels that deliver maximum 12V. For communication with the user uses the USB port in order to make a communication with the computer in turn is supported in an interface created with Visual Basic 2010 with which it can be configured a system temperature alarm, sampling time , Etc., also as the main function of the interface, it is responsible for wirelessly receiving the data of the sensors and the coordinate frame of a GPS module. Having the information is uploaded to a server, which has hosted the web page designed to view the data from any computer with internet connection. It develops an android application starting from the web page with the same purpose of displaying the data but from the mobile devices.



# ÍNDICE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>CAPÍTULO 1</b> .....   | <b>14</b> |
| <b>1. TÍTULO</b> .....  | <b>15</b> |
| 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....  | 15        |
| 1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....  | 15        |
| 1.3 OBJETIVOS.....  | 16        |
| 1.3.1 <i>Objetivo general</i> .....   | 16        |
| 1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....  | 16        |
| 1.4 DELIMITACIONES Y ACOTACIONES .....  | 16        |
| 1.4.1 <i>Delimitaciones</i> .....   | 16        |
| 1.4.2 <i>Acotaciones</i> .....  | 16        |
| <b>CAPÍTULO 2</b> .....   | <b>17</b> |
| <b>2. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE</b> .....   | <b>18</b> |
| 2.1 ESTADO DEL ARTE .....   | 18        |
| 2.1.1 <i>Trabajos desarrollados a nivel regional:</i> .....                                       | 18        |
| 2.1.2 <i>Trabajos desarrollados a nivel nacional:</i> .....                                       | 19        |
| 2.1.3 <i>Trabajos desarrollados a nivel internacional:</i> .....                                  | 19        |
| 2.2 ESTACIONES METEOROLÓGICAS .....   | 21        |
| 2.2.1 <i>Partes de una estación meteorológica</i> .....   | 21        |
| 2.2.2 <i>Estaciones automáticas contra convencionales</i> .....                                   | 22        |
| 2.2.3 <i>Clasificación de las estaciones automáticas</i> .....                                    | 23        |
| 2.3 ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA METEOROLOGIA (OMM) .....   | 23        |
| 2.3.1 <i>Institución de Meteorología en Colombia</i> .....  | 24        |
| 2.4 CLIMA DE NORTE DE SANTANDER .....   | 24        |
| 2.4.1 <i>Temperatura y Pisos Térmicos</i> .....   | 26        |
| 2.5 APLICACIÓN DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS .....   | 27        |
| 2.5.1 <i>Usos de la información e investigación climatológicas</i> .....                          | 28        |
| 2.5.2 <i>La predicción del tiempo</i> .....   | 28        |
| <b>CAPÍTULO 3</b> .....   | <b>29</b> |
| <b>3. INGENIERIA INVERSA</b> .....  | <b>30</b> |
| 3.1 APLICACIÓN DE LA INGENIERIA INVERSA A LA ETAPA DE SENSORES DE LA ESTACION METEOROLOGICA. .... | 30        |
| 3.1.1 <i>Antecedentes de la etapa de sensores</i> .....   | 30        |
| 3.1.2 <i>Componentes principales, conexiones y funcionamiento</i> .....                           | 32        |
| 3.1.3 <i>Alimentación de la etapa de sensores</i> .....   | 34        |
| 3.1.4 <i>Configuración de los componentes de la etapa de alimentación</i> .....                   | 35        |
| 3.1.5 <i>Forma de transmitir la Información en la etapa de sensores</i> .....                     | 36        |
| 3.1.6 <i>Configuración del amplificador de instrumentación INA122</i> .....                       | 38        |
| 3.2 SENSOR DE TEMPERATURA .....   | 39        |
| 3.2.1 <i>Etapa de Instrumentación del sensor de Temperatura</i> .....                             | 39        |
| 3.3 SENSOR DE DIRECCIÓN DEL VIENTO .....  | 40        |
| 3.3.1 <i>Mediciones reales aplicadas al sensor</i> .....  | 41        |
| 3.3.2 <i>Etapa de Instrumentación del sensor de Dirección del viento</i> .....                    | 42        |
| 3.4 SENSOR DE VELOCIDAD DEL VIENTO .....  | 43        |



|   |  |           |
|---|--|-----------|
| 3.4.1   | <i>Etapa de Instrumentación del sensor de Velocidad del Viento</i> .....                         | 45        |
| 3.5   | SENSOR DE PRESIÓN .....  | 45        |
| 3.5.1   | <i>Etapa de Instrumentación del sensor de Presión</i> .....                                      | 47        |
| 3.6   | SENSOR DE RADIACIÓN SOLAR .....  | 48        |
| 3.6.1   | <i>Etapa de Instrumentación del sensor de Radiación Solar</i> .....                              | 49        |
| 3.7   | SENSOR DHT11 .....   | 50        |
| <b>CAPÍTULO 4</b> .....                             |  | <b>51</b> |
| <b>4. DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA</b> ..... |  | <b>52</b> |
| 4.1   | SELECCIÓN DEL SOFTWARE Y CEREBRO DEL SISTEMA.....  | 52        |
| 4.1.1   | <i>PIC18F2550 Y PIC18F4550</i> .....   | 52        |
| 4.1.2   | <i>Compilador MIKROC PRO</i> .....   | 54        |
| 4.2   | ETAPA 1 .....  | 54        |
| 4.2.1   | <i>Ingeniería de detalle de la etapa 1</i> .....   | 54        |
| 4.2.2   | <i>Conversión análoga digital y calibración del sensor de temperatura</i> .....                  | 55        |
| 4.2.3   | <i>Conversión análoga digital y calibración del sensor de presión</i> .....                      | 57        |
| 4.2.4   | <i>Conversión análoga digital y calibración del sensor de radiación</i> .....                    | 58        |
| 4.2.5   | <i>Conversión análoga digital y calibración del sensor de dirección</i> .....                    | 59        |
| 4.2.6   | <i>Conversión análoga digital y calibración del sensor de velocidad</i> .....                    | 60        |
| 4.2.7   | <i>Transmisión y sincronización de las variables climáticas usando el módulo UART</i> .....      | 61        |
| 4.3   | ETAPA 2 .....  | 62        |
| 4.3.1   | <i>Ingeniería de detalle de la etapa 2</i> .....   | 62        |
| 4.3.2   | <i>DS1307 Reloj en tiempo real (RTC)</i> .....   | 63        |
| 4.3.3   | <i>Formato FAT</i> .....   | 63        |
| 4.3.4   | <i>Memoria Micro SD y circuito implementando el Protocolo SPI</i> .....                          | 64        |
| 4.3.5   | <i>Secuencia de almacenamiento de los datos</i> .....  | 66        |
| 4.3.6   | <i>Memoria EEPROM del PIC18F2550</i> .....   | 67        |
| 4.3.7   | <i>Comunicación y sincronización con la etapa 3 implementando Protocolo I<sup>2</sup>C</i> ..... | 67        |
| 4.4   | ETAPA 3 .....  | 68        |
| 4.4.1   | <i>Ingeniería de detalle de la etapa 3</i> .....   | 68        |
| 4.4.2   | <i>Visualización en la GLCD</i> .....  | 69        |
| 4.4.3   | <i>Modulo GPS</i> .....  | 70        |
| 4.4.4   | <i>Protocolo NMEA</i> .....  | 71        |
| 4.4.5   | <i>Módulo wifi ESP8266</i> .....   | 73        |
| 4.4.6   | <i>Sistema inalámbrico de la estación</i> .....  | 76        |
| 4.4.7   | <i>Comunicación USB HID</i> .....  | 77        |
| 4.5   | ALIMENTACION DE LA ESTACION METEOROLOGICA .....  | 79        |
| 4.5.1   | <i>Criterio para cargar la Batería</i> .....   | 79        |
| 4.5.2   | <i>Circuito de alimentación del sistema</i> .....  | 80        |
| 4.6   | DISEÑO EN PROTEUS E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA .....   | 82        |
| 4.7   | SOFTWARE DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA .....  | 85        |
| 4.7.1   | <i>Conexión USB</i> .....  | 85        |
| 4.7.2   | <i>Funciones básicas</i> .....   | 86        |
| 4.7.3   | <i>Conexión y aplicación inalámbrica</i> .....   | 88        |
| 4.7.4   | <i>Conexión con la base de datos remota MYSQL</i> .....  | 89        |
| 4.7.5   | <i>Decoder GPRMC del GPS</i> .....   | 89        |
| 4.8   | PÁGINA WEB DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA.....   | 91        |
| 4.8.1   | <i>Hosting y dominio de la página web</i> .....  | 91        |



|                                    |   |            |
|------------------------------------|---|------------|
| 4.8.2                              | Creación de la base de datos MYSQL .....  | 92         |
| 4.8.3                              | Explicación detallada del funcionamiento .....  | 93         |
| 4.8.4                              | Acceso a la base MYSQL remota .....   | 93         |
| 4.8.5                              | Conexión entre la base de datos y la página web .....   | 94         |
| 4.8.6                              | Funcionamiento de la página web.....  | 94         |
| 4.9                                | APLICATIVO ANDROID DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA.....  | 95         |
| <b>CAPÍTULO 5.....</b>             |   | <b>98</b>  |
| <b>5.</b>                          | <b>ANÁLISIS Y RESULTADOS .....</b>  | <b>99</b>  |
| 5.1                                | RESULTADOS .....  | 99         |
| 5.1.1                              | Comparación y calibración del sistema con la estación meteorológica del ISER ....   | 99         |
| 5.1.2                              | Comparación y calibración del sistema con la estación meteorológica del semillero de investigación de ingeniería agronómica ..... | 103        |
| 5.1.3                              | Medición de las variables a campo abierto. ....   | 109        |
| 5.2                                | ANÁLISIS .....  | 111        |
| 5.2.1                              | Análisis económico.....   | 111        |
| 5.2.2                              | Análisis ambiental.....   | 114        |
| 5.2.3                              | Marco legal .....   | 115        |
| CONCLUSIONES.....                  |   | 116        |
| OBSERVACIONES Y RECOMENDADAS ..... |   | 118        |
| <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>           |   | <b>120</b> |



## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Componentes generales de una estación meteorológica. [22].....   | 21 |
| Figura 2. Estación meteorológica análoga. [20] .....   | 22 |
| Figura 3. Estación meteorológica digital. [21].....  | 22 |
| Figura 4. Clasificación del clima en Norte de Santander [19].....  | 25 |
| Figura 5. Temperatura media anual en el Departamento de Norte de Santander [19] .....                                | 27 |
| Figura 14. Antecedentes originales de los sensores. [38] .....   | 30 |
| Figura 15. Interior del circuito original de sensores de la Estación meteorológica. [38] .....                       | 31 |
| Figura 16. Cara frontal y trasera de la etapa actual de sensores .....   | 31 |
| Figura 17. Partes con las que cuenta inicialmente la Tesis.....  | 32 |
| Figura 18. Diseño en el simulador Proteus de la etapa sensorica.....   | 33 |
| Figura 20. Conexión de los conectores RJ-11.....   | 34 |
| Figura 21. Diseño de alimentación de los sensores .....  | 35 |
| Figura 22. Típica conexión del regulador LM2576S. [29] .....   | 36 |
| Figura 23. Típica conexión del PTN04050C. [30].....  | 36 |
| Figura 24. Circuito encargado de transmitir la información en la etapa de los sensores.....                          | 37 |
| Figura 28. Conexión básica del INA122. [33] .....  | 38 |
| Figura 29. Sensor de Temperatura. ....   | 39 |
| Figura 30. Instrumentación del sensor de temperatura. ....   | 39 |
| Figura 31. Esquema eléctrico y dimensiones físicas del sensor 6009 JDK. [34]...                                      | 40 |
| Figura 32. Contactos de metales preciosos soldados con multidigado. [34] .....                                       | 40 |
| Figura 33. Ángulos de medición del sensor 6009-2082 JDK, teniendo en cuenta la posición de la veleta de viento. .... | 42 |
| Figura 34. Conexión del sensor de dirección del viento en el circuito. ....  | 42 |
| Figura 35. Sensor HOA086X para medición de la velocidad del viento. [35] .....                                       | 43 |
| Figura 36. Cazoletas y sistema para medición de velocidad del viento. ....   | 44 |
| Figura 37. Etapa de instrumentación del sensor de velocidad del viento. ....   | 45 |
| Figura 38. Encapsulado del sensor MPXM2102A. [36].....   | 46 |
| Figura 39. Salida Vs Presión diferencial. [36].....  | 47 |
| Figura 40. Circuito de instrumentación del sensor de Presión .....   | 47 |
| Figura 41. Mk 1-G Sol-A-Meter PIRANOMETRO (RADIACION SOLAR). [37] .....  | 49 |
| Figura 42. Circuito de instrumentación para el sensor de radiación solar. ....                                       | 49 |
| Figura 43. Sensor de humedad y temperatura DHT11. [50].....  | 50 |
| Figura 46. Encapsulado y patillaje del PIC18f2550 y PIC18F4550. [39] .....   | 53 |
| Figura 48. Etapa 1 .....   | 55 |
| Figura 49. Etapa de instrumentación de temperatura usando el sensor LM35 .....                                       | 56 |



|   |    |
|---|----|
| Figura 50. Grafica de la regresión lineal de los datos de temperatura y voltaje del LM35..... | 56 |
| Figura 51. Circuito de comunicación entre la etapa1 y la etapa2.....                          | 61 |
| Figura 53. ETAPA 1 y ETAPA 2.....   | 62 |
| Figura 55. Pines y tipa conexión. [41] .....  | 63 |
| Figura 58. Asignación de pines .....  | 64 |
| Figura 59. Conexiones del PIC con la MicroSD .....  | 65 |
| Figura 60. Módulo de memoria MicroSD.....   | 65 |
| Figura 62. Diagrama de flujo De la escritura en la MicroSD.....                               | 66 |
| Figura 65. Secuencia de sincronización de la etapa 2 y la etapa 3.....                        | 67 |
| Figura 66. ETAPA 3 .....  | 68 |
| Figura 67. Imágenes de la GLCD.....   | 69 |
| Figura 68. GPS GYNEO6MV2. [43] .....  | 70 |
| Figura 69. Circuito para el modulo GPS.....   | 71 |
| Figura 71. Módulo WiFi ESPE8266.....  | 74 |
| Figura 72. Circuito de Transmisión inalámbrica. ....  | 75 |
| Figura 73. Sistema inalámbrico de la estación.....  | 76 |
| Figura 74. Conexión USB del PIC18F4550.....   | 77 |
| Figura 75. Direcciones de memoria del módulo USB.....   | 78 |
| Figura 76. Configuración de fusibles para la comunicación USB con un cristal de 12MHz.....    | 78 |
| Figura 77. Creación del vendor, VID con el HID terminal de MikroC.....                        | 78 |
| Figura 78. Batería y transformador del sistema.....   | 79 |
| Figura 79. ESQUEMATICO DEL CIRCUITO DE ALIMENTACION.....                                      | 81 |
| Figura 80. DISEÑO 3D Y CONEXIONES EN PROTEUS. ....  | 81 |
| Figura 81 PISTAS Y SERIGRAFIA DE LA ALIMENTACION. ....  | 82 |
| Figura 82. ESQUEMATICO DEL DATALOGGER .....   | 82 |
| Figura 83. 3D Y DISEÑO EN PROTEUS DEL DATALOGGER.....   | 83 |
| Figura 84. DISEÑO DE LAS PISTAS DEL CIRCUITO DEL DATALOGGER .....                             | 83 |
| Figura 85. SERIGRAFIA DEL DATALOGGER.....   | 84 |
| Figura 87. Circuito del datalogger terminado.....   | 84 |
| Figura 88. Funciones utilizadas en la plantilla. [48] .....                                   | 86 |
| Figura 95. Muestreo de la señal de presión en el tiempo.....                                  | 87 |
| Figura 96. Los dos formatos en los que se pueden guardar las gráficas. ....                   | 87 |
| Figura 97. Programa Wireless Network Watcher. ....  | 88 |
| Figura 99. Recepción de los datos inalámbricos y visualización de diferentes unidades.....    | 88 |
| Figura 100. Botón para entablar la comunicación remota Mysql.....                             | 89 |
| Figura 101. Mensaje informando el estado de la conexión remota .....                          | 89 |
| Figura 103. Recepción de la trama NMEA inalámbricamente y botón para decodificar.....         | 89 |



|  |     |
|--|-----|
| Figura 104. Pestaña explicando los pasos para decodificar la trama .....   | 90  |
| Figura 105. Blog que contiene un decoder Online .....  | 90  |
| Figura 107. Hosting que aloja la página de la estación meteorológica. [49].....  | 91  |
| Figura 108. Dominio de la estación meteorológica.....  | 92  |
| Figura 110. Base de datos creada en phpMyAdmin.....  | 92  |
| Figura 111. Conexiones de la parte local con la externa.....   | 93  |
| Figura 114. Editor Note pad, para realizar código HTML y PHP .....   | 94  |
| Figura 115. Diseño implementado de la página web de la estación meteorológica.<br>.....  | 95  |
| Figura 116. Plataforma de Android studio. ....   | 96  |
| Figura 117. Fragmento de código de la página web, donde se muestran los<br>contenedores.....                                       | 96  |
| Figura 118. Entorno de Android Studio .....  | 97  |
| Figura 119. Emulando la aplicación con Android studio. ....  | 97  |
| Figura 120. Estación meteorológica del instituto rural ISER, modelo WH3081. [51]<br>.....  | 99  |
| Figura 121. Sistema meteorológico del Instituto Iser.....  | 100 |
| Figura 122. Comparación de mediciones de los dos sistemas.....   | 100 |
| Figura 124, Grafica de las variables de temperatura del sistema y la estacion<br>patron del ISER .....                             | 101 |
| Figura 125. Humedad relativa del sensor del sistema y el sensor patrón .....   | 102 |
| Figura 126. Presión atmosférica del sensor del sistema y el sensor patrón.....   | 102 |
| Figura 127. Radiación solar del sensor del sistema y el sensor patrón.....   | 103 |
| Figura 130. Grafica de comparación de la medición de los dos sensores de<br>temperatura, con el sensor patrón.....                 | 104 |
| Figura 131.Grafica de comparación de la medición de los dos sensores de<br>Humedad.....  | 104 |
| Figura 132. Grafica de comparación de la medición de presión Atmosférica.....  | 105 |
| Figura 133. Registro de datos del sensor de dirección del viento .....   | 105 |
| Figura 135. Ubicación dada por el GPS cuando la estación se encontraba en el<br>semillero de investigación cerca a la piscina..... | 106 |
| Figura 136. Calibración del sistema con la estación de la piscina.....   | 107 |
| Figura 137. Dimensiones del anemómetro.....  | 108 |
| Figura 138. Datalogger del semillero de investigación de ingeniería agronómica   | 109 |
| Figura 139. Muestras tomadas el día de la calibración en formato .XLS .....  | 109 |
| Figura 140.Ultimo archivo .XLS creado por el sistema.....  | 110 |



## ÍNDICE DE TABLAS

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 3. Inventario de componentes de la etapa de sensores .....                             | 33  |
| Tabla 4. Características eléctricas del sensor HOA086X. [35].....                            | 44  |
| Tabla 5. Características eléctricas del sensor MPXM2102A con un $V_s=10V$ . [36]             | 46  |
| Tabla 11. Características del GPS GYNEO6MV2. [44].....                                       | 70  |
| Tabla 12. TRAMAS NMEA. [45] .....  | 72  |
| Tabla 14. Tipos de comandos AT. [47].....  | 74  |
| Tabla 15. Listado de instrucciones AT [47] .....   | 75  |
| Tabla 16. Constantes definidas para reconocer el ordenador reconozca el PIC. [48]<br>.....   | 85  |
| Tabla 17. Constantes programadas mediante el HID Terminal de MikroC. [48]....                | 85  |
| Tabla 18. Eventos que ocurren entre las conexiones de hardware y el ordenador.<br>[48] ..... | 85  |
| Tabla 19. Precio de componentes.....   | 112 |
| Tabla 20. Precio de maqueta .....  | 112 |
| Tabla 21. Gastos varios .....  | 113 |
| Tabla 22. Inversión del autor .....  | 113 |
| Tabla 23. Precio de la etapa de sensores .....   | 113 |
| Tabla 24. Costo de las licencias de los programas .....                                      | 114 |
| Tabla 25. Precio de la programación del autor.....   | 114 |
| Tabla 26. Precio del sistema en el mercado.....  | 114 |
| Tabla 27. Modo de operación de la estación.....  | 119 |
| Tabla 28. Indicadores Led de la batería .....  | 119 |



# CAPÍTULO 1

A continuación se mostrará la secuencia a seguir para la elaboración del trabajo del grado. Es decir la definición de algunos pasos importantes que permiten dar una orientación e idea general. Entre los cuales tenemos: planteamiento del problema, justificación del problema, objetivo general, objetivos específicos, delimitaciones y acotaciones a tener en cuenta en el desarrollo del mismo.



## 1. TÍTULO

### DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO INALÁMBRICO DE ALGUNAS VARIABLES CLIMÁTICAS

#### 1.1 Planteamiento del problema

El registro permanente de variables climáticas durante largos periodos de tiempo en zonas remotas o inhóspitas, sin contar con la presencia de un personal capacitado que se encargue de proporcionar datos presentables con el menor porcentaje de error hace que aparezca la necesidad de automatizar las estaciones meteorológicas. Uno de los dispositivos importantes dentro de una estación es el Datalogger que se encarga de recoger la información de varios sensores meteorológicos. En la industria existe diversidad de parámetros que caracterizan la fabricación de un Datalogger como tipo de medición, temperatura de trabajo, tasa de medición y almacenaje de la información, funciones especiales, etc., todo esto con el fin de que el usuario encuentre un instrumento que se adapte a sus necesidades. Al encontrar variedad de instrumentos surge la diversidad de precios en el mercado, donde la mayoría son de costos relativamente altos debido a su complejidad y funcionamiento, sin embargo al encontrar instrumentos económicos estos carecen de la circuitería necesaria para satisfacer totalmente las necesidades de medición, almacenaje y monitoreo que el usuario presenta.

#### 1.2 Justificación del problema

Todos estos sistemas hoy en día son posible diseñarlos teniendo los conocimientos y bases de su funcionamiento, sin contar que la tecnología ha avanzado generando de manera positiva sistemas complejos que se pueden adaptar a los instrumentos que emplea la meteorología para sus estudios e investigaciones por estas razones se ha propuesto desarrollar un sistema de adquisición, registro y monitoreo inalámbrico de variables climáticas, teniendo como principal componente un microcontrolador y demás componentes electrónicos de costos bajos y accesibles en el mercado, que en conjunto pueden servir para la construcción de un Datalogger complejo, confiable y con la finalidad de reducir costos con respecto a instrumentos que se encuentran en el mercado desplegando las mismas funciones y generar un impacto tecnológico.



## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

Desarrollar un sistema para adquirir, registrar y monitorear algunas variables climáticas inalámbricamente.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Realizar una investigación sobre el monitoreo e instrumentación empleada en las variables climáticas del proyecto para seleccionar los dispositivos a utilizar.
- Diseñar el Hardware del sistema.
- Establecer un sistema de comunicación para adquisición de información proveniente de sensores.
- Crear la interfaz del sistema de monitoreo inalámbrico.
- Integrar y validar el Hardware y software del sistema de monitoreo.

## **1.4 Delimitaciones y acotaciones**

### **1.4.1 Delimitaciones**

La implementación del sistema se realizara dentro de la universidad de pamplona en un espacio que cumpla con las condiciones y permisos para la toma de mediciones.

### **1.4.2 Acotaciones.**

El proyecto ya cuenta físicamente con parte de una estación meteorológica, esta posee un trípode y un circuito de instrumentación de 5 sensores para la medición de variables climáticas. Los sensores que posee la estación sirven para la medición de las variables de Temperatura, presión, radiación solar, velocidad y dirección del viento, por lo cual estas serán las variables que se tomaran como estudio en el proyecto. Para el monitoreo inalámbrico se realizara una aplicación utilizando la plataforma android y una página web junto con un sistema GPS para visualizar la ubicación y posición del datalogger atreves de un ordenador.



# CAPÍTULO 2

---

En este capítulo, se revisará el estado del arte de los diferentes sistemas de adquisición, registró y monitoreo de variables climáticas. Se mencionaran conceptos relacionados con la ciencia de la meteorología, para que el lector se pueda sumergir en el amplio campo en el que se desarrolla el proyecto.



## **2. Marco teórico y estado del arte**

### **2.1 Estado del arte**

El estudio de las variables climáticas es un campo de investigación que se ha venido desarrollando desde hace muchos años en las universidades del mundo, se encuentran muchos trabajos académicos relacionados con la adquisición, registro y monitoreo de las señales digitales y analógicas captadas de sensores, para aplicaciones de control, pronóstico y muchas más relacionadas al campo de la meteorología. Este trabajo tiene fuertes antecedentes; se pueden apreciar varios trabajos académicos en esta área los cuales se citaran a continuación.

#### **2.1.1 Trabajos desarrollados a nivel regional:**

- En la Universidad de Pamplona en el año 2004 Ronal Márquez Marín presento su tesis para obtener el título de Ingeniero Electrónico titulada “Diseño de un sistema automatizado de medición y registro de variables climáticas para una estación meteorológica.” En este proyecto se describe la selección de sensores de 4 variables climatológicas, se implementa el PIC16F877 para controlar el sistema y realizar la comunicación RS-232 con el PC para mostrar en tiempo real las variables utilizando el software diseñado con Microsoft Visual Basic 6.0. [1]
- En la Universidad de Pamplona en el año 2006 Edgar Yesid Mendoza Rozo presento su tesis para obtener el título de Ingeniero Electrónico titulada “Metodología de diseño para implementar un sistema de adquisición de datos meteorológicos para aeropuertos.” [2]
- En la Universidad de Pamplona en el año 2010 Adriana Isabel Vesga Bolívar presento su tesis para obtener el título de Ingeniera en Telecomunicaciones titulada “Diseño de una Metodología de mantenimiento preventivo y correctivo en la estación meteorológica automática (EMA) del aeropuerto Camilo Daza de la ciudad de Cúcuta Norte de Santander.” [3]
- Este artículo fue publicado en la revista Colombiana de Tecnología de Avanzada, por la Universidad de Pamplona en el año 2011, sus autores Ing.



## **DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO INALÁMBRICO DE ALGUNAS VARIABLES CLIMÁTICAS**

Reinaldo Almarío Ospino, PhD. Bladimir Azdrubal Ramón Valencia y PhD. Jacipt Alexander Ramón Valencia, el artículo titulado “Sistema de adquisición de datos para el monitoreo de la calidad del agua a través de las variables de pH, conductividad, temperatura y oxígeno disuelto”. En este documento se diseñó un sistema de adquisición, almacenamiento y registrador de datos, con comunicación GSM/GPRS, Bus I2C con extensor, comunicación USB 2.0 con ordenador, sensor de temperatura, conductividad y oxígeno disuelto incorporado, entre otros; actualización del Firmware del Microcontrolador sin necesidad de un programador externo, monitoreo de datos en cualquier lugar donde exista cobertura a la red GSM/GPRS. [4]

### **2.1.2 Trabajos desarrollados a nivel nacional:**

- Este artículo publicado por la Universidad Manuela Beltrán de Bogotá, en el año 2010, sus autores Daniel A. Arango Parrado, Freddy E. Rincón Infante, Lisandro Manrique Daza y Diana C. Buitrago, el artículo titulado “Estación meteorológica Inalámbrica”. Este trabajo trata del censado de 5 variables que pueden ser transmitidas con comunicación GSM por medio de mensajes cortos SMS. [5]
- Este artículo fue publicado en la revista Universitaria en Telecomunicaciones Informática y Control, por la Universidad del Cauca Popayán en el año 2012, sus autores Diego Bravo, Alexander García y Walter Muñoz, el artículo titulado “Diseño e implementación de un prototipo de estación meteorológica”. [6]
- En la Universidad de la Costa, Barranquilla en el año 2013 Nancy Elcira Carbonell Polo y Daniel Eduardo De La Rosa presentaron su tesis para obtener el título de Ingeniero Electrónico e Ingeniero Industrial titulada “Prototipo de estación meteorológica para la medición de variables ambientales aplicando técnicas de diseño experimental y el uso de la plataforma embebida Arduino.” [7]

### **2.1.3 Trabajos desarrollados a nivel internacional:**

- En las II jornadas de investigación en ingeniería del NEA y países limítrofes



## DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO INALÁMBRICO DE ALGUNAS VARIABLES CLIMÁTICAS

la Universidad Tecnológica Nacional en Resistencia-Chaco, Republica de Argentina en el año 2005 los autores Vázquez Raimundo, Robledo Alberto, Pablo Toledo, Mason Leoncio y Jorge Luis Canalí publicaron un artículo titulado “Desarrollo de un procedimiento para construir un Datalogger de bajo presupuesto utilizando un dispositivo genérico, memorias seriales y tarjeta flash SD.” [8]

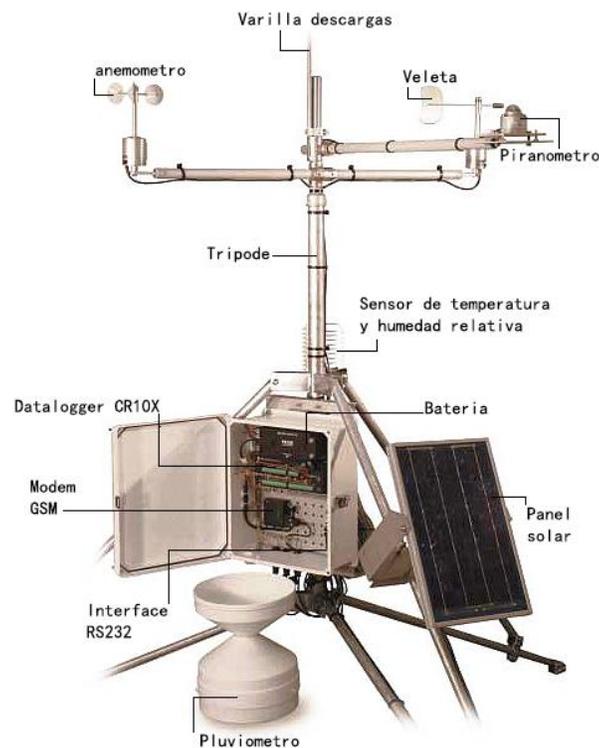
- Un artículo de la Escuela Politécnica Nacional publicado en la XIX jornadas en Ingeniería Eléctrica y Electrónica Quito-Ecuador en el año 2005, titulado “Diseño y construcción de un Datalogger universal con comunicación RS-232 y USB hacia un PC”, sus autores Ing. Quito Ávila Mónica y PhD. Corrales Luis. El objetivo de este trabajo fue construir un Datalogger que posibilita la adquisición de datos desde transmisores comerciales que entregan señales de voltaje de 0 a 10 V, 0 a 5 V o señales de corriente de 4 a 20 mA. El equipo permite la transferencia de datos almacenados a una PC sea por USB o RS-232 para esto se desarrolló un programa en Microsoft Visual Basic 6.0. El muestreo de datos va desde 0.1 segundos hasta 24 horas. [9]
- En la universidad técnica particular de Loja-Ecuador, en el año 2011 Diego Alexander Sanmartín Yaguana presento su tesis para la obtención del título de ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones llamada “Diseño e implementación de un Datalogger usando tecnología de memoria flash”. El objetivo central de la tesis era construir un Datalogger portable que emplea el micro controlador atmega 644 el cual almacenaba en una memoria SD la información de temperatura proveniente de 4 sensores DS1621 para después ser visualizada en un computador atreves de una interfaz gráfica creada en Matlab. [10]
- En la universidad de el salvador de San Salvador en agosto del año 2011 Obed Manaces Quijada y Angelberto Argueta Sorto presentan su trabajo de grado para el título de ingenieros electricistas llamado “Diseño y construcción de un instrumento electrónico para cuantificar magnitudes físicas (Datalogger)”. En este proyecto se desarrolla un Datalogger que implementa un micro controlador PIC18F4550 que se encarga de recibir la señal de 3 sensores LM35 provenientes de un ADC PCF8591 que utiliza la comunicación I2C, esta información se almacena en una tarjeta MicroSD, además cuenta con un teclado matricial y una LCD para visualizar datos. [11]

## 2.2 ESTACIONES METEOROLÓGICAS

Se puede definir una estación meteorológica como una instalación en la que se tienen una serie de instrumentos destinados a la recolección y registro de las variables meteorológicas según su tipo, ya sean estas, climáticas, sinópticas o marinas. [12]

### 2.2.1 Partes de una estación meteorológica

Todas las estaciones meteorológicas automáticas están dotadas de un conjunto de sensores conectados a un sistema de interrogación, a su vez conectado con un sistema encargado de leer las señales provenientes de los sensores y, un sistema de transmisión y/o registro. [12]



**Figura 1. Componentes generales de una estación meteorológica. [22]**

Los primeros tipos de estaciones meteorológicas automáticas, estaban equipadas con sensores mecánicos: termómetro bimetálico, higrómetro de cabello, barómetro de cápsula aneroide, sensor de precipitación de balancín, etc.



**Figura 2. Estación meteorológica análoga. [20]**

Algunos de estos sensores todavía son de uso habitual en diseños de estaciones automáticas. Generalmente para uso en equipos automáticos basados en técnicas digitales, se prefieren los sensores de salida digital. Los sensores tradicionales necesitan adaptadores complicados y traductores analógicos/digitales. [12]



**Figura 3. Estación meteorológica digital. [21]**

### **2.2.2 Estaciones automáticas contra convencionales**

Las estaciones automáticas contribuyen a mejorar la normalización de la información meteorológica, ya que con ellas se eliminan algunos problemas del sistema tradicional tales como la subjetividad del observador y los errores de digitación. Esta nueva tecnología permitirá al investigador tener datos libres de error de proceso y posiblemente le permita determinar fenómenos difíciles de



medir con instrumentos convencionales, principalmente relacionados con el intervalo de muestreo de las variables meteorológicas. [12]

### **2.2.3 Clasificación de las estaciones automáticas**

Se ha hecho costumbre clasificarlas en dos clases principales, de acuerdo al propósito para el cual se utiliza la salida de información:

- Estaciones climatológicas (generan datos históricos). [12]
- Estaciones sinópticas (datos en tiempo real para fines de pronóstico). [12]

Los equipos representativos de ambas categorías pueden ser semejantes, excepto por la presencia de una unidad de codificación y de comunicación en las estaciones automáticas del tiempo real. Una unidad de comunicación no forma parte necesariamente de una estación climatológica y una estación sinóptica puede almacenar datos históricos. [12]

Las dos clases principales de estaciones meteorológicas definidas anteriormente pueden subdividirse, según un emplazamiento de instalación en:

- Terrestre (urbanas, de desierto, de Montana) [12]
- Oceánicas (a bordo de buques, boyas a la deriva, boyas fondeadas). [12]

Pueden también clasificarse conforme a la finalidad de información: aviación, aviso de condiciones meteorológicas adversas, medición de contaminación, micro climatología, etc. [12]

## **2.3 ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA METEOROLOGIA (OMM)**

Uno de los objetivos de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) consiste en coordinar las actividades de sus 188 Miembros en lo relativo a la producción de datos e información sobre el tiempo, el clima y el agua, de acuerdo con normas acordadas internacionalmente. Teniendo en cuenta esta circunstancia, cada reunión del Congreso Meteorológico Mundial adopta disposiciones integradas en un Reglamento Técnico en el que se estipulan las prácticas y los procedimientos meteorológicos que deben seguir los Estados y Territorios Miembros de la OMM. Ese Reglamento Técnico se complementa con una serie de manuales y de guías en los que se describen con mayor detalle las



## DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO INALÁMBRICO DE ALGUNAS VARIABLES CLIMÁTICAS

prácticas, los procedimientos y las especificaciones que los Miembros deben seguir y aplicar. Los manuales contienen prácticas obligatorias mientras que las guías, comprenden prácticas recomendadas. [13]

Sin embargo, tampoco se trata de especificar en detalle el diseño de los instrumentos puesto que ello podría obstaculizar su evolución. En cambio, es preferible circunscribir la normalización a los requisitos esenciales de los instrumentos y limitar las recomendaciones a las características generalmente comunes de las diversas configuraciones de un sistema de instrumentos o de medición. [13]

### **2.3.1 Institución de Meteorología en Colombia**

En Colombia se encuentra el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM). Su función principal es ser el ente científico y técnico encargado de hacer el levantamiento de la información ambiental y el seguimiento al estado de los recursos naturales que constituyen el patrimonio ambiental del país. [17]

## **2.4 CLIMA DE NORTE DE SANTANDER**

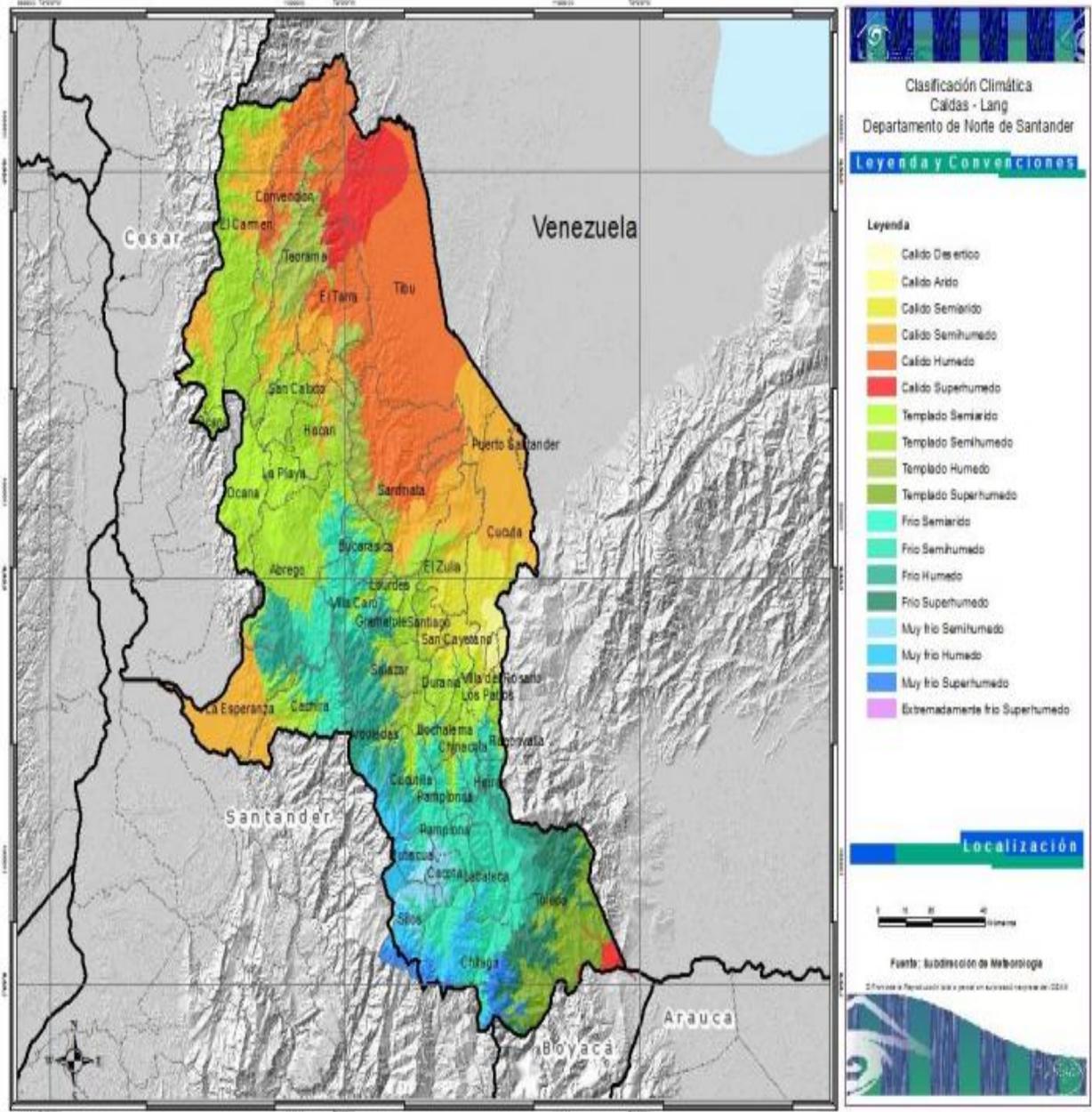
El departamento de Norte tiene un clima tropical modificado y suavizado por la altitud y las variaciones del relieve, lo cual hace que se presenten marcadas diferencias entre los elementos climáticos. La variación en altitud va desde alturas inferiores a 100 m.s.n.m., al noreste del departamento en las cuencas hidrográficas de los ríos Catatumbo, del río Magdalena hasta alturas superiores a los 4.000 m.s.n.m. en el sector de los páramos al sur del departamento. [18]

Municipales de más baja altitud son Tibú con 75 m.s.n.m. y el Zulia con 220 m.s.n.m., mientras las más altas son las de Silos y Mutiscua con 2.700 y 2.600 m.s.n.m., respectivamente. [18]

Los principales factores que caracterizan la variación climática son: precipitación, temperatura y humedad relativa. [18]

En el régimen bimodal, la primera época de mayores lluvias se extiende, por lo general de marzo a junio y la segunda de septiembre a noviembre. Se pueden apreciar algunas diferencias especiales en cuanto a la iniciación y duración de

las épocas lluviosas; por ejemplo en Pamplona, Cúcuta, Sardinata y Tibú la primera temporada de lluvias está centrada en el mes de abril, mientras que en Ábrego y San Calixto está centrada en mayo y julio respectivamente. Solo hay un sector con régimen monomodal en el municipio de Chitagá debido a la influencia climática de los Llanos Orientales. [18]



**Figura 4. Clasificación del clima en Norte de Santander [19]**

En el departamento Norte de Santander las zonas de mayor precipitación están en sus dos vertientes, al noreste en la cuenca del Catatumbo, municipio de Tibú con 2.554 mm/año y al sureste en la cuenca del Margua, municipio de



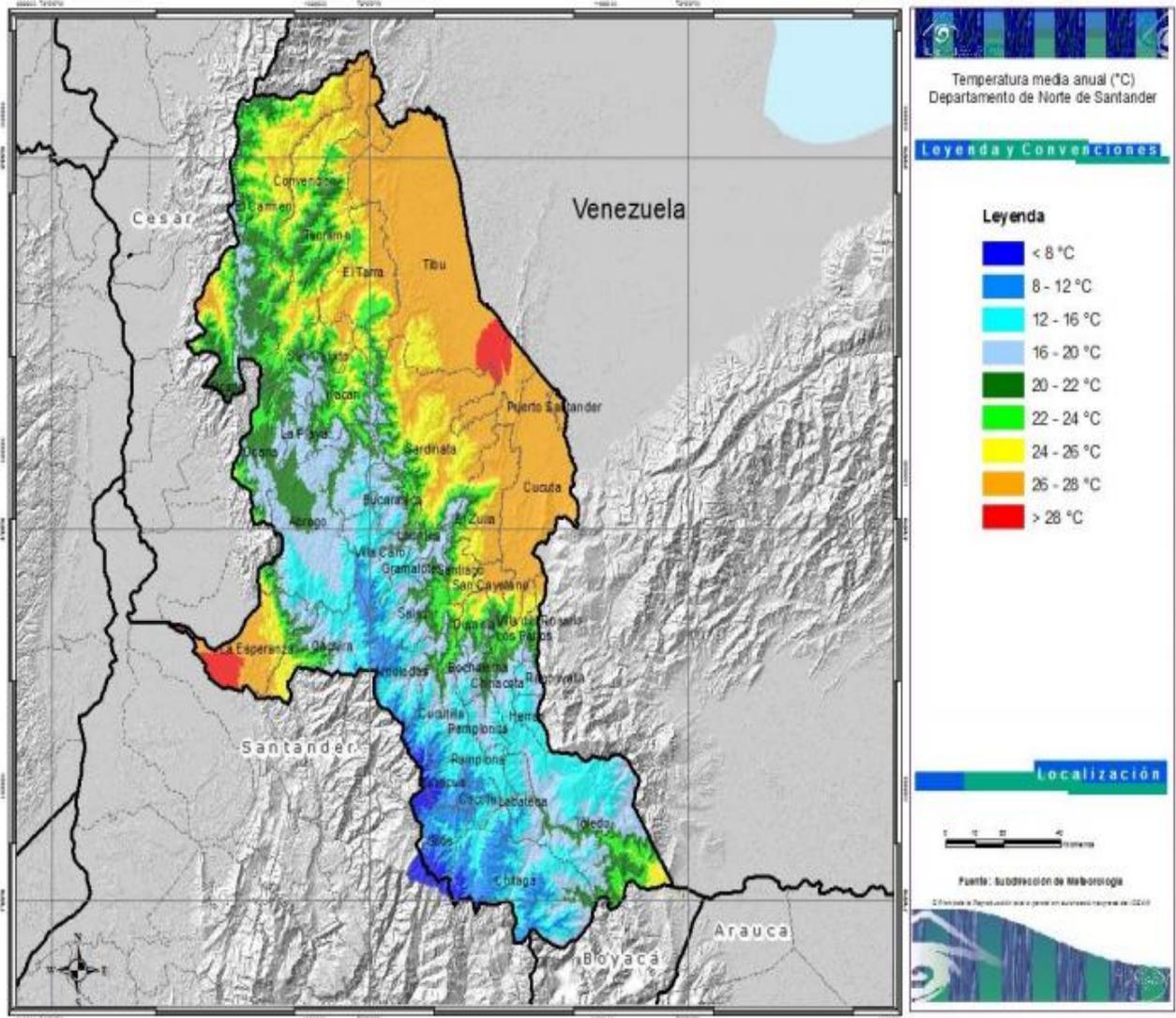
Toledo con más de 3.000 mm/año y las zonas de menores lluvias están diseminadas en la cuenca baja del río Pamplonita y Zulía (municipios de Cúcuta, Villa del Rosario y Los Patios), el sector central de la cuenca del alto Catatumbo (Ocaña, La Playa y norte de Ábrego) y la Serranía de Santurbán, sector occidental de la cuenca del Orinoco (Silos, Cácuta y oriente de Pamplona y Pamplonita), con promedios anuales próximos a 1.000 mm. [18]

#### **2.4.1 Temperatura y Pisos Térmicos**

La radiación proveniente del sol es la energía que pone en funcionamiento todo el sistema climático en la Tierra. En Colombia, la radiación solar es constantemente alta durante todo el año a causa de su ubicación en el Ecuador geográfico. En términos generales, el gradiente térmico vertical GTV, o sea, la variación que experimenta la temperatura en un intervalo de elevación dado, es para Colombia aproximadamente  $0,6^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ . El gradiente de térmico para el Departamento de Norte de Santander al correlacionar la temperatura con la altura sobre el nivel del mar es de  $1^{\circ}\text{C}$  por cada 170 metros de diferencia altitudinal. [18]

En Norte de Santander, como consecuencia del dominio de relieves de montaña se tiene una variedad climática, desde el cálido a partir de 50 m.s.n.m., hasta el extremadamente frío (páramo alto) a más de 3.600 m.s.n.m., presentando amplias variaciones de temperatura que dan lugar a los diferentes pisos térmicos. [18]

El piso térmico cálido en el departamento está localizado entre los 50 y 1.000 m.s.n.m., con una zona de transición de 400 metros; la temperatura media anual es superior a  $24^{\circ}\text{C}$ , predomina en el norte y noreste del departamento, o sea en las subcuencas que integran la cuenca del Catatumbo y al occidente en la subcuenca de San Alberto y Cáchira del espíritu santo cubre prácticamente la mitad de la superficie departamental, alrededor del 49,3%. El piso térmico templado o medio comprende una faja altitudinal entre 1.000 y 2.000 m.s.n.m., con una zona de transición de 400 metros; la temperatura media anual está entre  $18 - 24^{\circ}\text{C}$  y ocupa un 27% de la superficie departamental. Y el piso térmico frío está entre los 2.000 y 3.000 m.s.n.m., con una zona de transición de 300 metros; la temperatura media anual va de los 12 a los  $18^{\circ}\text{C}$ . Cubre el 16% de la superficie departamental. [18]



**Figura 5. Temperatura media anual en el Departamento de Norte de Santander [19]**

## 2.5 APLICACIÓN DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS

Las observaciones meteorológicas (así como las ambientales y geofísicas afines) se realizan por diversas razones. Se utilizan para la preparación en tiempo real de análisis meteorológicos, predicciones y avisos de tiempo violento, para el estudio del clima, para las operaciones locales sensibles a las condiciones meteorológicas (por ejemplo, operaciones locales de vuelo en aeródromos o trabajos de construcción en instalaciones terrestres y marítimas), para la hidrología y la meteorología agrícola, y con fines de investigación meteorológica y climatológica. [13]



### **2.5.1 Usos de la información e investigación climatológicas**

Se están desarrollando nuevas técnicas y realizando trabajos de investigación con objeto de estudiar la aplicación del clima en muchos sectores, en particular, la agricultura, la selvicultura, los ecosistemas, la energía, la industria, la producción y distribución de bienes de consumo, la planificación técnica y la construcción, el bienestar humano, el transporte, el turismo, los seguros, la gestión de recursos hídricos y de desastres, la pesca y el desarrollo de las zonas costeras. Con el fin de que los climatólogos estén mejor capacitados para informar y asesorar a los usuarios y para responder a una miríada de cuestiones sobre el clima. [14]

La utilidad primordial de los datos sobre el clima y de las predicciones climáticas para planificarla atenuación de los desastres y el desarrollo sostenible y hacer frente a todas las consecuencias del cambio climático ya ha quedado firmemente establecida en varios convenios, tales como la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. [14]

### **2.5.2 La predicción del tiempo**

La predicción meteorológica puede realizarse mediante técnicas estadísticas, pero la forma más habitual, y la que normalmente ofrece mejores resultados, está basada en la resolución de las ecuaciones matemáticas correspondientes a las leyes físicas que describen el comportamiento de la atmósfera. Ahora bien, estas ecuaciones son de resolución ciertamente complicada, puesto que se trata de ecuaciones para las que no siempre existe una solución exacta que permita conocer los valores futuros de las variables. Por esta razón, los meteorólogos se ven obligados a recurrir a las llamadas técnicas de modelización numérica. Formalmente la predicción numérica del tiempo consiste en resolver de forma numérica un conjunto de ecuaciones diferenciales referidas a la conservación de la masa, de la energía y del momento en la atmósfera. [15]



# CAPÍTULO 3

---

Al inicio de la Tesis se dio a conocer que la estación meteorológica ya contaba con una etapa de instrumentación diseñada para 5 sensores de variables climáticas. Sin embargo se desconoce por completo el diseño y funcionamiento de dicha etapa, es por eso que este capítulo describe en detalle la ingeniería inversa que se aplicó al sistema de sensores de la estación meteorológica.

### **3. INGENIERIA INVERSA**

La ingeniería inversa consiste en recuperar el diseño de una aplicación a partir de mediciones eléctricas, documentación y demás técnicas con la finalidad de extraer información de la arquitectura del sistema, componentes que la conforman, conexiones y conocer en detalle su modo de operación.

#### **3.1 APLICACIÓN DE LA INGENIERIA INVERSA A LA ETAPA DE SENSORES DE LA ESTACION METEOROLOGICA.**

##### **3.1.1 Antecedentes de la etapa de sensores**

Se investigó en internet y la estación cuenta con todos sus sensores originales



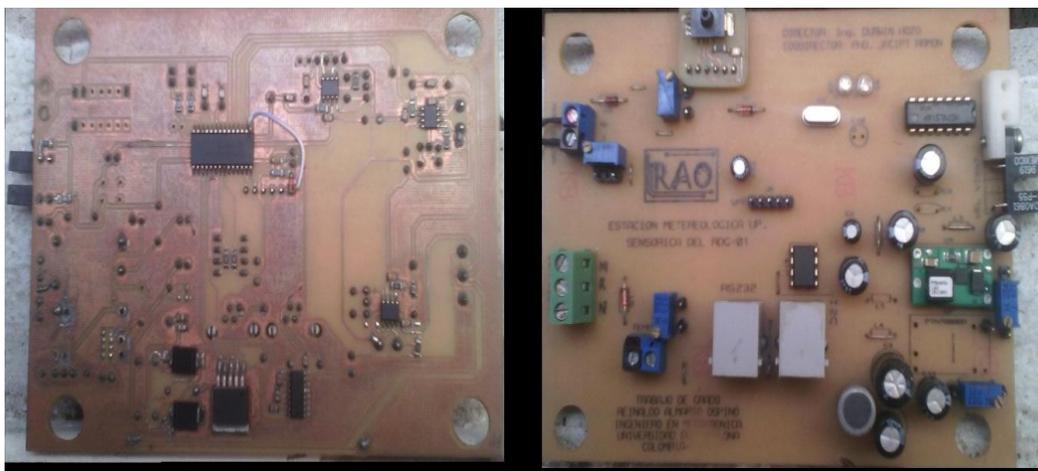
**Figura 6. Antecedentes originales de los sensores. [38]**

Solo hace falta uno el cual parece ser de humedad, la estación es de la marca qualimetrics Inc., Modelo 9601, fabricada en Estados Unidos. Pero no se encuentra un manual de usuario, ya que es necesario adquirir el producto completo, no menciona detalles de sus sensores porque la información se encontró en un foro donde venden estaciones meteorológicas que no funcionan, y sus partes sirven como repuestos.



**Figura 7. Interior del circuito original de sensores de la Estación meteorológica. [38]**

La estación fue adquirida para esta tesis en la fecha 8 de abril del 2016, al revisar el circuito, se observó que tenía un circuito diferente al original, en su impresión se encontró que la estación había sido parte de una tesis presentada por el estudiante REINALDO ALMARIO OSPINO, titulada “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA PARA EL MONITOREO DEL PH, CONDUCTIVIDAD, TEMPERATURA Y OXIGENO DISUELTU DEL AGUA”, presentada en el año 2011, comparado con la fecha actual hace 5 años. En la biblioteca de la universidad de Pamplona encontramos su tesis, pero lamentablemente no menciona nada acerca de esta etapa de sensores.



**Figura 8. Cara frontal y trasera de la etapa actual de sensores**



**Figura 9. Partes con las que cuenta inicialmente la Tesis**

La estación meteorológica en su estado actual cuenta con un trípode y 5 sensores de medición de variables climáticas, radiación solar, dirección del viento, velocidad del viento, temperatura y presión.

### 3.1.2 Componentes principales, conexiones y funcionamiento

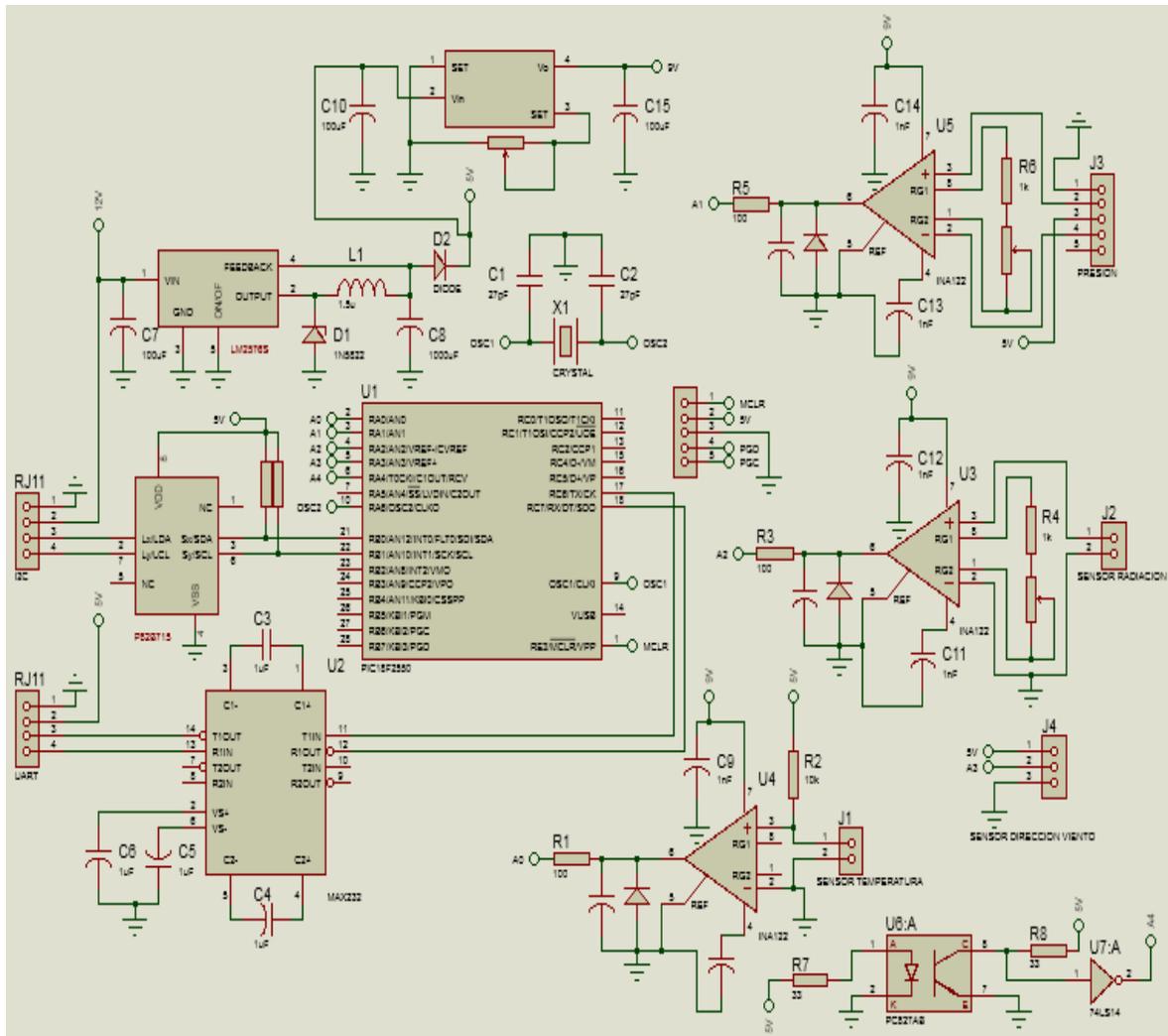
Se realizó un inventario de los componentes principales, para esto se investigó las características técnicas de cada dispositivo según su referencia, para comenzar se describe en la siguiente tabla los componentes necesarios para construir la etapa de instrumentación de los sensores, mencionando su nombre y descripción.

| Componente                | Descripción                            |
|---------------------------|--|
| <b>Rotary 6009</b>        | Sensor de Posición o Dirección         |
| <b>MPXM2102AS</b>         | Sensor de Presión o Barómetro          |
| <b>Mk 1-G Sol-A-Meter</b> | Sensor de Radiación Solar              |
| <b>Sin referencia</b>     | Sensor de velocidad                    |
| <b>Sin referencia</b>     | Sensor de Temperatura                  |
| <b>PTN04050C</b>          | Convertidor ajustable de salida amplia |
| <b>INA122</b>             | Amplificador de Instrumentación        |
| <b>HD74LS14</b>           | Convertidor Hex Schmitt Trigger        |

|                   |                                    |
|-------------------|------------------------------------|
| <b>HOA086X</b>    | Sensores transmisores              |
| <b>LM2576S</b>    | Regulador de conmutación           |
| <b>MAX232</b>     | Controlador/receptor TIA/EIA-232-F |
| <b>P82B715P</b>   | Bus Extensor I2C                   |
| <b>PIC18F2550</b> | Microcontrolador                   |

**Tabla 1. Inventario de componentes de la etapa de sensores**

Se realizó la medición de continuidad de cada una de las pistas del circuito y se pasó el diseño al simulador, se observó que el sensor de temperatura no tiene ninguna referencia lo cual dificulta conocer sus características y modo de funcionamiento, el resto del diseño se observa en la siguiente figura.

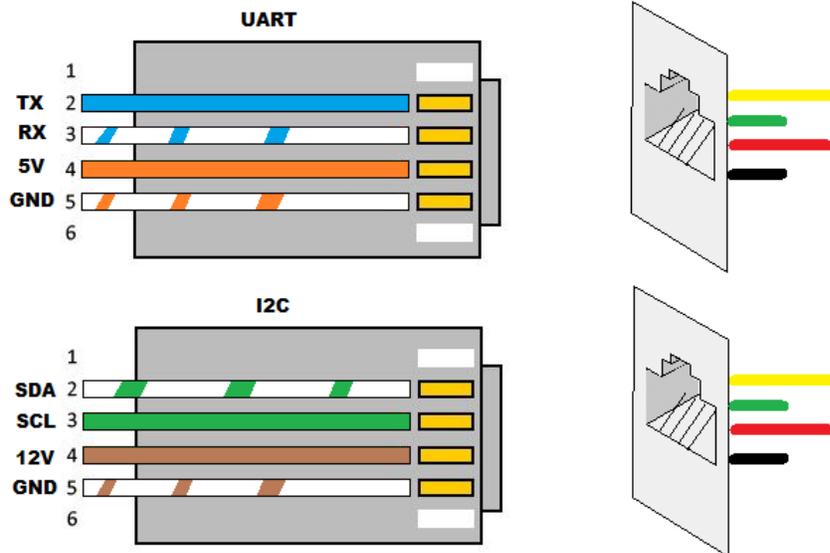


**Figura 10. Diseño en el simulador Proteus de la etapa sensorica.**

Se encontró en el microcontrolador PIC18F2550 un código hexadecimal el cual se exportó al computador para una prueba de simulación y conocer su funcionamiento. Se pudo concluir que el microcontrolador al implementar las líneas Tx y Rx del módulo UART, y las líneas SDA y SCL del módulo I2C, al ejecutar la simulación se observó en los dispositivos de medición virtual de transmisión de datos que no realizaba ninguna acción, sin importar que estuviese realizando el muestreo, esto da como conclusión de que la etapa de sensores de las variables climáticas es operada por un microcontrolador en modo esclavo, el cual debe primero recibir una orden para transmitir la información y sincronizar el envío.

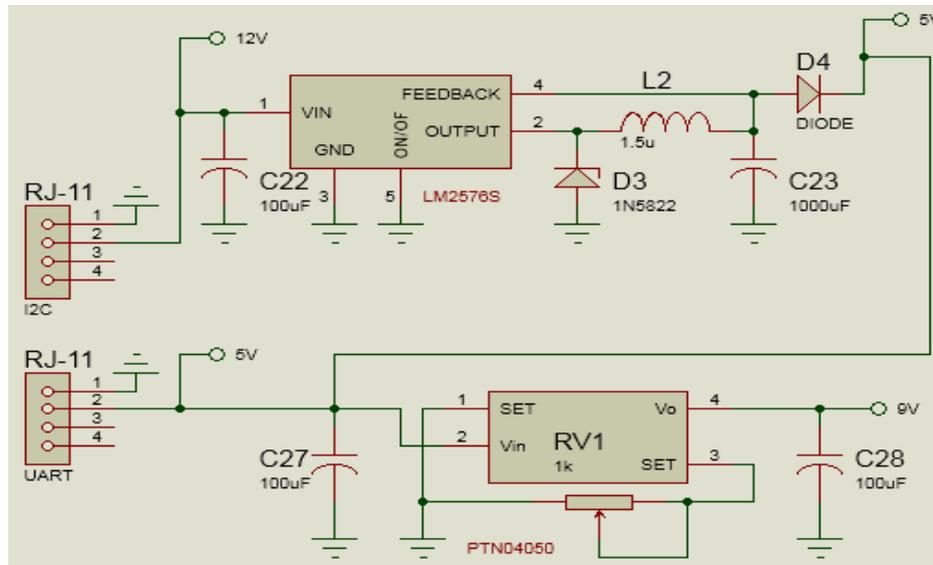
### 3.1.3 Alimentación de la etapa de sensores

El circuito cuenta con dos conectores RJ-11 Hembra, cada conector cuenta con 4 líneas de las cuales el conector implementado para la comunicación UART, maneja las líneas de (Rx, Tx, 5V, GND), el conector implementado para la comunicación I2C maneja las líneas de (SDA, SCL, 12V, GND).



**Figura 11. Conexión de los conectores RJ-11**

La tensión de 12V entra a un regulador de conmutación llamado LM2576S, El cual disminuye la tensión a 5V, para alimentar todos los componentes que funcionen con ese valor de tensión como el microcontrolador, el max232, sensores y demás elementos.



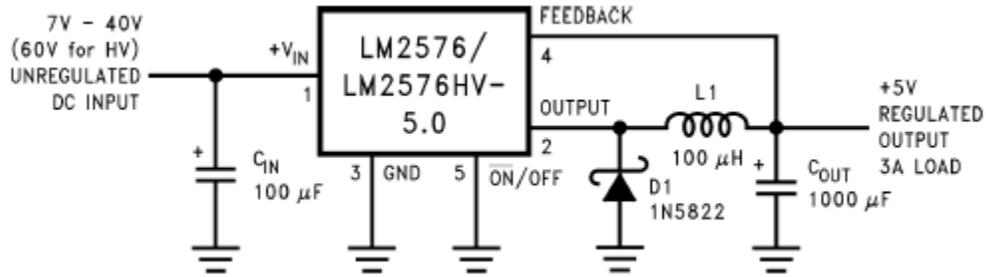
**Figura 12. Diseño de alimentación de los sensores**

Dentro del diseño existe un componente llamado PTN04050C que es un Convertidor ajustable de salida amplia, el cual toma la tensión de 5V y la aumenta a 9V, cuya tensión es necesaria para alimentar los amplificadores operacionales de instrumentación.

### 3.1.4 Configuración de los componentes de la etapa de alimentación

El primer componente es el LM2576S, este regulador es ideal para aplicaciones donde se manejen corrientes mayores a 1 A, entre sus características encontramos:

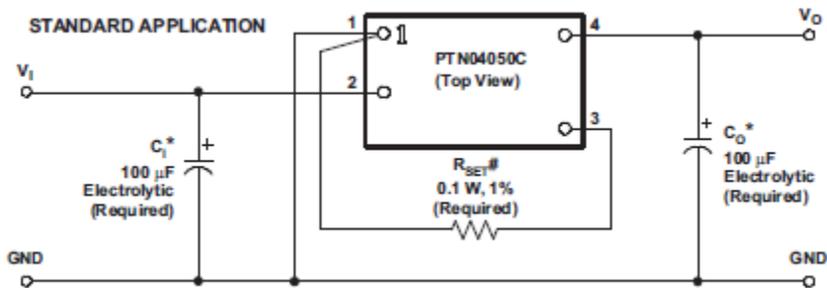
- Soporta cargas de 3 A. [29]
- En su entrada maneja tensiones de 7V hasta 40V. [29]
- Oscilador interno de frecuencia fija de 52 kHz. [29]
- Capacidad de apagado TTL, bajo consumo de energía La serie LM2576 ofrece una alta eficiencia. [29]
- Cambio de modo para los reguladores lineales de tres terminales populares. Reduce sustancialmente el tamaño del Disipador de calor de alta eficiencia, y en algunos casos no hay. [29]
- Utiliza Inductores Estándar Lisiblemente Disponibles requeridos. Requiere sólo 4 componentes externos incluyen compensación de frecuencia interna y una frecuencia fija oscilador. [29]



**Figura 13. Típica conexión del regulador LM2576S. [29]**

Después de regularse la tensión se implementa el componente llamado PTN04050C cuyas características son:

- Potencia de salida de hasta 12 W. [30]
- Amplio rango de voltaje de entrada y aplicaciones de uso general (2,95 V a 5,5 V). [30]
- Ajuste de voltaje de salida ancho (5 V a 15 V). [30]
- Alta Eficiencia (Hasta 90%). [30]
- Temperatura de funcionamiento: -40 ° C a 85 ° C. [30]

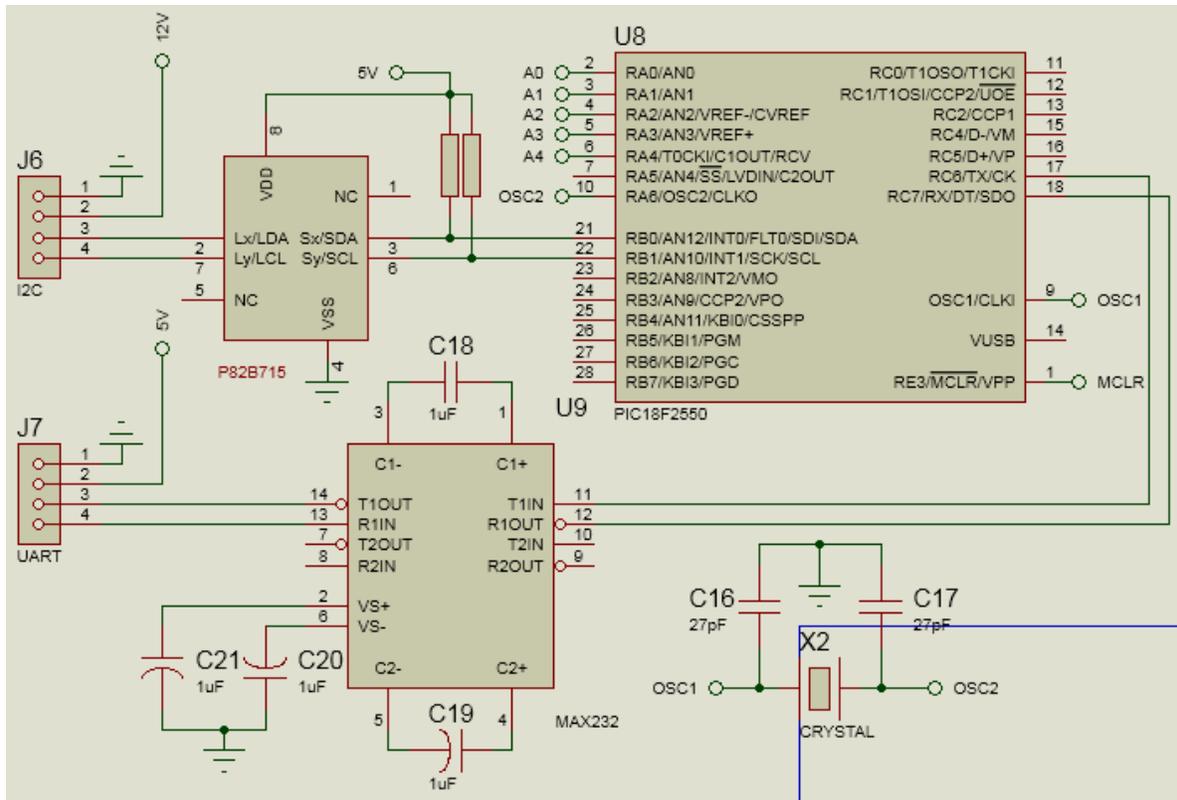


**Figura 14. Típica conexión del PTN04050C. [30]**

Para profundizar más acerca de cada componente puede dirigirse a las referencias bibliográficas y datasheet.

### 3.1.5 Forma de transmitir la Información en la etapa de sensores

Partimos de que el encargado de tomar las muestras es el PIC18F2550, el cual usa dos de sus módulos, el UART y el I<sup>2</sup>C, se desconoce las ordenes que ejecuta para la sincronización de la información y no se sabe si hace uso de los dos módulos para transmitir la información ya que da pie a muchas suposiciones en esta parte solo se describirá el hardware, y componentes.



**Figura 15. Circuito encargado de transmitir la información en la etapa de los sensores.**

Como podemos observar en la figura, el PIC18F2550 lleva conectado a sus pines 21 y 22, resistencias de pull up, estos son pines destinados para las líneas SDA y SCL de la comunicación I<sup>2</sup>C, y van conectados a un componente llamado, P82B715.

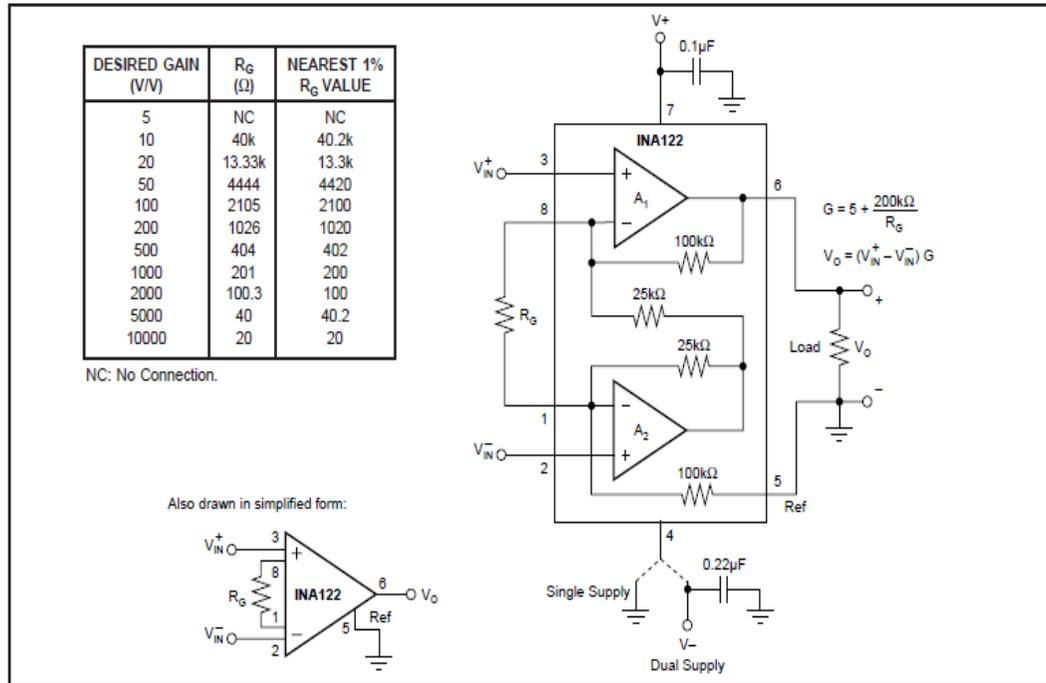
El propósito del P82B715 en el sistema de sensores es poder expandir el alcance de la comunicación I<sup>2</sup>C de centímetros a metros sin que la transmisión de la información se vea afectada.

Para realizar la comunicación con otro microcontrolador usando este sistema es necesario tener dos P82B715.

El segundo módulo de transmisión y recepción es la UART, que se encuentra en los pines 17 y 18, Tx y Rx, estos van conectados al integrado llamado MAX232, el cual convierte los niveles TTL a CMOS, para establecer comunicación con ordenadores o dispositivos periféricos que tengan conectores RS232 como GPRS, GSM, etc.

### 3.1.6 Configuración del amplificador de instrumentación INA122

El INA122 es un amplificador de instrumentación de precisión para la adquisición precisa de la señal diferencial de bajo ruido. [33]



**Figura 16. Conexión básica del INA122. [33]**

Una sola resistencia externa ajusta la ganancia de 5V / V a 10000V / V. Entre sus características técnicas tenemos:

- BAJA CORRIENTE QUIESCENTE: 60 mA
- GAMA DE SUMINISTRO DE ALIMENTACIÓN AMPLIA Suministro único: 2.2V a 36V. Alimentación Dual: -0.9 / + 1.3V a ± 18V
- GAMA DE MODO COMÚN PARA (V -) - 0.1V
- BALANZA DE SALIDA RAIL-TO-RAIL
- TENSIÓN BAJA DE DESPLAZAMIENTO: 250mV máximo
- BAJA DESPLAZAMIENTO: 3mV / ° C máx.
- CORRIENTE DE ENTRADA BAJA: 25nA máx.
- DIP 8-PIN Y SO-8 SUPERFICIE-MONTAJE

La ecuación de ganancia del amplificador está en función de la resistencia R<sub>G</sub>:

$$G = 5 + \frac{200K}{R_G}$$

### 3.2 SENSOR DE TEMPERATURA

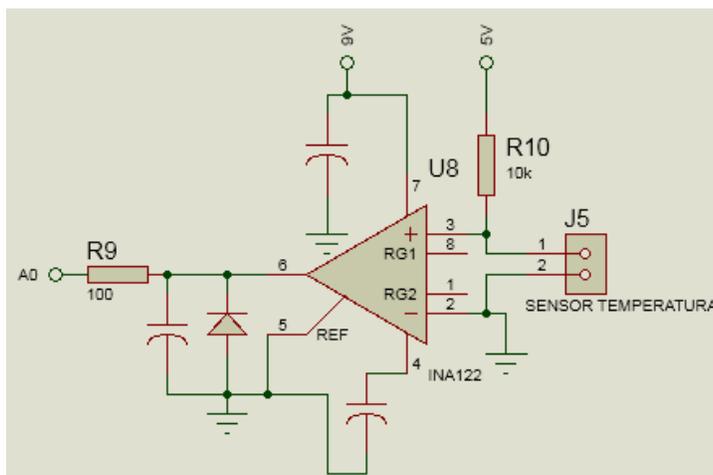
El sensor carece de referencia por lo cual no tenemos indicios de sus características eléctricas, debido a esto solo podemos mencionar lo que observamos empíricamente, el sensor se encuentra dentro de una carcasa de 7 capas que lo protege de la radiación y asegura una ventilación natural adecuada, lo cuida de la intemperie, polución, contaminantes, etc.



**Figura 17. Sensor de Temperatura.**

El sensor cuenta con 6 pines, de los cuales al momento de destapar la estación solo se encontraron conectados 2 de ellos, los de color verde.

#### 3.2.1 Etapa de Instrumentación del sensor de Temperatura.



**Figura 18. Instrumentación del sensor de temperatura.**

Como el amplificador no lleva resistencia RG la ganancia por defecto es de  $G=5$ , se realizaron mediciones de tensión del sensor antes de ingresar al amplificador para poder describir su comportamiento, pero nos dimos cuenta de que esta etapa de instrumentación no está 100% diseñada para tratar la señal de temperatura ya que deja 4 pines que se desconocen sin utilizar, que en el circuito original como se observa en la figura 15 se usan y llevan una circuitería, además la tensión presenta un comportamiento no lineal lo cual hace que al no tener referencias la medición sea desconfiable y poco precisa.

### 3.3 SENSOR DE DIRECCIÓN DEL VIENTO

El sensor de dirección del viento que tiene la estación consta de un potenciómetro el cual ajusta su valor de resistencia, dependiendo de la dirección. La referencia es 6009-2082 JDK, S/N 0356.

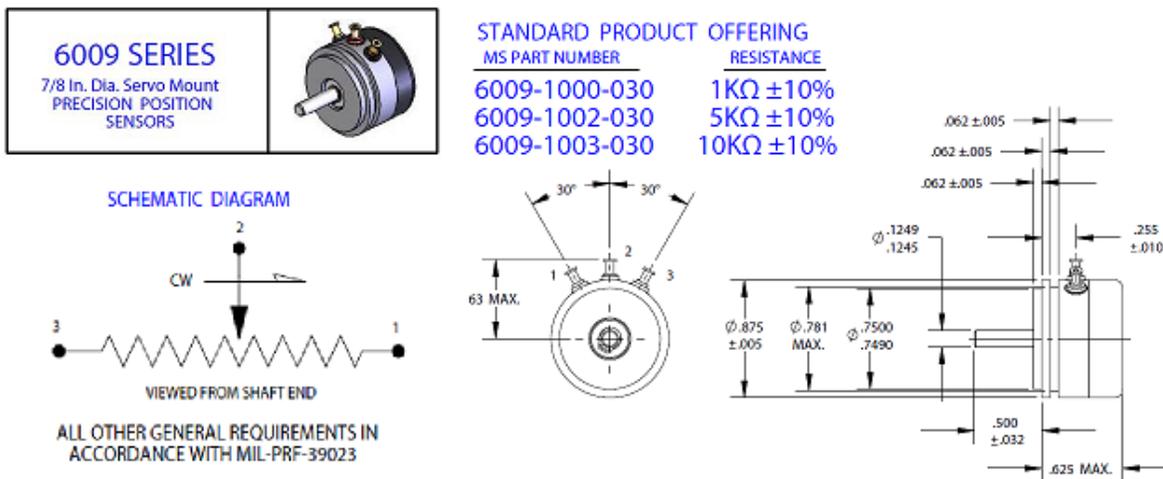


Figura 19. Esquema eléctrico y dimensiones físicas del sensor 6009 JDK. [34]

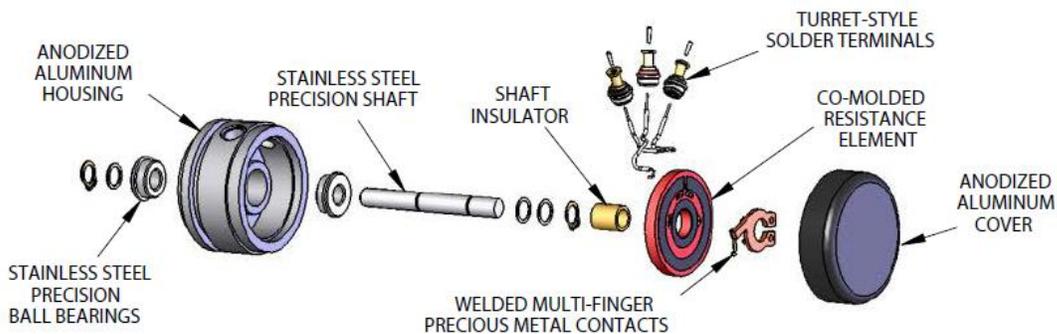


Figura 20. Contactos de metales preciosos soldados con multidigado. [34]



Entre sus características eléctricas tenemos:

- RESISTENCIAS ( $\pm 10\%$ ):  $1K\Omega$ ,  $5K\Omega$  y  $10k\Omega$ . [34]
- ÁNGULO ELÉCTRICO ACTIVO:  $340^\circ$ . [34]
- ÁNGULO DE CONTINUIDAD ELÉCTRICA:  $344^\circ$  MIN. [34]
- LINEARIDAD INDEPENDIENTE:  $\pm 0,5\%$ . [34]
- VOLTAJE FINAL:  $0.5\%$  MAX. [34]
- RESOLUCIÓN DE VOLTAJE: VIRTUALMENTE INFINITO. [34]
- LÍMITE DE SALIDA:  $0.1\%$  MAX. [34]
- TEMPERATURA DE RESISTENCIA. COEFICIENTE:  $400PPM / ^\circ C$  MAX.
- CLASIFICACIÓN DE POTENCIA @  $70^\circ C$ :  $1.0$  WATT MAX. [34]
- CORRIENTE DE CONTACTO DEL ESMERIL:  $10$  mA MAX. [34]
- RESISTENCIA DIELECTRICA:  $750$  VRMS @  $60Hz$ . [34]
- RESISTENCIA A AISLAMIENTO:  $100$  M $\Omega$  MIN. @  $500VDC$ . [34]

### 3.3.1 Mediciones reales aplicadas al sensor

- Medición de su resistencia máxima, tomada de los pines 1 y 3 fue de  $4.64K\Omega$ .

$$\text{Error absoluto} = \text{Valor leído} - \text{Valor verdadero}$$

$$\text{Error absoluto} = 5K\Omega - 4.64K\Omega$$

$$\text{Error absoluto} = 360\Omega$$

$$\text{Error relativo} = \frac{\text{Valor leído} - \text{Valor verdadero}}{\text{Error Verdadero}}$$

$$\text{Error relativo} = \frac{360\Omega}{4.64K\Omega}$$

$$\text{Error relativo} = 0.0775$$

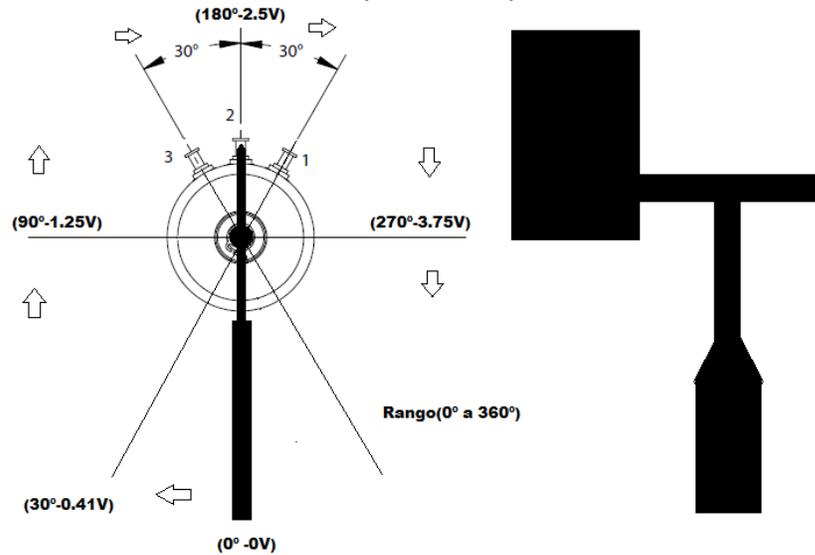
$$5K\Omega \pm 10\% = \pm 500\Omega$$

*Valor maximo comprendido en el rango de ( $5.5K\Omega - 4.5K\Omega$ )*

El valor medido de  $4.64K\Omega$  está dentro del rango especificado por el fabricante.

Se tomaron medidas exactas de los Ángulos que puede medir el sensor, se comparó con el datasheet del fabricante y no coincidieron los datos, el sensor 6009 tiene un alcance de medición de  $0^\circ$  a  $360^\circ$ , se tomaron

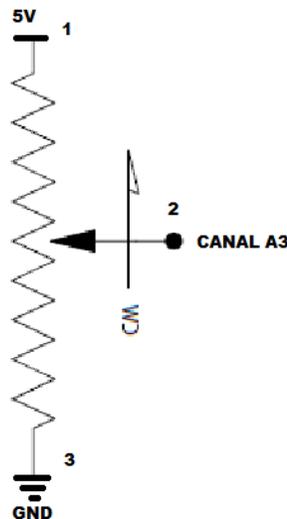
mediciones con una tensión de 5V y el comportamiento del sensor fue el mismo de un potenciómetro cualquiera, la tensión se dividió en 360° En la siguiente figura podemos observar las mediciones tomadas, y la posición en la que debe ubicarse el dispositivo para tener una toma de muestras coherentes con la dirección en la que se desplaza el viento.



**Figura 21. Ángulos de medición del sensor 6009-2082 JDK, teniendo en cuenta la posición de la veleta de viento.**

Se midió la tensión en los ángulos del rango de (344° a 360°) y se obtuvo una respuesta casi lineal en ese sector lo cual descarta su limitante.

### 3.3.2 Etapa de Instrumentación del sensor de Dirección del viento

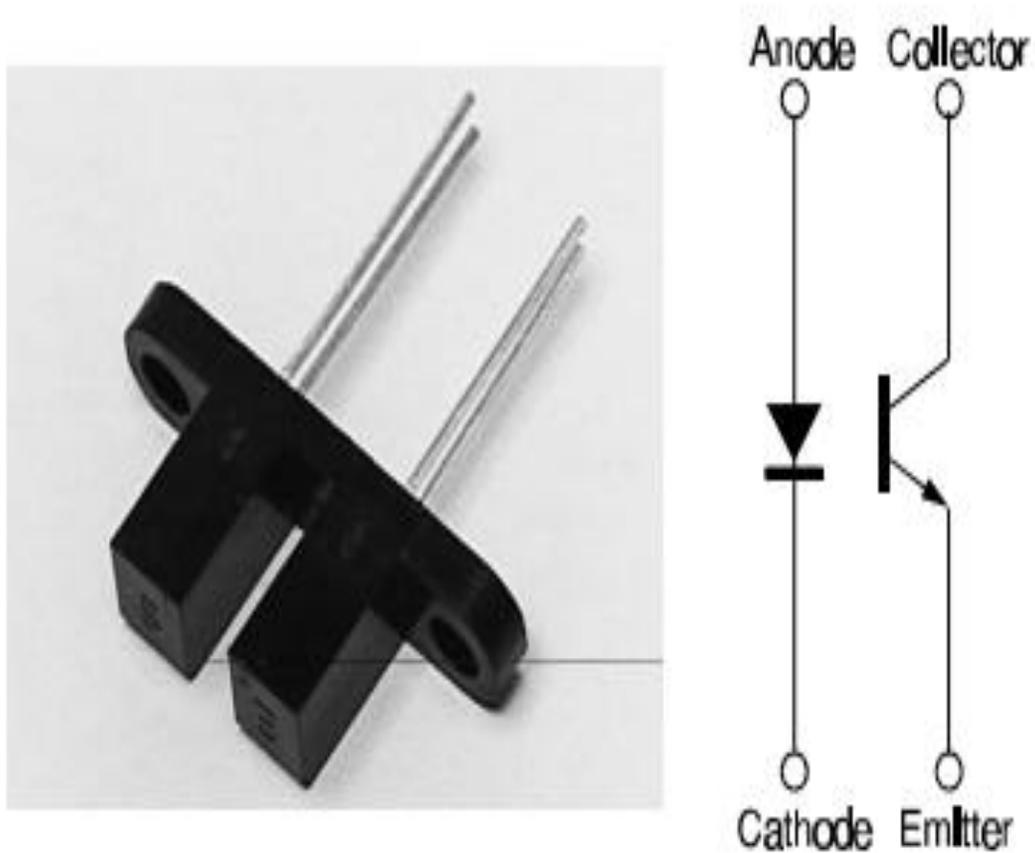


**Figura 22. Conexión del sensor de dirección del viento en el circuito.**

La conexión es muy sencilla y no requiere de una etapa de instrumentación como tal, su rango máximo de tensión es la que le proporcione el circuito, cercano a 5v.

### 3.4 SENSOR DE VELOCIDAD DEL VIENTO

El sensor para la velocidad del viento tiene la referencia HOA086X / 087X consta de un diodo emisor de infrarrojos frente a un fototransistor de silicio NPN envuelto en una carcasa termoplástica negra. La conmutación del fototransistor tiene lugar cada vez que un objeto opaco pasa a través de la ranura entre el emisor y el detector. [35]



**Figura 23. Sensor HOA086X para medición de la velocidad del viento. [35]**

En la siguiente tabla podemos encontrar sus características eléctricas:

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** (25°C unless otherwise noted)

| PARAMETER                               | SYMBOL        | MIN | TYP | MAX | UNITS         | TEST CONDITIONS  |
|---|---------------|-----|-----|-----|---------------|--|
| <b>IR EMITTER</b>                       |               |     |     |     |               |  |
| Forward Voltage                         | $V_F$         |     |     | 1.6 | V             | $I_F=20\text{ mA}$   |
| Reverse Leakage Current                 | $I_R$         |     |     | 10  | $\mu\text{A}$ | $V_R=3\text{ V}$   |
| <b>DETECTOR</b>                         |               |     |     |     |               |  |
| Collector-Emitter Breakdown Voltage     | $V_{(BR)CEO}$ | 30  |     |     | V             | $I_C=100\ \mu\text{A}$                                     |
| Emitter-Collector Breakdown Voltage     | $V_{(BR)ECO}$ | 5.0 |     |     | V             | $I_E=100\ \mu\text{A}$                                     |
| Collector Dark Current                  | $I_{CEO}$     |     |     | 100 | nA            | $V_{CE}=10\text{ V}, I_F=0$                                |
| <b>COUPLED CHARACTERISTICS</b>          |               |     |     |     |               |  |
| On-State Collector Current              | $I_{C(ON)}$   |     |     |     | mA            |  |
| Parameter A<br>(HOA0860/0865/0870/0875) |               | 0.5 |     |     |               | $V_{CE}=10, I_F=20\text{ mA}$                              |
| Parameter B<br>(HOA0861/0866/0871/0876) |               | 1.0 |     |     |               | $V_{CE}=5\text{ V}, I_F=10\text{ mA}$                      |
| Parameter C<br>(HOA0862/0867/0872/0877) |               | 1.8 |     |     |               | $V_{CE}=0.6, I_F=20\text{ mA}$                             |
| Collector-Emitter Saturation Voltage    | $V_{CE(SAT)}$ |     |     |     | V             |  |
| Parameter A<br>(HOA0860/0865/0870/0875) |               |     |     | 0.4 |               | $I_C=0.4\text{ mA}, I_F=20\text{ mA}$                      |
| Parameter B<br>(HOA0860/0866/0871/0876) |               |     |     | 0.4 |               | $I_C=0.8\text{ mA}, I_F=10\text{ mA}$                      |
| Parameter C<br>(HOA0862/0867/0872/0877) |               |     |     | 0.6 |               | $I_C=1.8\text{ mA}, I_F=20\text{ mA}$                      |
| Rise And Fall Time                      | $t_r, t_f$    |     | 15  |     | $\mu\text{s}$ | $V_{CC}=5\text{ V}, I_C=1\text{ mA}$<br>$R_L=1000\ \Omega$ |

**Tabla 2. Características eléctricas del sensor HOA086X. [35]**

El sensor de viento se implementa junto a un juego de cazoletas pero del cual se desconoce su referencia.

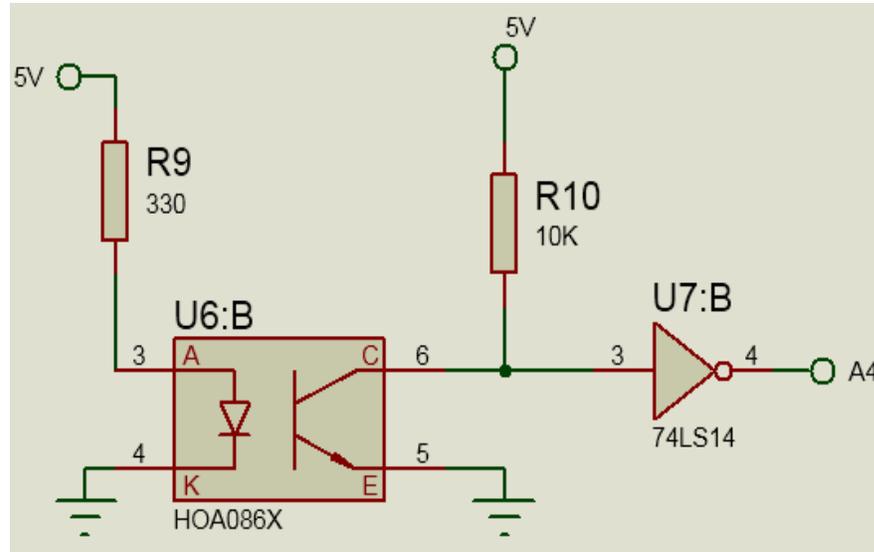


**Figura 24. Cazoletas y sistema para medición de velocidad del viento.**

El sistema cuenta con 3 cazoletas y una circunferencia con 30 pestañas para generar la detección de flancos por parte del sensor.

### 3.4.1 Etapa de Instrumentación del sensor de Velocidad del Viento

El colector lleva una resistencia de  $10K\Omega$  conectada a 5V, con el fin de que al pasar por uno de los huecos entre las pestañas de la circunferencia, el diodo emisor, polariza la base del transistor, generando en la salida una señal en bajo (0V), esta señal se pasa al buffer 74ls14 el cual convierte la señal del sensor, en un nivel TTL (0V o 5V), con la finalidad de que al entrar al canal A4 del microcontrolador sea detectado el cambio de estado lo mejor posible.



**Figura 25. Etapa de instrumentación del sensor de velocidad del viento.**

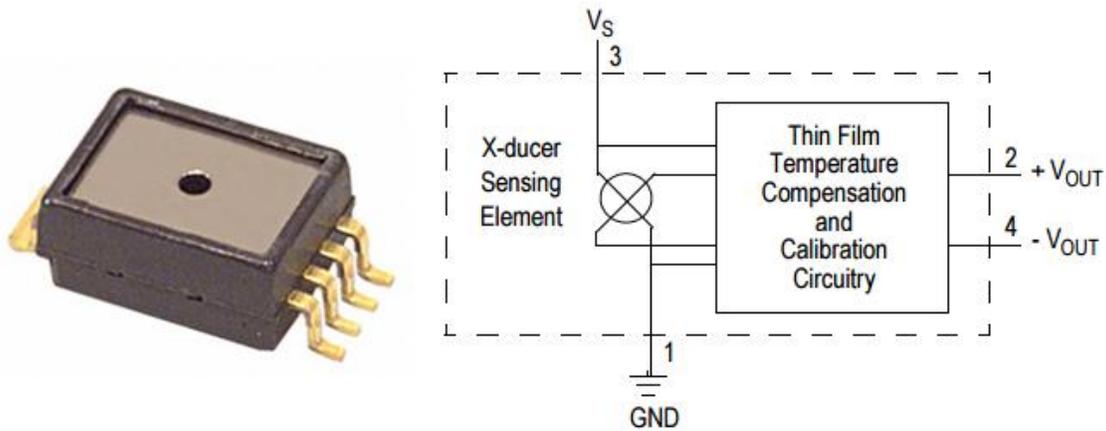
Se observa que para calcular una vuelta, el microcontrolador debe detectar 30 pulsaciones o cambios de estado, con esto se da inicio a la calibración del sistema.

### 3.5 SENSOR DE PRESIÓN

Usando el sensor de presión MPXM2102A se diseña un barómetro digital.

El sensor tiene compensación de temperatura y circuitos de calibración en el silicio y es capaz de producir una tensión de salida lineal en el rango de 0 a 100 kPa, pero puede ser empujado hasta 105 kPa con resultados lineales. Se utilizó una alimentación de 5 voltios a lo largo del circuito para alimentar los componentes. Dado que el MPXM2102A es la relación métrica, es decir, la tensión de salida cambia linealmente con la tensión de alimentación, el sensor tendrá una amplitud

de escala de 20 mV en lugar de los 40 mV especificados a una alimentación de 10 V. [36]



**Figura 26. Encapsulado del sensor MPXM2102A. [36]**

$$(V_S \text{ actual}/V_S \text{ spec}) \times V_{OUT} \text{ full-scale spec} = V_{OUT} \text{ full-scale}$$

$$(5.0 \text{ V}/10 \text{ V}) \times 40 \text{ mV} = 20 \text{ mV}$$

| Characteristic  | Symbol                             | Min          | Typ          | Max        | Unit       |             |
|-----------------|------------------------------------|--------------|--------------|------------|------------|-------------|
| Pressure Range  | $P_{OP}$                           | 0            | —            | 100        | kPa        |             |
| Supply Voltage  | $V_S$                              | —            | 10           | 15         | Vdc        |             |
| Supply Current  | $I_O$                              | —            | 6.0          | —          | mAdc       |             |
| Full Scale Span | $V_{FSS}$                          | 38.5         | 40           | 41.5       | mV         |             |
| Offset          | $V_{off}$                          | -1.0<br>-2.0 | —            | 1.0<br>2.0 | mV         |             |
| Sensitivity     | MPX2102D Series<br>MPX2102A Series | —            | 0.4          | —          | MV/kPa     |             |
| Linearity       | MPX2102D Series<br>MPX2102A Series | —            | -0.6<br>-1.0 | —          | 0.4<br>1.0 | % $V_{FSS}$ |

**Tabla 3. Características eléctricas del sensor MPXM2102A con un  $V_S=10V$ . [36]**

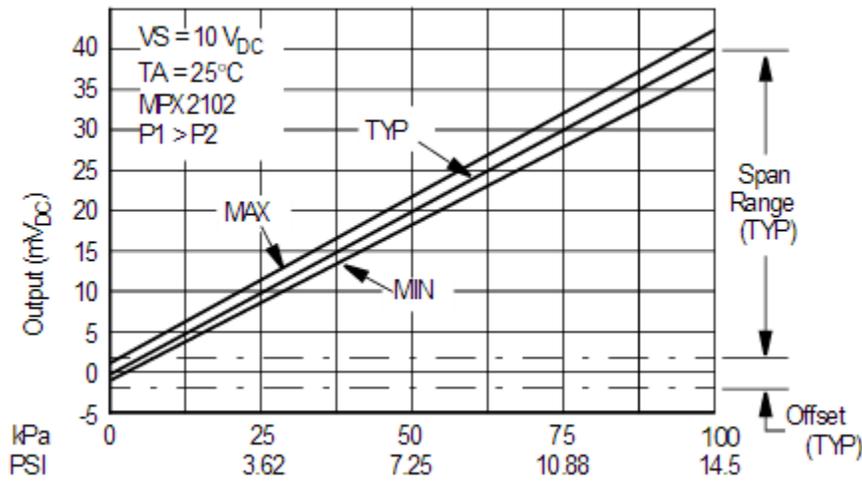
Estas características son con una alimentación de 10V, el fabricante sugiere que al usar una fuente de 5V para alimentar el sensor, se divida a la mitad los valores de la tabla, además da un ejemplo del voltaje de salida usando una alimentación de 5V.

$$V_{OUT} = (\text{Presión aplicada} * \text{sensibilidad}) \pm \text{compensación} \quad [36]$$

$$V_{OUT} \text{ a } 64KPa = \left(64KPa * \frac{0.2mV}{KPa}\right) - 1mV = 11,32mV$$

$$V_{OUT} \text{ a } 105KPa = \left(105KPa * \frac{0.2mV}{KPa}\right) + 1mV = 21mV$$

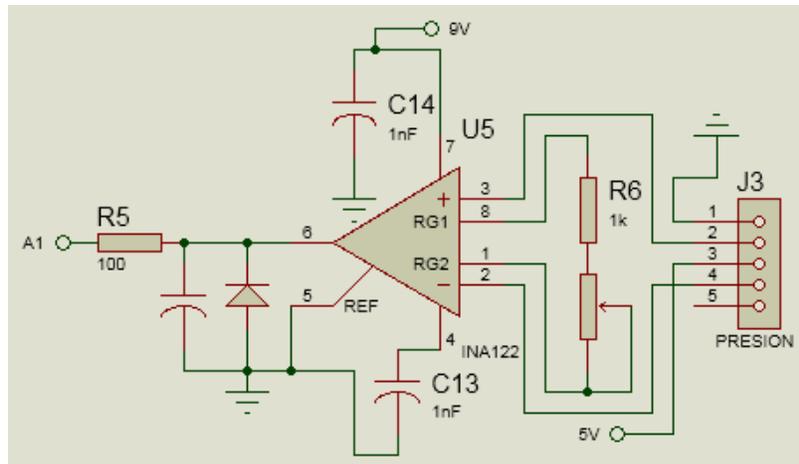
Se encontró que estos valores eran de 11,32 mV a 22,79 mV de salida diferencial del sensor. [36]



**Figura 27. Salida Vs Presión diferencial. [36]**

La figura muestra las características de salida de la serie MPX2102 a 25 ° C y Vs de 10V. La salida es directamente proporcional a la presión diferencial y es esencialmente un desplazamiento de línea recta

### 3.5.1 Etapa de Instrumentación del sensor de Presión



**Figura 28. Circuito de instrumentación del sensor de Presión**

Este circuito implementa el amplificador de instrumentación INA122 ya que como vimos en la sesión 3.1.5, internamente tiene un circuito restador, y amplifica la



esta diferencia, lo cual lo hace ideal para esta etapa de censado, ya que la salida  $V_{OUT}$  es pequeña, en teoría sin amplificación de la señal tenemos escala máxima de 20mA, por eso para que exista una buena lectura por parte del microcontrolador la ganancia del sistema está dada por:

$$G = 5 + \frac{200K}{R_G}$$

$$G = 5 + \frac{200000}{2250}$$

$$G = 5 + 88.88888889$$

$$G = 93.88888889$$

$$V_{OUT} = ((Presión\ aplicada * sensibilidad) \pm compensación)G$$

$$V_{OUT} a\ 64KPa = (11,32mV) * 93.88888889$$

$$V_{OUT} a\ 64KPa = 1.062822222\ V$$

### 3.6 SENSOR DE RADIACIÓN SOLAR

El Mk 1-G Sol-A-Meter es un piranómetro resistente a la intemperie (por radiación total tanto de sol y el cielo). La sensibilidad estándar es de 50 mV por caloría / cm<sup>2</sup> · min. (2,5 o 5 mV por caloría / cm<sup>2</sup> · min. Bajo petición). La impedancia es de 1,0 Ω (0,05 y 0,10 Ω a 2,5 y 5,0 mV / calorías / cm<sup>2</sup> · min., Respectivamente). La precisión es de ± 5%. La base es de 5 pulgadas de diámetro. El peso del envío es 1 ½ lbs. Entre sus características tenemos:

- Respuesta espectral: 0,35-1,15. [37]
- micrones Precisión: ± 5%. [37]
- Compensación de temperatura: de 40 a 140 ° F. [37]
- Respuesta completa Tiempo de Escala: <1 ms. [37]
- Tamaño: 5 "de diámetro x 2" de altura. [37]
- Peso: 12 onzas. [37]

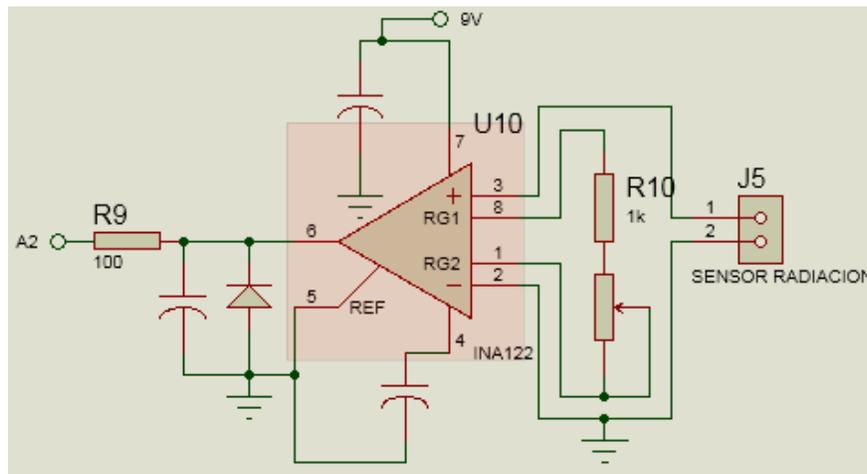


**Figura 29. Mk 1-G Sol-A-Meter PIRANOMETRO (RADIACION SOLAR). [37]**

El Mk 1-G Sol-A-Meter es un piranómetro célula fotovoltaica de silicio con una respuesta espectral de 0,35 micras a 1,15 micras con una sensibilidad máxima a 0,85 micras. Se calibra para todo el espectro solar en comparación con un radiómetro tipo termopila en la luz solar directa en los días claros. El estándar Mc 1-G está diseñado para funcionar con 0-100 mV (0-10 mV disponible si se desea) grabadoras, metros o de otros dispositivos de lectura con impedancia mínima de 100 ohmios (10 ohmios para 10 instrumentos mV). [37]

### 3.6.1 Etapa de Instrumentación del sensor de Radiación Solar

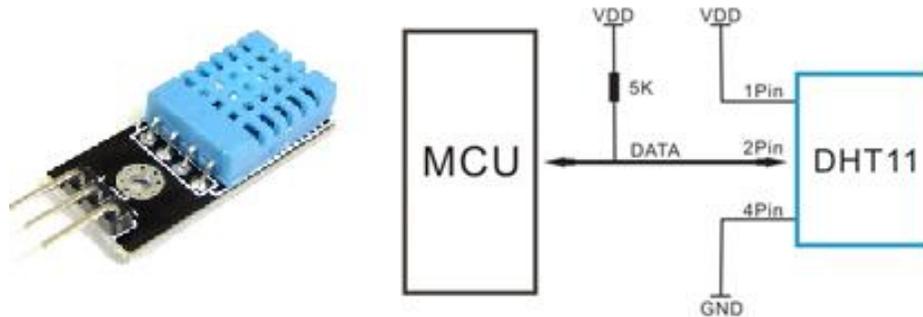
El sensor de radiación solar requiere de una etapa de amplificación, debido a su bajo valor de tensión de respuesta, la terminal negativa (pin 2) se manda a tierra con la finalidad de que el circuito solo amplifique la señal del sensor dependiendo del valor de RG.



**Figura 30. Circuito de instrumentación para el sensor de radiación solar.**

### 3.7 SENSOR DHT11

Las variables climáticas más significativas en la región fueron la temperatura y la humedad, es por eso que se implementó un sensor más en el sistema.



**Figura 31. Sensor de humedad y temperatura DHT11. [50]**

El DHT11 cuenta con un complejo sensor de temperatura y humedad con una salida de señal digital calibrada. Este sensor incluye un componente de medición de humedad de tipo resistivo y un componente de medición de temperatura NTC. [50].

Está estrictamente calibrado en el laboratorio que es extremadamente preciso en la calibración de humedad. Los coeficientes de calibración se almacenan como programas en la memoria OTP, que son utilizados por el proceso de detección de señal interna del sensor. La interfaz en serie de un solo hilo hace que la integración del sistema sea rápida y fácil. Su pequeño tamaño, bajo consumo de energía y transmisión de señal de hasta 20 metros lo convierten en la mejor opción para diversas aplicaciones, incluyendo las más exigentes. [50]

El formato de datos de un solo bus se utiliza para la comunicación y sincronización entre el MCU y el sensor DHT11. Un proceso de comunicación es de 4 ms. [50]

Los datos consisten en partes decimales y partes integrales. Una transmisión de datos completa es de 40 bits, y el sensor envía un bit de datos más alto primero. [50]

Formato de datos: 8 bits datos integrales de RH + 8 bits datos decimales RH + 8 bits datos T integrales + 8 bits datos T decimales + suma de 8 bits de verificación. Si la transmisión de datos es correcta, la suma de comprobación debe ser la última 8bit de "8bit datos de HR integrales + 8bit decimal RH datos + 8bit integral T datos + 8bit decimales T datos". [50]



# **CAPÍTULO 4**

---

En este capítulo se describe por completo el diseño y construcción del sistema de monitoreo inalámbrico, se realiza la ingeniería de detalle, selección de dispositivos, circuitos utilizados, modos de configuración y funcionamiento.



## 4. DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA

El sistema de una estación meteorológica tiene unos requisitos fijos, debe:

- Adquirir la información de las variables climáticas.
- Almacenar la información para generar un registro histórico y después pueda ser analizada.
- Transmitir, visualizar o generar un informe de los datos censados.

### 4.1 SELECCIÓN DEL SOFTWARE Y CEREBRO DEL SISTEMA.

Para el desarrollo de la tesis se quiere implementar un dispositivo que tenga las siguientes características:

- De precio económico y de fácil adquisición en las tiendas locales.
- En sus características técnicas pueda adaptarse a los diferentes protocolos de comunicación con dispositivos periféricos, como GPS, ordenadores, Pic, GLCD, micro SD, módulo wifi, etc.
- Comunicación USB
- Posea buena documentación e información.
- Al momento de diseñar la PCB brinde flexibilidad.

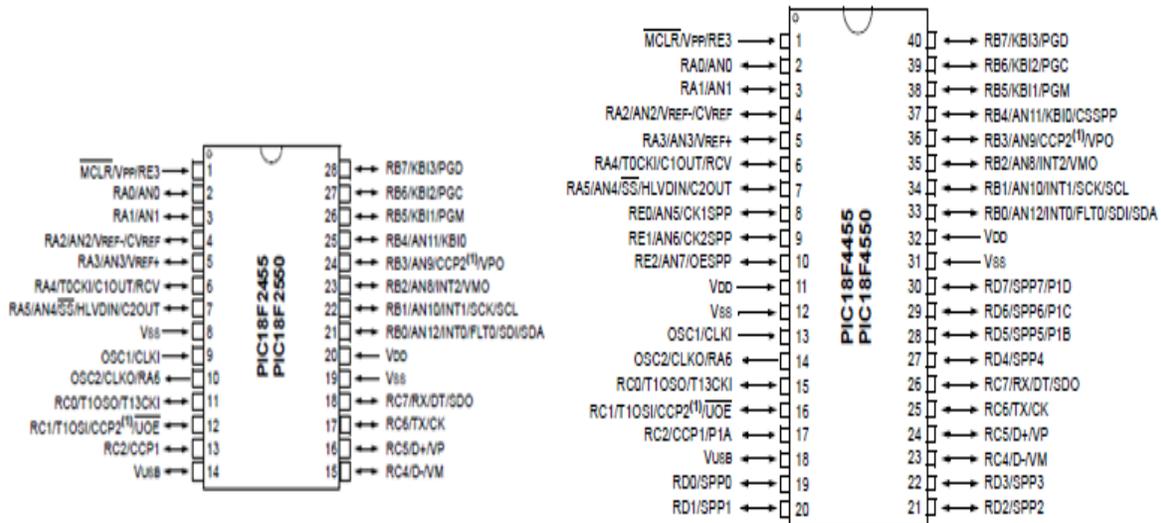
Los dispositivos a utilizar son los PIC18F2550 y PIC18F4550, de la empresa MICROCHIP, son dispositivos que se encuentran en abundancia en el mercado, a precios relativamente económicos, además de poseer cantidad de características que se adaptan a las necesidades de la tesis.

#### 4.1.1 PIC18F2550 Y PIC18F4550

El PIC18F2550 presenta las siguientes características que lo hace un microcontrolador echo para grandes prestaciones.

- Soporta USB 2.0 de alta velocidad (12Mbit / s). [39]
- La memoria de programa o ROM es del tipo Flash de 32KB. [39]
- La memoria de datos o RAM es de 2KB. [39]
- Memoria interna EEPROM de 256 Byte para almacenamiento de datos. [39]
- Los periféricos (I/O) pueden soportar y suministrar una corriente máxima de 25mA. [39]
- Tiene 4 módulos de temporizadores (Timer0 a Timer3). [39]
- Puede trabajar con de hasta 48MHz (12MIPS). [39]
- Presenta un juego de instrucciones de 75. [39]

- La memoria de programa permite 100.000 ciclos de borrado y de escritura. [39]
- La memoria EEPROM permite un 1.000.000 de ciclos de borrado y escritura. [39]
- Presenta 10 canales de conversión análoga digital con una resolución de 8 ó de 10 bits. [39]
- Incorpora un módulo de MSSP (Master Synchronous Serial Port) o puerto serial sincrónico maestro. Que soporta tres líneas de SPI (modo 4) e I2C como modo maestro o esclavo. [39]
- Tiene incorporado dos módulos CCP (Capture/Compare/PWM). [39]
- □ La memoria de programa y la memoria EEPROM pueden mantener la información por más de 40 años. [39]
- Configuración de oscilador doble que permite al microcontrolador y al módulo USB funcionar a diferentes velocidades de trabajo. [39]
- Dispone de tres interrupciones externas más una conjunta para el puerto B. [39]
- Nivel de prioridades para las interrupciones. [39]
- Arquitectura interna optimizada para usar un compilador de alto lenguaje de programación C. [39]
- Programación ICSP (*In Circuit Serial Programming*). [39]



**Figura 32. Encapsulado y patillaje del PIC18f2550 y PIC18F4550. [39]**

El PIC18F4550 presenta las mismas características del PIC18F2550 ya que pertenecen a la misma familia PIC18F, las únicas diferencias es que:

- Presenta 13 canales de conversión análoga digital con una resolución de 8 ó de 10 bits. [39]
- 1 Módulo de captura / comparación / PWM. [39]
- Puerto paralelo de transmisión (SPP). [39]



### **4.1.2 Compilador MIKROC PRO**

La programación de microcontroladores se basa en un código de máquina que es conocido como código ensamblador, este código contiene una a una las instrucciones del programa, este código ensamblador o también conocido como código assembler es minucioso, y tedioso de editar. El assembler crea códigos de programa extensos y de difícil comprensión. La creación de compiladores de alto nivel facilitó la edición y creación de programas en todo modo de programación lógica, es posible adquirir compiladores como el PICC, CCS, PIC Basic, entre otros. [23]

El compilador MikroC PRO, que es un compilador en lenguaje C para microcontroladores PICMicro de la familia 12F, 16F, y 18F. MikroC PRO es un paquete de software con una amplia variedad de ayudas y herramientas que facilita la creación de proyectos y aplicativos para los microcontroladores PICMicro. El estudio de este entorno de desarrollo es posible debido a que el estudiante puede descargar una versión demo o estudiantil, que tiene las mismas características de la versión completa, la única limitación es la dimensión del código de máquina que no puede exceder 2K bytes. [23]

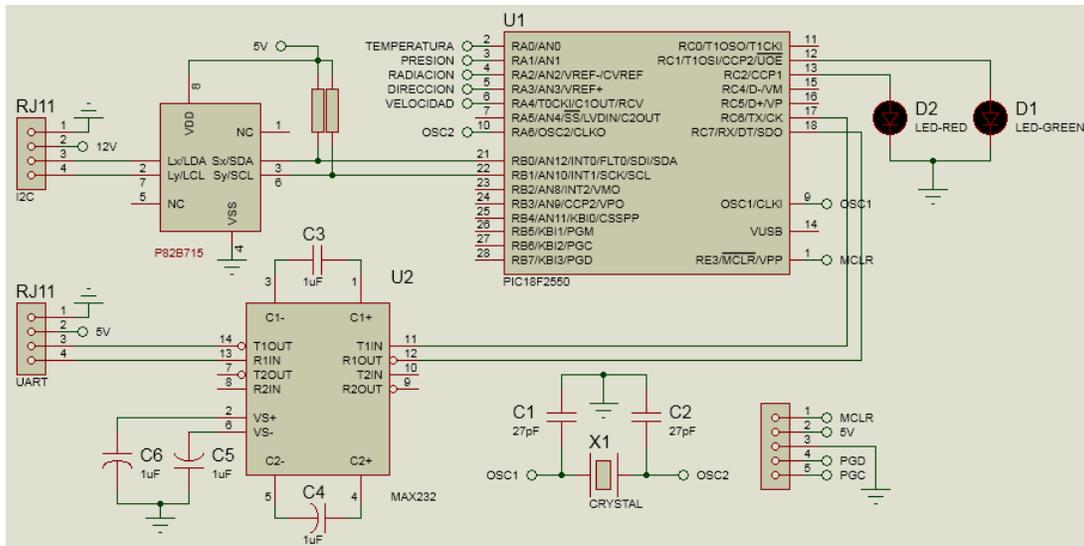
## **4.2 ETAPA 1**

En esta etapa pondremos a funcionar el circuito de sensores de la estación meteorológica, partiendo de la información del capítulo 3, trabajaremos sobre el microcontrolador PIC18F2550, el cual es el cerebro de la etapa de sensores.

### **4.2.1 Ingeniería de detalle de la etapa 1**

Como la estación ya cuenta con el hardware de los sensores, el siguiente paso es crear un código que ponga en funcionamiento los sensores y logre transmitir la información a la etapa 2 y 3. Existen dos formas de transmitir los datos en el circuito, usando el módulo UART o el módulo I<sup>2</sup>C, debido a que para implementar la comunicación I<sup>2</sup>C debemos por obligación tener el bus extensor P82B715, este integrado no se consigue tan fácil comercialmente, ni en el mercado local de pamplona norte de Santander o sus alrededores, usaremos el módulo UART del PIC18F2550 para el envío y recepción de la información.

Como ya contamos con el diseño de la etapa de sensores, observamos con detalle que pines del microcontrolador son usados, y partiendo de esa información calibraremos los sensores, y transmitiremos la información.



**Figura 33. Etapa 1**

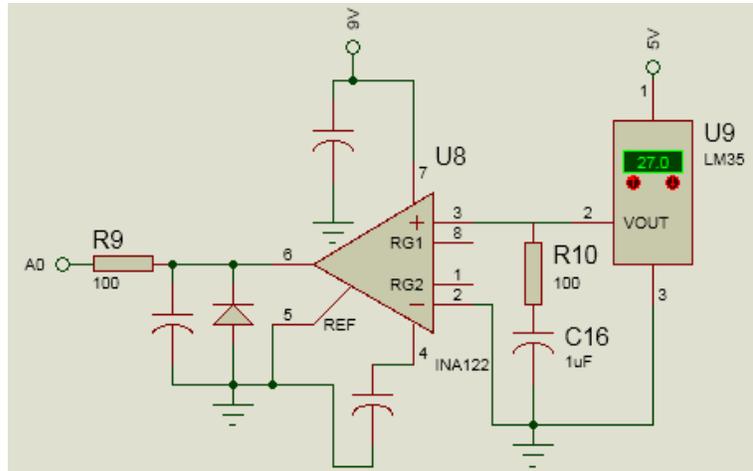
En la etapa existen 4 sensores que entregan una señal analógica, y 1 que entrega una señal de pulsos TTL:

- Sensor de temperatura al pin 2 (análogo A0).
- Sensor de presión al pin 3 (análogo A1).
- Sensor de radiación al pin 4 (análogo A2)
- Sensor de dirección del viento al pin 5 (análogo A3)
- Sensor de velocidad del viento al pin 6 (análogo A4/T0CKI/C1OUT).

La resolución del PIC18F2550 es de 10 bits, un conteo de 0 a 1023, esta será la resolución aplicada a los 4 primeros sensores, el sensor de velocidad también va conectado a un canal análogo pero no se usara con ese propósito, porque tiene la opción de manejar interrupciones y realizar un conteo con el módulo Timer del Pic, lo cual lo hace ideal para este sensor.

#### **4.2.2 Conversión análoga digital y calibración del sensor de temperatura.**

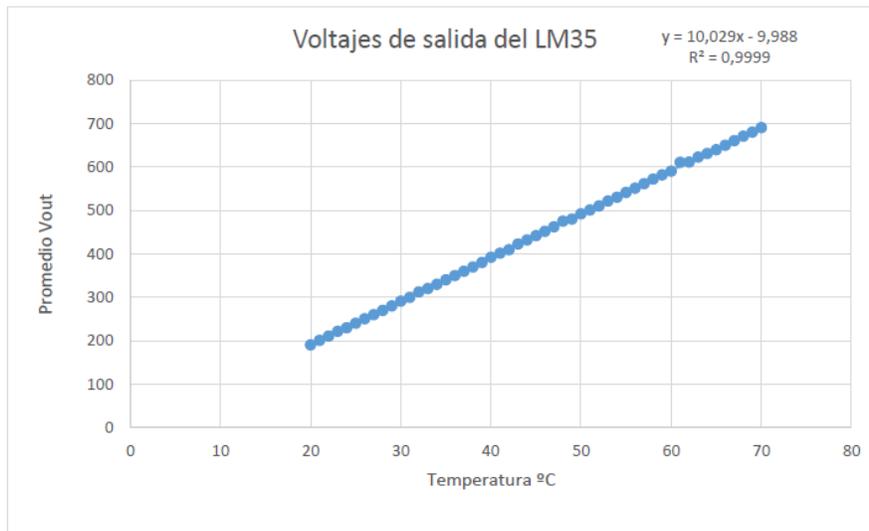
En el capítulo 3 observamos la gran cantidad de incógnitas del sensor de temperatura así que se tomó la decisión de hacer uso de un sensor del cual se conoce 100% su funcionamiento y se puede adaptar a la etapa de instrumentación operando de manera óptima, el sensor LM35, el cual es para aplicaciones estudiantiles pero debido al tiempo y al conocimiento que se tiene acerca de él, lo hace el mejor candidato, además de tener referencias de estaciones con implementación de dicho sensor para mediciones de temperatura ambiente.



**Figura 34. Etapa de instrumentación de temperatura usando el sensor LM35**

Características del sensor Im35:

- Impedancia baja. [40]
- Calibración directa en grados Celsius (ó Centígrados). [40]
- Factor de escala Lineal: 10 mV / °C. [40]
- Rango de operación –55 a 150°C. [40]
- Precisión de 0.9°C. [40]
- Apropiado para las aplicaciones remotas. [40]
- Bajo costo debido a la configuración externa empleada. [40]
- Tensión de funcionamiento de 4 a 30 voltios (dc)
- Consumo de potencia, menos de 60 uA. [40]
- Auto calefacción Baja, 0.08°C en ambiente normal. [40]
- Variación lineal de 1/4°C típicamente. [40]
- Rendimiento de impedancia de salida Bajo, 0.1omh para 1 mA de carga. [40]



**Figura 35. Grafica de la regresión lineal de los datos de temperatura y voltaje del LM35**



Partiendo de la linealidad del sensor de temperatura podemos sacar las siguientes relaciones:

$$V_{REFERENCIA} = 5V$$

$$Resolucion = \frac{V_{referencia}}{2^n - 1} = \frac{5V}{2^{10} - 1} = \frac{5V}{1023} = 4.887585533 \text{ mV}$$

$$V_{OUT} \text{ a } 1^\circ\text{C} = (10\text{mV}) * 5 = 50\text{mV}$$

$$N_{digital} = \frac{V_{entrada}}{Resolución}$$

$$N_{digital} = \frac{50 \text{ mV}}{4.887585533 \text{ mV}} \cong 10.23 = 10$$

$$1^\circ\text{C} = 10$$

$$^\circ\text{C} = \frac{1^\circ\text{C} * N_{digital}}{10}$$

$$^\circ\text{C} = 0.1 \text{ }^\circ\text{C}/\text{digital} * N_{digital}$$

Este es el valor por el que se debe multiplicar el dato digital de la conversión del ADC para obtener la temperatura en ( $^\circ\text{C}$ ).

#### **4.2.3 Conversión análoga digital y calibración del sensor de presión.**

El sensor de presión como veíamos en el capítulo 3 del libro tiene:

$$V_{OUT} = ((Presión \text{ aplicada} * sensibilidad) \pm compensación) * Ganancia$$

$$V_{OUT} \text{ a } 64\text{KPa} = (11,32\text{mV}) * 93.88888889$$

$$V_{OUT} \text{ a } 64\text{KPa} = 1.06\text{V}$$

Como la respuesta del sensor es lineal podemos aplicar una regla de tres para encontrar los demás valores, con la relación entre el valor digital con la presión aplicada de la siguiente manera:

$$V_{REFERENCIA} = 5V$$

$$Resolucion = \frac{V_{referencia}}{2^n - 1} = \frac{5V}{2^{10} - 1} = \frac{5V}{1023} = 4.887585533 \text{ mV}$$



$$N_{digital} = \frac{V_{entrada}}{Resolución}$$

$$N_{digital} a 64KPa = \frac{V_{entrada}}{Resolución} = \frac{1.062822222 V}{4.887585533 mV} \cong 217.453 = 217$$

$$V_{KPa} = \frac{64KPa * N_{digital}}{217}$$

$$V_{KPa} = 0.294930875 Kpa/digital * N_{digital}$$

Este sería el número con el que debemos multiplicar el valor ADC que convierte el microcontrolador, para obtener el valor de la presión en KPa.

Asumiendo de la hoja técnica del sensor el valor máximo que puede alcanzar es de 105KPa aproximadamente 2.13972 V que equivale al número 438, el rango de medida del sensor implementado del PIC18F2550 es:

$$Rango_{digital} = (0 - 438)$$

$$Resolución_{KPa} = 0.2949 KPa$$

$$Rango_{KPa} = (0 - 105)KPa$$

#### **4.2.4 Conversión analógica digital y calibración del sensor de radiación.**

La salida del sensor de radiación está en el rango:

$$V_{salida} = (0 - 100)mV$$

Donde podemos decir que:

$$10mV = \frac{1Caloria}{Cm^2} * min = 697W/m^2$$

$$G = 5 + \frac{200K}{R_G}$$

$$G = 5 + \frac{200K}{5.15K} = 43.83495146$$

$$V_{OUT} = (V_{salida}) * Ganancia$$

$$V_{OUT} a 697W/m^2 = (10mV) * 43.83495146 = 438.3495146 mV$$



## DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO INALÁMBRICO DE ALGUNAS VARIABLES CLIMÁTICAS

Ahora hacemos la relación entre voltaje de salida del amplificador con la resolución del PIC18F2550 y por último la relación entre el valor digital con el valor digital del ADC.

$$V_{REFERENCIA} = 5V$$

$$Resolucion = \frac{Vreferencia}{2^n - 1} = \frac{5V}{2^{10} - 1} = \frac{5V}{1023} = 4.887585533 \text{ mV}$$

$$N_{digital} = \frac{V_{entrada}}{Resolución}$$

$$N_{digital} \frac{697W}{m^2} = \frac{V_{entrada}}{Resolución} = \frac{438.3495146 \text{ mV}}{4.887585533 \text{ mV}} \cong 89.68631069 = 90$$

$$N_{W/m^2} = \frac{697W/m^2 * N_{digital}}{90}$$

$$N_{W/m^2} = 7.744444444W/m^2/digital * N_{digital}$$

Este es el valor por el que se debe multiplicar el valor digital para obtener su relación en  $W/m^2$

### **4.2.5 Conversión analógica digital y calibración del sensor de dirección.**

El sensor de dirección del viento es el más sencillo de los 5 sensores, ya que al funcionar como un potenciómetro normal solo queda distribuir los  $360^\circ$  en el rango de medida del PIC18F2550, sabiendo que la tensión de referencia es 5V.

$$V_{REFERENCIA} = 5V$$

$$Resolucion = \frac{Vreferencia}{2^n - 1} = \frac{5V}{2^{10} - 1} = \frac{5V}{1023} = 4.887585533 \text{ mV}$$

Usamos otra regla de 3 ya que el sensor tiene un comportamiento lineal, su salida de tensión es proporcional a la posición de la veleta del viento.

$$1^\circ = \frac{5V}{360^\circ} = 13.88888889 \text{ mV}$$

$$N_{digital} = \frac{V_{entrada}}{Resolución}$$



$$N_{digital} = \frac{13.88888889 \text{ mV}}{4.887585533 \text{ mV}} \cong 2.8416 = 3$$

Realizando la regla de 3:

$$N^\circ = \frac{N_{digital} * 360^\circ}{1023}$$

$$N^\circ = N_{digital} * 0.351906158^\circ/digital$$

Este sería el valor por el que se debe multiplicar el número digital de la señal para obtener la posición de la veleta en (°).

#### 4.2.6 Conversión análoga digital y calibración del sensor de velocidad.

La señal pulsante se envió a una interrupción externa (int2) ubicada en el pin 23 del PIC18F2550, para contar los pulsos detectados por el sensor de velocidad, seguidamente se usó el módulo Timer0 para llevar el tiempo que se tarde en realizar las vueltas.

Para calcular el tiempo del proceso que lleva el timer0:

$$F_{osc} = \text{Frecuencia externa del PIC (Cristal de cuarzo)}$$

$$F_{osc} = 20\text{MHz}$$

$$F_{int} = \text{Frecuencia del reloj interno de instruccuines}$$

$$F_{int} = \frac{F_{osc}}{4}$$

$$F_{int} = \frac{20\text{MHz}}{4} = 5\text{MHz}$$

$$F_{aumen} = \frac{F_{int}}{\text{Preescalar}}$$

$$F_{aumen} = \frac{5\text{MHz}}{2} = 2.5\text{MHz}$$

$$T_{aumen} = \frac{1}{F_{aumen}} = \frac{1}{2.5\text{MHz}} = 0.4 \text{ uSegundo}$$

Este es el tiempo que tarda en aumentar un valor, ejemplo de 0 a 1, ahora el Timer está configurado para aumentar hasta 65535, por lo cual el tiempo que demora en activarse la bandera de interrupción es:

$$T_{bandera} = 0.4\mu\text{Seg} * 65535 = 0.026214 \text{ segundos}$$

Para realizar el cálculo de cuantas interrupciones deben ocurrir para para que se cumpla el tiempo N de recoger los pulsos detectados por la interrupción externa sería:

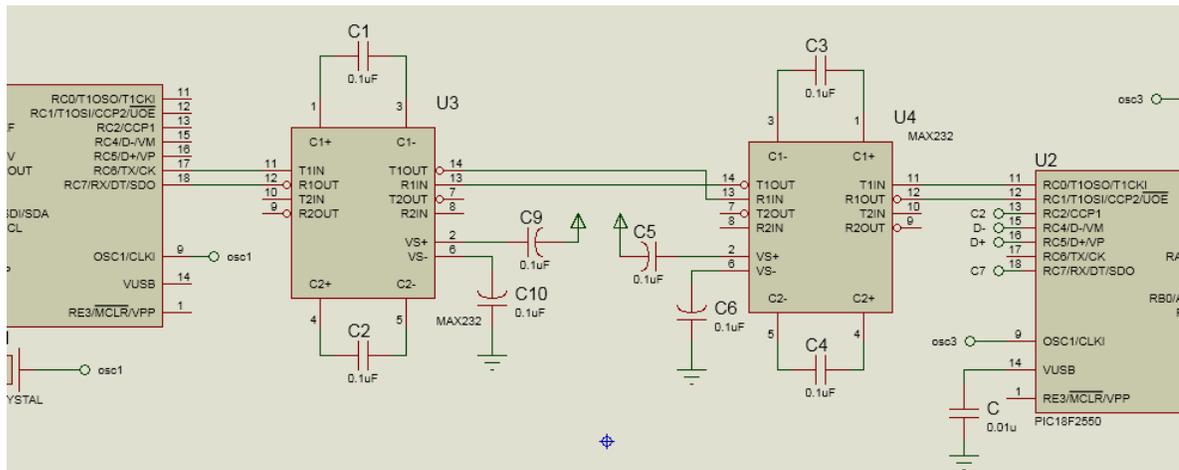
$$N_{interrpciones} = \text{Segundo} * 38.14755474$$

Este es el valor de las interrupciones que se deben contar para llevar el tiempo de muestreo de la velocidad del viento en segundos.

#### 4.2.7 Transmisión y sincronización de las variables climáticas usando el módulo UART.

Para la transmisión y recepción de la información se implementó otro PIC18F2550 el cual se describe en detalle en la etapa 2 del diseño, ambos hacen uso del módulo UART.

Para poder realizar la comunicación entre los Pic se diseñó el siguiente circuito donde se hace uso del max232 para acomodar las señales a nivel TTL.



**Figura 36. Circuito de comunicación entre la etapa1 y la etapa2.**

Debido a que el circuito de sensores tenía un max232 en su comunicación UART, probablemente tenía una conexión con algún dispositivo periférico

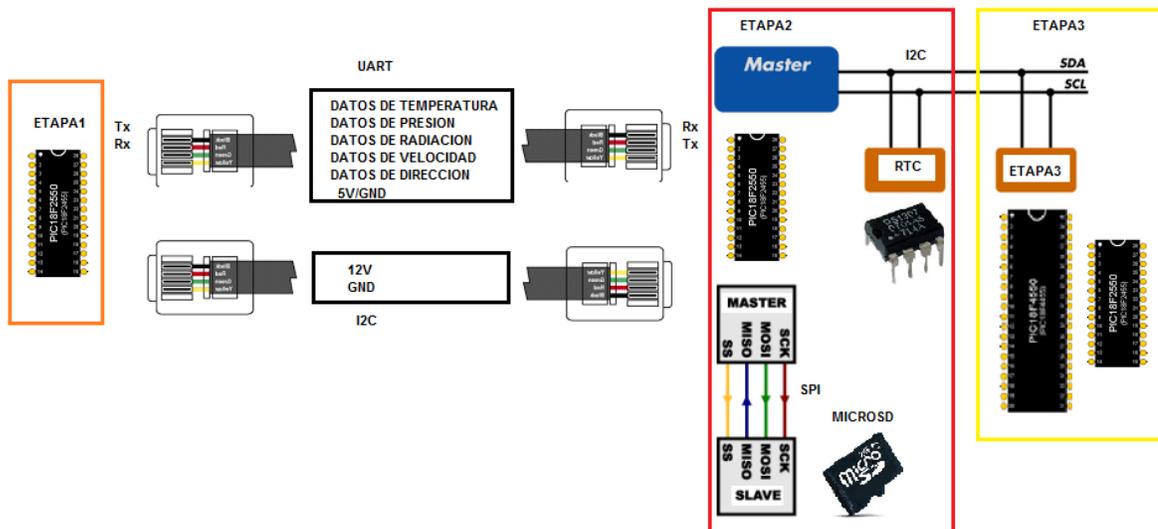
como un GPRS o GSM, de igual forma se usara en el nuevo diseño para la transmisión de las 5 variables climáticas.

### 4.3 ETAPA 2

En esta etapa se desarrolla el circuito que se encarga de recibir, almacenar y dar un formato a la información de las variables climáticas

#### 4.3.1 Ingeniería de detalle de la etapa 2

Para comenzar lo primero es realizar el código de recepción de la información, atreves del módulo UART, pero el sistema debe estar en la capacidad de generar un registro histórico de los datos para que puedan ser analizados, para ello vamos a emplear una memoria MICRO SD, se debe diseñar un circuito que pueda reconocer la memoria, y escribirla; MIKROC PRO da una ayuda con las librerías, la cuales piden como requisito que la MicroSD se trabaje en formato fat32, no solo basta con guardar los datos, se adiciona un reloj de tiempo real (RTC) este se encarga de generar la hora y fecha actual, por último el sistema debe conectarse con la etapa 3.

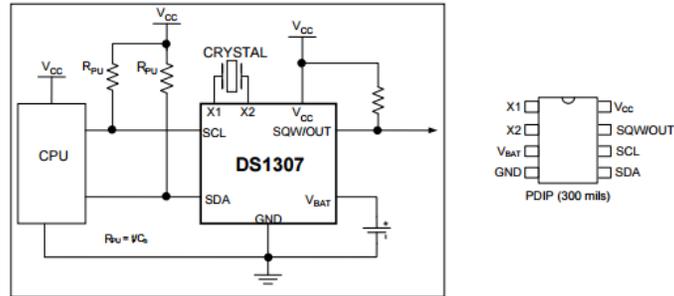


**Figura 37. ETAPA 1 y ETAPA 2.**

La memoria se comunica con el Pic mediante el protocolo SPI, y para consultar la hora y fecha se usa el protocolo i2c del cual se aprovecha para conectar la etapa 3 la cual consta de un PIC18F4550.

### 4.3.2 DS1307 Reloj en tiempo real (RTC)

Algunas aplicaciones requieren de un reloj en tiempo real, para tener dominio del tiempo de eventos, acciones, y demás. Este tipo de relojes son circuitos integrados con baterías propias, y cristales de cuarzo para definir las unidades de tiempo. Los relojes en tiempo real se comunican por medio del protocolo I<sup>2</sup>C. Una de las referencias comerciales más populares es el DS1307, que puede contar años, meses, días, hora, minutos, y segundos. [23]



**Figura 38. Pines y tipa conexión. [41]**

Este circuito integrado cuenta con dos pines de comunicación un pin de salida oscilante, y una entrada para la batería, además para fines prácticos cuenta con dos terminales para instalar un cristal de cuarzo de 32,768KHz. [23]

Entre sus características tenemos:

- Código binario decimal (BCD). [41]
- Provee los segundos, minutos, horas, día, mes, año y día de la semana. La duración de los meses se ajusta automáticamente, incluyendo compensación para los años bisiestos hasta el 2100. [41]
- Se ofrece la posibilidad de trabajar en formato de 24 o 12 horas con indicador de AM/PM. [41]
- Trabaja en un bus I<sup>2</sup>C. [41]
- permite tener el reloj actualizado y en funcionamiento en todo momento aunque el sistema se encuentre apagado. [41]

### 4.3.3 Formato FAT

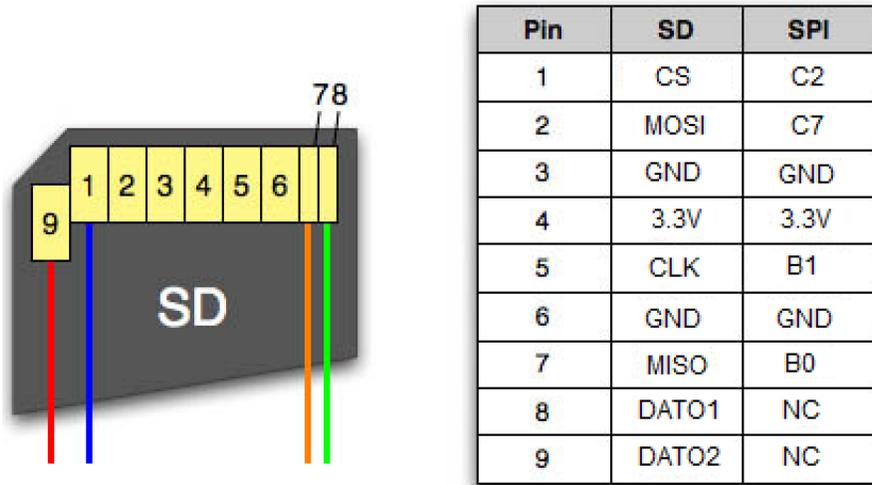
Para poder utilizar una tarjeta SD, esta debe estar “formateada”, es decir, su estructura lógica debe tener un formato de manera que el sistema operativo sea capaz de comprender su estructura y de trabajar con ella. Existen varios tipos de formato diferentes. Desde Windows, concretamente, podemos elegir entre 3 tipos de formatos diferentes: FAT32, NTFS y ExFAT. [42]

FAT16 al ser el formato más antiguo tiene sus ventajas, por ejemplo, que prácticamente cualquier dispositivo va a ser compatible con él, especialmente si estamos hablando de compartir archivos entre dos ordenadores. Por ejemplo, es posible copiar un archivo en una memoria USB formateada en FAT32 desde Windows y leer su contenido, por ejemplo, en un televisor, un móvil o una videoconsola, los cuales probablemente no sean compatibles con el privativo NTFS. [42]

Sin embargo, este sistema antiguo tiene una limitación muy grave, y es que no puede almacenar archivos de más de 4 GB.

**4.3.4 Memoria Micro SD y circuito implementando el Protocolo SPI**

Para poder usar el protocolo SPI de la manera más sencilla hacemos uso de las librerías de MIKROC PRO, primero se formatea la memoria en formato FAT, para darle una estructura a la memoria MicroSD, luego el PIC18F2550 tiene un módulo SPI el cual tiene unos pines específicos:



**Figura 39. Asignación de pines**

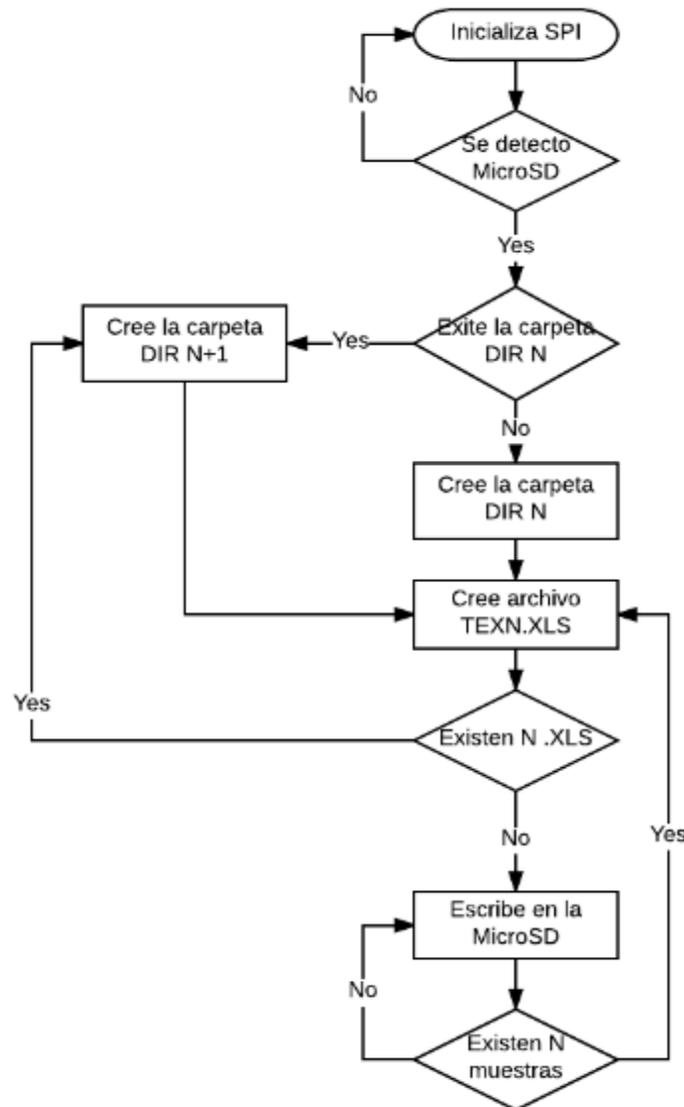
La MicroSD solo recibe valores de tensión con los niveles lógicos 0 (0V) y 1 (3.3V) ya que si recibe una tensión mayor a 3.3V se puede dañar la tarjeta SD, por eso se aplicó el siguiente diseño:



### 4.3.5 Secuencia de almacenamiento de los datos

Para almacenar la información en la MicroSD se decidió dar un formato en .XLS de Excel, al archivo que contendrá los datos, se podrá llevar un registro de ciertas cantidades de muestras por archivo Excel, se creara una carpeta cada cierta cantidad de archivos Excel para mantener un orden al momento de abrir los documentos, dentro de cada archivo se podrá encontrar la información de los 5 sensores y la fecha y hora en la que fue tomada la muestra.

Para guardar la información se realiza la siguiente secuencia:

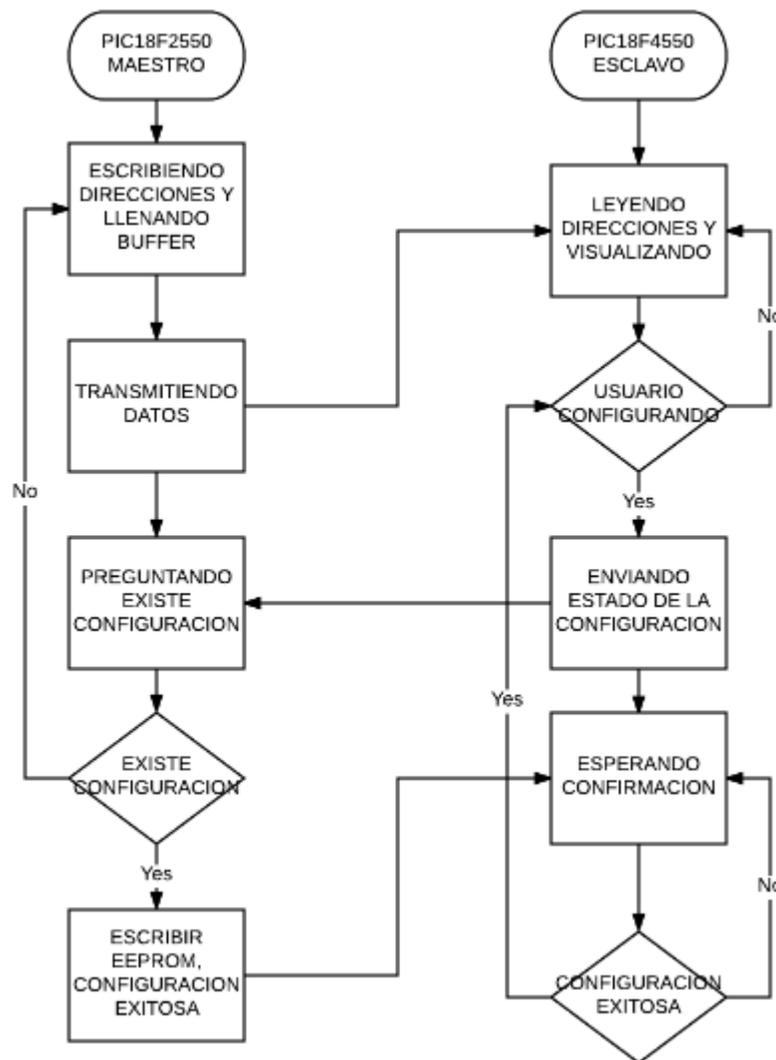


**Figura 42. Diagrama de flujo De la escritura en la MicroSD**

### 4.3.6 Memoria EEPROM del PIC18F2550

El microcontrolador tiene una capacidad destinada para la memoria EEPROM de 256 Bytes de la cual usaremos para guardar información de cantidad de muestras en la MicroSD, Tiempo de muestreo, cantidad de datos por archivo y cantidad de archivos por carpeta. Como MikroC pro contiene librerías para manejar la memoria EEPROM solo debemos digitar que posición de la memoria a usar, y el dato que queremos almacenar.

### 4.3.7 Comunicación y sincronización con la etapa 3 implementando Protocolo I<sup>2</sup>C



**Figura 43. Secuencia de sincronización de la etapa 2 y la etapa 3**

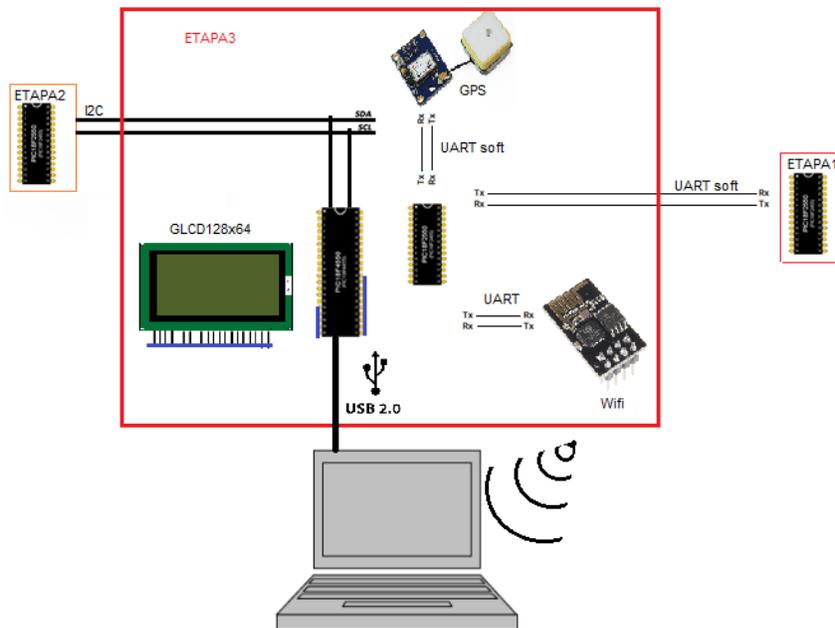
La comunicación I2C me permite manejar 32 direcciones de 1 byte de tamaño cada una, las direcciones que le envía el Pic maestro al esclavo llevan información de las variables climáticas, fecha, hora y cantidad de muestras de la MicroSD, además mira si el usuario a realizado alguna configuración, si existe configuración el esclavo le informa al maestro para que guarde los cambios y espera a que le envíe una confirmación de modificación exitosa para poder seguir con su secuencia de código.

### 4.4 ETAPA 3

En esta etapa se realizara el diseño de la visualización y transmisión inalámbrica wifi, se implementara un módulo GPS para dar al usuario la ubicación de la estación, y se realizara la comunicación con la interfaz HMI realizada en visual Basic mediante el modulo USB del microcontrolador.

#### 4.4.1 Ingeniería de detalle de la etapa 3

En primera instancia como ya tenemos los datos los podemos visualizar de varias maneras, una de ellas será en una pantalla GLCD; ya que dicha pantalla maneja 20 pines para su funcionamiento usaremos el PIC18F4550 el cual maneja esa cantidad de pines, y deja libre los demás para implementar los módulos I2C y el modulo USB.



**Figura 44. ETAPA 3**

Realizando el diseño y código, se observó problemas al momento de implementar en conjunto los módulos UART y USB de los PIC, es por eso que en esta etapa se utiliza otro PIC18F2550 el cual se encarga de los dispositivos que para su operación necesiten el módulo UART como el módulo wifi ESP8266 y el modulo GPS, otro problema fue que a pesar de que el PIC18F2550 tiene la misma configuración I2C en modo esclavo del PIC18F4550 no reconoce el código y al programarlo no realiza las ordenes. Por eso se optó por aprovechar de la etapa 1 la transmisión de los datos por la UART y conectarla a la UART de la etapa 3, este diseño tiene varias ventajas ya que en cuestión de programación se distribuye todo el trabajo entre varios PIC, esto reduce el tiempo de transmisión, y genera un flujo de datos más ordenado, además de un diagnóstico más rápido al momento de fallar.

#### 4.4.2 Visualización en la GLCD

Se diseñaron unas imágenes en el editor bitmap de MikroC con el fin de dar una apariencia más agradable al sistema,



**Figura 45. Imágenes de la GLCD.**

Las dos primeras imágenes salen al inicio, al encender el sistema, las dos últimas son para cuando el sistema esté conectado por USB con el ordenador y cuando el sistema esté realizando alguna configuración.

### 4.4.3 Modulo GPS

El modulo que se empleo fue el GPS GYNEO6MV2, este módulo diseñado para trabajar con tarjetas Arduino, lo cual en internet se encuentra bastante información de cómo configurarlo y conectarlo.



**Figura 46. GPS GYNEO6MV2. [43]**

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| Receiver type:                     | 50 channels, GPS L1(1575.42Mhz) C/A code, SBAS:WAAS/EGNOS/MSAS |
| Horizontal position accuracy:      | 2.5mCEP (SBAS:2.0mCEP)   |
| Navigation update rate:            | 5Hz maximum (1HZ default)                                      |
| Capture time:                      | Cool start: 27s (fastest) ; Hot start: 1s                      |
| Tracking & Navigation sensitivity: | -161dBm  |
| Communication protocol:            | NMEA(default)/UBX Binary                                       |
| Serial baud rate:                  | 4800, 9600(default), 19200, 38400, 57600, 115200, 230400       |
| Operating temperature:             | -40°C ~ 85°C   |
| Operating voltage:                 | 2.7V~5.0V(power supply input via VCC)                          |
| Operating current:                 | 45mA   |
| TXD/RXD impedance:                 | 510Ohms  |

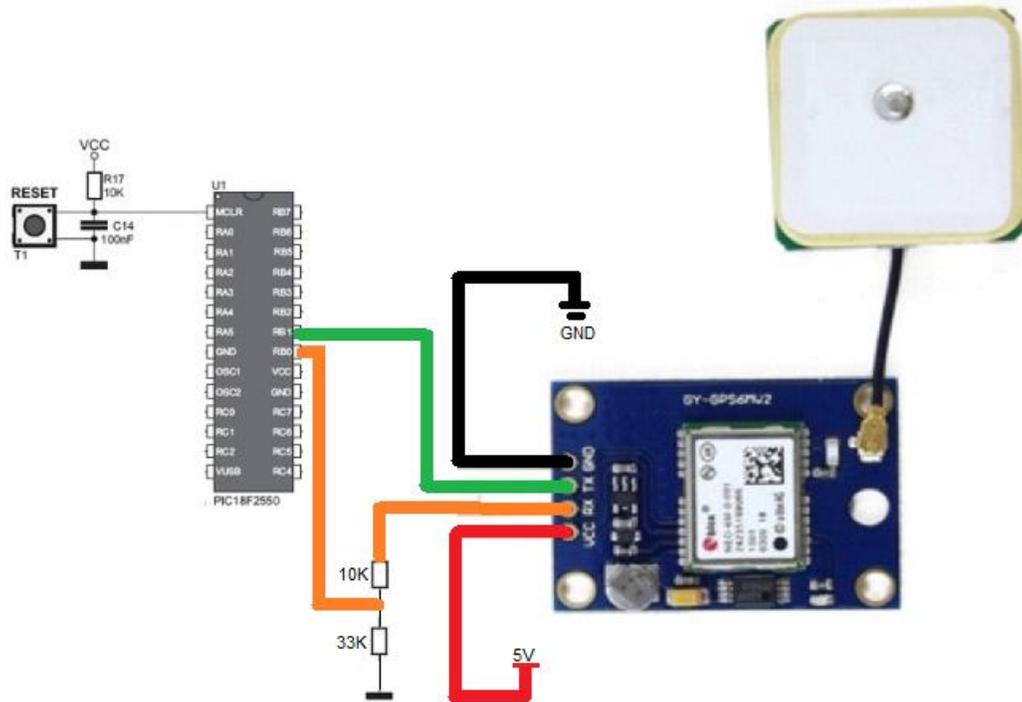
**Tabla 4. Características del GPS GYNEO6MV2. [44]**

Entre las características más importantes encontramos:

- voltaje de alimentación 3V a 5V. [43]
- Incluye antena cerámica. [43]
- EEPROM para guardar datos de configuración. [43]
- Indicador de señal por Led. [43]
- Batería de soporte de datos. [43]
- Tamaño de Tarjeta 23x30 mm. [43]
- Tamaño de la Antena 22x22 mm. [43]

- Precisión de Posicionamiento 2.5 MCEP. [43]
- Taza de Actualización 5 Hz. [43]
- Seguimiento y Navegación -160 dBm. [43]
- Protocolo de comunicación NMEA (por defecto)/ UBX Binario. [43]
- Velocidad de Baudios 4.800, 9.600, 38400 (por defecto), 57600. [43]

Para poner en funcionamiento el modulo GPS se diseñó el siguiente circuito:



**Figura 47. Circuito para el modulo GPS**

Para proteger el modulo se realizó un divisor de tensión en el pin Tx del Pic, se alimentó con una tensión de 5V y se adicono el interruptor de MCLR para reiniciar el PIC18F2550.

#### **4.4.4 Protocolo NMEA**

El GPS transmite la información codificada en un protocolo llamado NMEA, Las tramas de información entregadas por un GPS, son de forma texto, por medio de caracteres ASCII, y finalizadas con los caracteres ASCII, enter: 13, y retroceso del carro 10. Para fines de diseño es importante identificar la velocidad de transmisión del módulo GPS y ajustar la misma velocidad en el módulo USART del PIC. [23]

El protocolo GPS codifica la información de posición, velocidad y tiempo en una serie de tramas, Cada oración comienza con '\$' y termina con una secuencia de retorno de carro / avance de línea y no puede tener más de 80 caracteres de texto



## DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO INALÁMBRICO DE ALGUNAS VARIABLES CLIMÁTICAS

visible (más los terminadores de línea). Los datos están contenidos en esta única línea con elementos de datos separados por comas. Los datos en sí son sólo texto ASCII y pueden extenderse sobre varias oraciones en ciertos casos especializados, pero normalmente están contenidos en una oración de longitud variable. Los datos pueden variar en la cantidad de precisión contenida en el mensaje. Por ejemplo, el tiempo puede ser indicado en partes decimales de un segundo o la ubicación puede mostrarse con 3 o incluso 4 dígitos después del punto decimal. [23]

Hay muchas frases en el estándar NMEA para todo tipo de dispositivos que pueden ser utilizados en un ambiente marino. Algunos de los que tienen aplicabilidad a los receptores GPS se enumeran a continuación: (todos los mensajes comienzan con GP. [45]

| <b>\$GP</b> | <b>DESCRIPCION</b>                                   |
|-------------|--|
| <b>AAM</b>  | Alarma de llegada de Waypoint                        |
| <b>ALM</b>  | Datos del Almanaque                                  |
| <b>APA</b>  | Piloto automático Una oración                        |
| <b>APB</b>  | Auto Pilot B sentencia                               |
| <b>DTM</b>  | Datum que se utiliza.                                |
| <b>GGA</b>  | Corregir información                                 |
| <b>GLL</b>  | Datos Lat / Lon                                      |
| <b>GRS</b>  | Residuos del rango GPS                               |
| <b>GSA</b>  | Datos generales del satélite                         |
| <b>GST</b>  | GPS Pseudorange Estadísticas de Ruido                |
| <b>GSV</b>  | Datos detallados de satélite                         |
| <b>MSS</b>  | Información del estado del receptor de Beacon.       |
| <b>RMB</b>  | datos de navegación recomendados para gps            |
| <b>RMC</b>  | Datos mínimos recomendados para gps                  |
| <b>RTE</b>  | mensaje de ruta                                      |
| <b>STN</b>  | ID de datos múltiples                                |
| <b>VTG</b>  | Vector pista una velocidad sobre el suelo            |
| <b>WCV</b>  | Velocidad de cierre de Waypoint (Velocity Made Good) |
| <b>WPL</b>  | Waypoint Información de ubicación                    |
| <b>ZTG</b>  | Zulu (UTC) hora y hora de ir (al destino).           |
| <b>ZDA</b>  | Fecha y hora   |

**Tabla 5. TRAMAS NMEA. [45]**

En el código se eligió una sola trama llamada \$GPRMC la cual presenta las siguientes características:

\$ GPRMC, 123519, A, 4807.038, N, 01131.000, E, 022.4.084.4.230394.003.1, W \* 6A

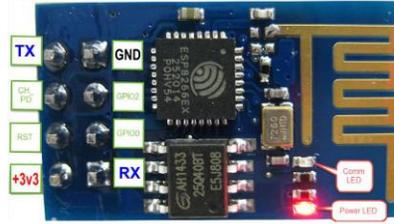


- RMC Recomendó la sentencia mínima C. [45]
- 123519 Arreglo tomado a las 12:35:19 UTC. [45]
- A Estado A = activo o V = vacío. [45]
- 4807.038, N Latitud 48 grados 07.038 'N. [45]
- 01131.000, E Longitud 11 grados 31.000 'E
- 022.4 Velocidad sobre el suelo en nudos
- 084.4 Ángulo de la pista en grados Verdadero
- 230394 Fecha - 23 de marzo de 1994
- 003.1, W Variación magnética
- \*6A Los datos de la suma de comprobación, empiezan siempre con

#### **4.4.5 Módulo wifi ESP8266**

Para realizar una comunicación inalámbrica se empleó el módulo ESP8266, que posee estas características:

- 802.11 b / g / n. [46]
- MCU integrado de 32 bits de baja potencia. [46]
- ADC de 10 bits integrado. [46]
- Pila de protocolos TCP / IP integrada. [46]
- Interruptor TR integrado, balun, LNA, amplificador de potencia y red de coincidencia. [46]
- PLL integrado, reguladores y unidades de administración de energía
- Soporta diversidad de antenas. [46]
- WiFi 2.4 GHz, soporte WPA / WPA2. [46]
- Soporte de modos de operación STA / AP / STA + AP. [46]
- Soporta la función Smart Link para dispositivos Android e iOS. [46]
- SDIO 2.0, (H) SPI, UART, I2C, I2S, control remoto IR, PWM, GPIO
- STBC, 1x1 MIMO, 2x1 MIMO. [46]
- Agregación de A-MPDU y A-MSDU y intervalo de guarda de 0.4s
- Potencia de sueño profundo <10uA, Corriente de fuga de alimentación <5uA. [46]
- Despertar y transmitir paquetes en <2ms. [46]
- Consumo de energía en espera de <1.0mW (DTIM3). [46]
- Potencia de salida de +20 dBm en modo 802.11b. [46]
- Temperatura de funcionamiento -40C ~ 125C. [46]
- Certificado de FCC, CE, TELEC, WiFi Alliance y SRRC. [46]



**Figura 48. Módulo WiFi ESPE8266.**

Para poner en funcionamiento el dispositivo primero debemos enviar por la UART una serie de comandos AT básicos, comandos TCP / IP Toolbox AT con los que se configura, velocidad de transmisión, conexiones a internet, modo de operar, etc. En la siguiente tabla se mostraran los comandos AT para usar en el módulo:

Cada conjunto de instrucciones contiene cuatro tipos de comandos AT.

| TIPO            | FORMATO          | DESCRIPCION   |
|-----------------|------------------|---|
| <b>Prueba</b>   | AT + <x> =?      | Consulte el comando Set o los parámetros internos y sus valores de rango.                 |
| <b>Consulta</b> | AT + <x>?        | Devuelve el valor actual del parámetro.   |
| <b>Set</b>      | AT + <x> = <...> | Establezca el valor de los parámetros definidos por el usuario en los comandos y ejecute. |
| <b>Ejecutar</b> | AT + <x>         | Ejecuta comandos sin parámetros definidos por el usuario.                                 |

**Tabla 6. Tipos de comandos AT. [47]**

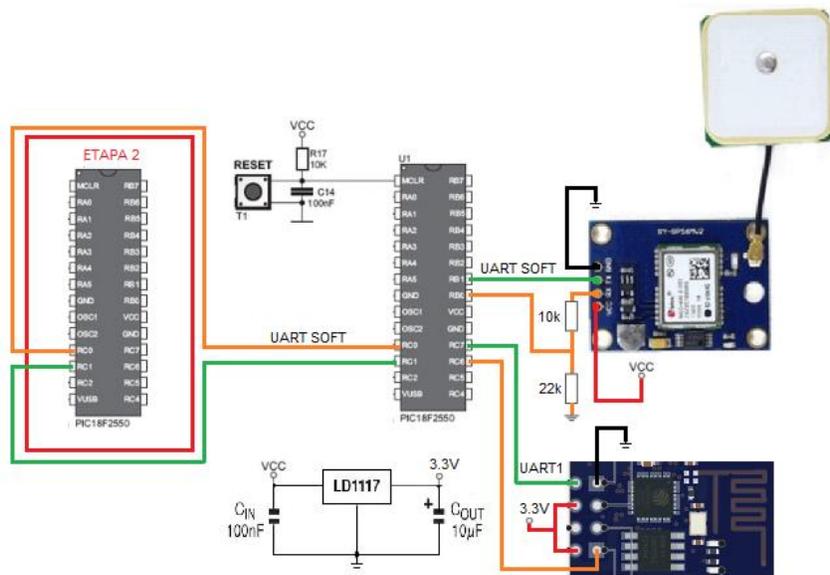
El listado de instrucciones AT:

| Instrucción        | Descripción                                       |
|--------------------|---|
| <b>BASICA</b>      |   |
| <b>AT</b>          | Prueba AT en el arranque                          |
| <b>AT + RST</b>    | Reiniciar   |
| <b>AT + GMR</b>    | Ver información de la versión                     |
| <b>AT + GSLP</b>   | Ingrese al modo de suspensión profunda            |
| <b>ATE</b>         | Comandos AT eco                                   |
| <b>WIFI</b>        |   |
| <b>AT + CWMODE</b> | Modo WIFI (estación / softAP / estación + softAP) |
| <b>AT + CWJAP</b>  | Conectarse a AP                                   |
| <b>AT + CWLAP</b>  | lista los puntos de acceso disponibles            |
| <b>AT + CWQAP</b>  | Desconectar de AP                                 |
| <b>AT + CWSAP</b>  | Ajustar parámetros en modo AP                     |

|                       |   |
|-----------------------|---|
| <b>AT + CWLIF</b>     | Obtener IP de las estaciones que están conectadas a ESP8266 softAP        |
| <b>AT + CWDHCP</b>    | Habilitar / Deshabilitar DHCP   |
| <b>AT + CIPSTAMAC</b> | Establecer la dirección MAC de la estación ESP8266                        |
| <b>AT + CIPAPMAC</b>  | Establecer la dirección MAC de ESP8266 softAP                             |
| <b>AT + CIPSTA</b>    | Establecer dirección IP de la estación ESP8266                            |
| <b>AT + CIPAP</b>     | Establece la dirección IP de ESP8266 softAP                               |
| <b>TCP/IP</b>         |   |
| <b>AT + CIPSTATUS</b> | Obtener estado de conexión  |
| <b>AT + CIPSTART</b>  | Establece la conexión TCP o registra el puerto UDP                        |
| <b>AT + CIPSEND</b>   | Enviar datos  |
| <b>AT + CIPCLOSE</b>  | Cerrar conexión TCP / UDP   |
| <b>AT + CIFSR</b>     | Obtener dirección IP local  |
| <b>AT + CIPMUX</b>    | Establecer el modo de múltiples conexiones                                |
| <b>AT + CIPSERVER</b> | Configurar como servidor  |
| <b>AT + CIPMODE</b>   | Establecer el modo de transmisión   |
| <b>AT + CIPSTO</b>    | Establece el tiempo de espera cuando ESP8266 se ejecuta como servidor TCP |
| <b>AT + CIUPDATE</b>  | Fuerza OTA (actualización a través de la red)                             |
| <b>Data RX</b>        |   |
| <b>+ IPD</b>          | Datos recibidos de la red   |

**Tabla 7. Listado de instrucciones AT [47]**

Para terminar esta sesión a continuación se muestra el circuito empleado para realizar la conexión entre el módulo y el PIC18F2550, teniendo en cuenta de que el modulo solo se puede alimentar a 3.3V como máximo 3.6V.

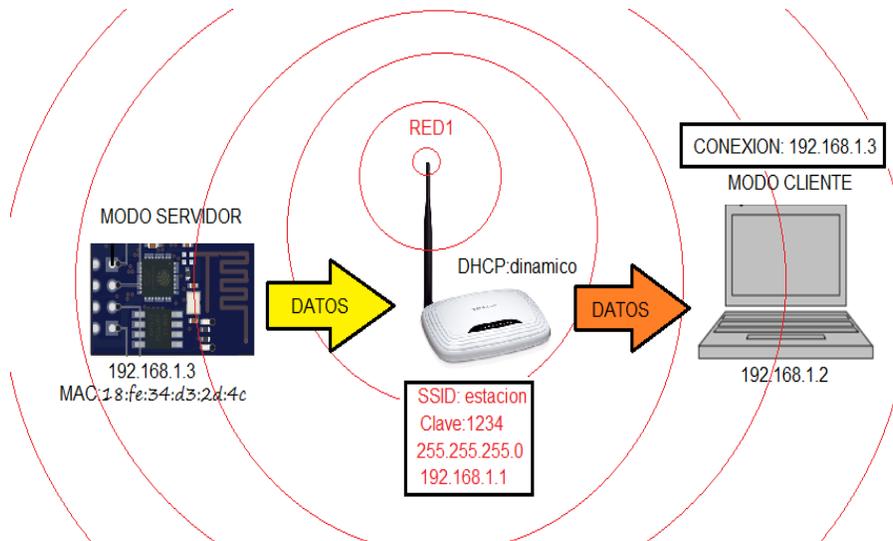


**Figura 49. Circuito de Transmisión inalámbrica.**

Con este circuito configuramos el módulo ESP8266 en modo servidor, usando el protocolo TCP/IP, lo podemos conectar a un modem o un celular, dentro de la misma red existirá un ordenador que contendrá un software diseñado en visual BASIC 2010, el cual maneja también una conexión TCP/IP pero en modo cliente, el cual se conecta al ESP8266 y se encarga de recibir los mensajes y realizar su respectivo proceso de visualización y envió al hosting. Más adelante se detalla el funcionamiento del software.

#### 4.4.6 Sistema inalámbrico de la estación

El módulo ESP8266 al conectarse a una red, el router automáticamente le asigna una dirección IP dinámica, no solo a él, sino a cualquier dispositivo conectado a mismo router. El módulo ESP8266 tiene una MAC que lo identifica la cual es: 18:fe:34:d3:2d:4c, dentro de la red existirá un ordenador que tendrá instalado un software el cual una de sus funciones es establecer una comunicación TCP/IP con el módulo ESP8266, para ello necesitamos saber cuál es la IP que tiene el módulo WIFI, una opción es como se conoce la MAC del módulo podemos configurar el router para que le asigne una IP estática, pero eso sería una desventaja ya que solo podría conectarse a un solo router, la segunda opción y más práctica es que existen software que permite conocer las IP de los dispositivos conectados a la red.



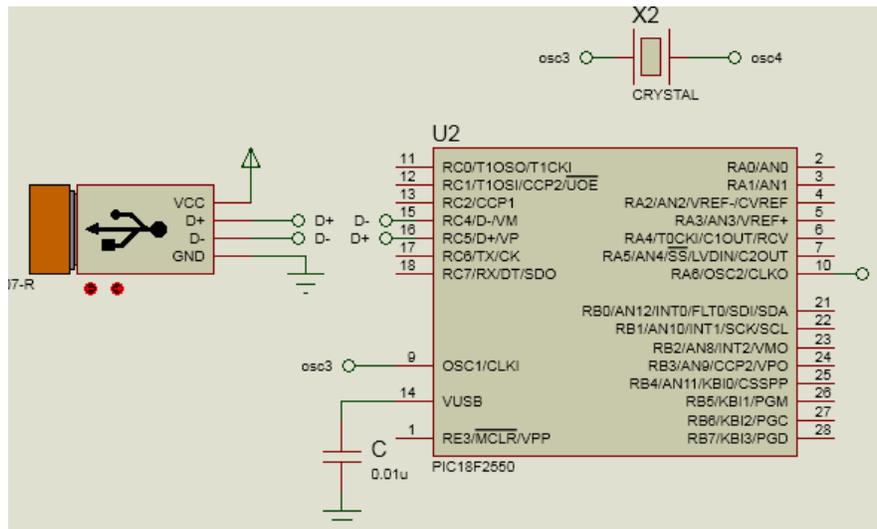
**Figura 50. Sistema inalámbrico de la estación.**

Al configurar el ESP8266 como un servidor tenemos la ventaja de que solo tenemos que conectarlo a la red y listo, el todo el tiempo se encarga de estar enviando información, no depende de nada mas, ahora lo demás dispositivos configurados en modo cliente, tiene la ventaja de que solo deben conectarse a

la red, identificar la IP del módulo wifi y tendrán acceso a la información transmitida, podrán desconectarse en el momento que deseen. El alcance de esta comunicación dependerá del router y de las especificaciones del fabricante.

#### 4.4.7 Comunicación USB HID

Unas de las características de los PIC18F es que poseen un módulo USB 2.0, con esta característica podemos entablar una conexión con un ordenador atreves de sus puertos USB.



**Figura 51. Conexión USB del PIC18F4550**

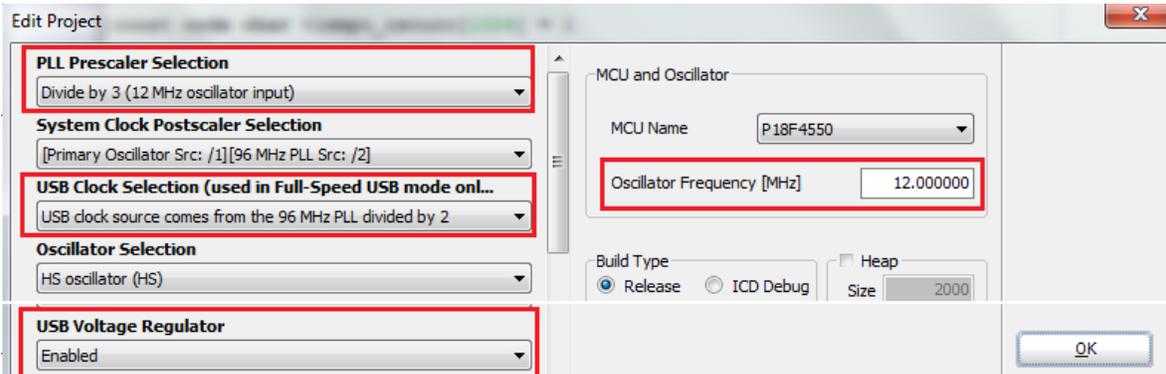
Para fines prácticos en el terminal VUSB, se debe instalar un capacitor de 33uF conectado a referencia. Y se debe usar un cristal de cuarzo adecuado a las características de diseño. La opción de edición para los fusibles del PIC 18F4550, es de suma complejidad en comparación con los micros de baja gama. [23]

Detalles para tener un funcionamiento adecuado al momento de la implementación es configurar la frecuencia a 48MHz ya que así lo dicta el fabricante en el datasheet, activar el voltaje USB que se encuentra alojado en el pin 14, esto se hace mediante la configuración de los fusibles y por ultimo colocar un capacitor en el pin 14 con referencia a tierra, si se omite alguno de los pasos no funcionara la comunicación.

Las librerías de MikroC evitan la configuración de los registros del módulo USB ya que son demasiados, nos facilita tanto que solo debemos crear las variables de escritura y lectura, apuntándolas a las direcciones de memoria del Microcontrolador:

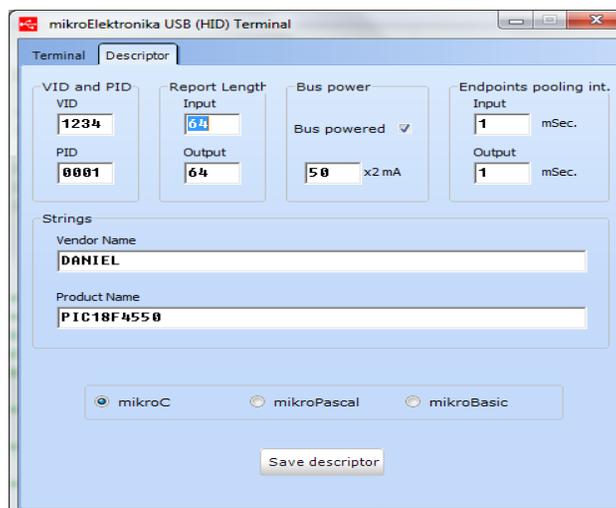
```
unsigned char readbuff[64] absolute 0x500;
unsigned char writebuff[64] absolute 0x540;
unsigned char reservar[64] absolute 0x400;
```

**Figura 52. Direcciones de memoria del módulo USB.**



**Figura 53. Configuración de fusibles para la comunicación USB con un cristal de 12MHz**

Para garantizar la correcta compilación del proyecto, y el uso de la librería USB, se requieren tres archivos adicionales: *USBdsc.c*, *Definit.h*, y *VARs.h*. El archivo *USBdsc.c* contiene las definiciones con las que el ordenador reconoce el dispositivo HID. Tiene parámetros como el nombre del fabricante, el nombre del producto, los identificadores numéricos de fabricante y producto: VIP y PID. También contiene el tamaño de los búfer de entrada y 100 salidas. El *HID Terminal* cuenta con una pestaña *descriptor*. En esta pestaña se editan las características del dispositivo HID. [23]



**Figura 54. Creación del vendor, VID con el HID terminal de MikroC**

## 4.5 ALIMENTACION DE LA ESTACION METEOROLOGICA

El sistema de la estación meteorológica funciona con componentes que necesitan como alimentación una tensión de 7v, 5V y 3.3V, el consumo total de corriente que debe suministrar la fuente de alimentación es de 0.2 A para satisfacer el requerimiento de corriente de la suma de todos los componentes, con estos valores asumimos que:

$$P = V * I$$

$$P = 7V * 0.2A = 1.4W$$

La batería debe por lo menos entregar 7V y una potencia de 1.4W.

Se dotó al sistema de una batería de moto modelo YTZ5S(GEL), que entrega una tensión de 12V y 3.5Ah calculando son 42Wh, lo cual cumple los requerimientos de alimentación del sistema sin problema. Para la alimentación a través del toma corriente se usó un transformador de (120V-12V) AC que entrega 1A, calculando su potencia son 12W.



**Figura 55. Batería y transformador del sistema**

### 4.5.1 Criterio para cargar la Batería

Cuando el sistema se encuentra encendido, la batería se va descargando de acuerdo al consumo de los componentes, es por eso que cuando la batería llegue a 7V debemos cargarla, ya que varios de los componentes necesitan de ese rango de tensión para su funcionamiento adecuado.



## DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO INALÁMBRICO DE ALGUNAS VARIABLES CLIMÁTICAS

Para cargar la batería se implementara el transformador de 12V-1A. Se investigó en varias fuentes y se realizaron varias pruebas de las cuales se observó lo siguiente:

- La carga inicial con la que contaba la batería era de 14V a pesar de que en su referencia marcara 12V, es decir la batería puede almacenar un poco más de tensión de la nominal.
- Se midió la tensión AC del transformador y esta era de 14.4V AC, Se Rectificó la señal de AC del transformador, se linealizó a una señal DC con un capacitor de 1000uF y la tensión aumento a 20.36V

$$V_{RMS} = 14.4V$$

$$V_{pico} = 14.4V * \sqrt{2} = 20.36V$$

Para disminuir la tensión se usaron 10 diodos zener con caída de tensión de 0.7V lo cual hace que la señal caiga a una tensión de 13.36V.

- Se dispuso de este diseño para cargar la batería durante 1 día, se midieron los valores de tensión y su comportamiento era el esperado, la tensión de 13.36V cayó a la misma tensión de la batería, en este caso 8V y en el transcurso del día fue aumentando de a poco hasta alcanzar la tensión máxima del transformador de 13V.
- Al cargar la batería de esta manera se obtuvieron malos resultados, ya que se conectó al sistema y la carga duro aproximadamente 30 minutos y volvió a 8V, se cargó nuevamente durante más tiempo y los resultados fueron los mismos.
- Se investigó como mejorar el diseño y se quitó la etapa de linealizar la señal AC y se mandó directo la señal pulsante a la batería, durante 9 Horas, los resultados fueron satisfactorios ya que se conectó la batería al sistema y su carga duro aproximadamente 12 Horas continuas trabajando antes de caer nuevamente a 8V.

### **4.5.2 Circuito de alimentación del sistema**

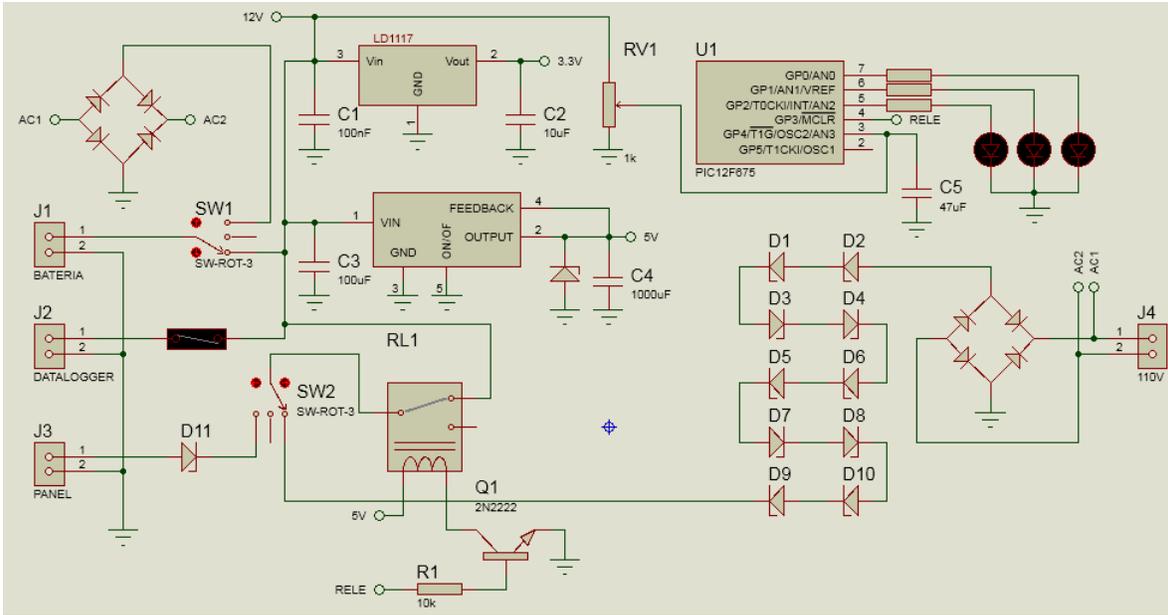
Se aprovechó del proceso de ingeniería inversa del capítulo 3 para seleccionar dos reguladores el LM2576S y el LD1117V3 y aplicarlos en la etapa de alimentación. El regulador 2576 regula la tensión de la batería a 5V, y el LD1117V3 regula la tensión fija a 3.3V.

Para energizar la estación se dispone de las 3 siguientes formas:

- La batería de moto la cual entrega 12V
- La señal rectificadas y linealizadas del transformador de 12V
- Una fuente externa de 12V fijos que puede ser un panel solar.

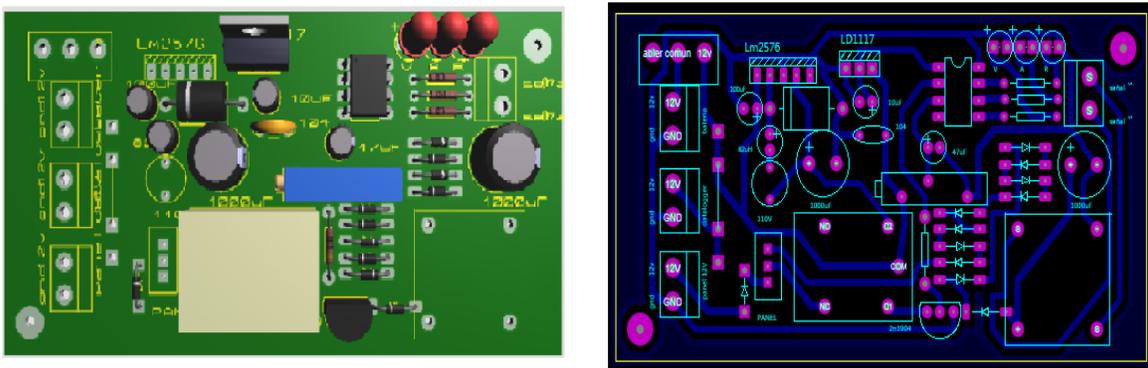
Para el diagnóstico del estado de carga de la batería se usó un PIC12F675 el cual opera a una tensión de 3.3V lee con su canal analógico la tensión de la batería, mediante un divisor de tensión y realiza las siguientes acciones:

- Indica mediante 3 leds el estado de la batería.
- Tiene la opción de implementar un relé para desviar la tensión de entrada del transformador y del panel llegado al caso la tensión sea superior a 12.5V, como protección al sistema y la batería.



**Figura 56. ESQUEMATICO DEL CIRCUITO DE ALIMENTACION.**

Se implementaron las dos etapas del transformador una rectifica la señal y energiza el sistema, la otra se encarga de carga exclusivamente solo la batería.



**Figura 57. DISEÑO 3D Y CONEXIONES EN PROTEUS.**

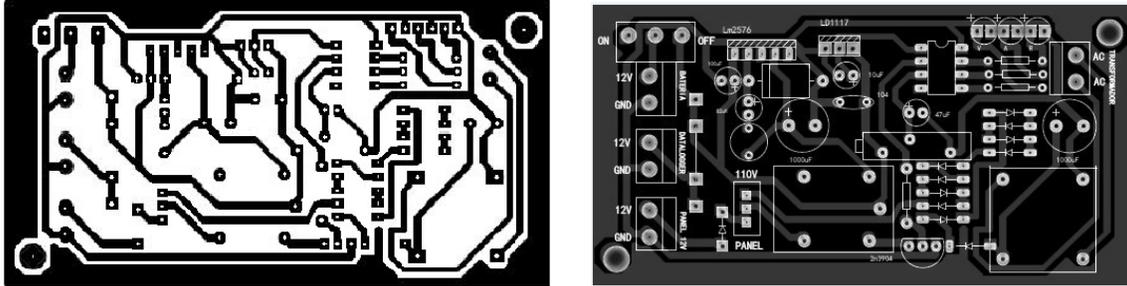


Figura 58 PISTAS Y SERIGRAFIA DE LA ALIMENTACION.

### 4.6 DISEÑO EN PROTEUS E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA

En esta descripción se plasma el diseño de las 2 etapas explicadas al inicio del capítulo, donde la unión de la etapa 2 y 3 forman lo que conocemos como datalogger.

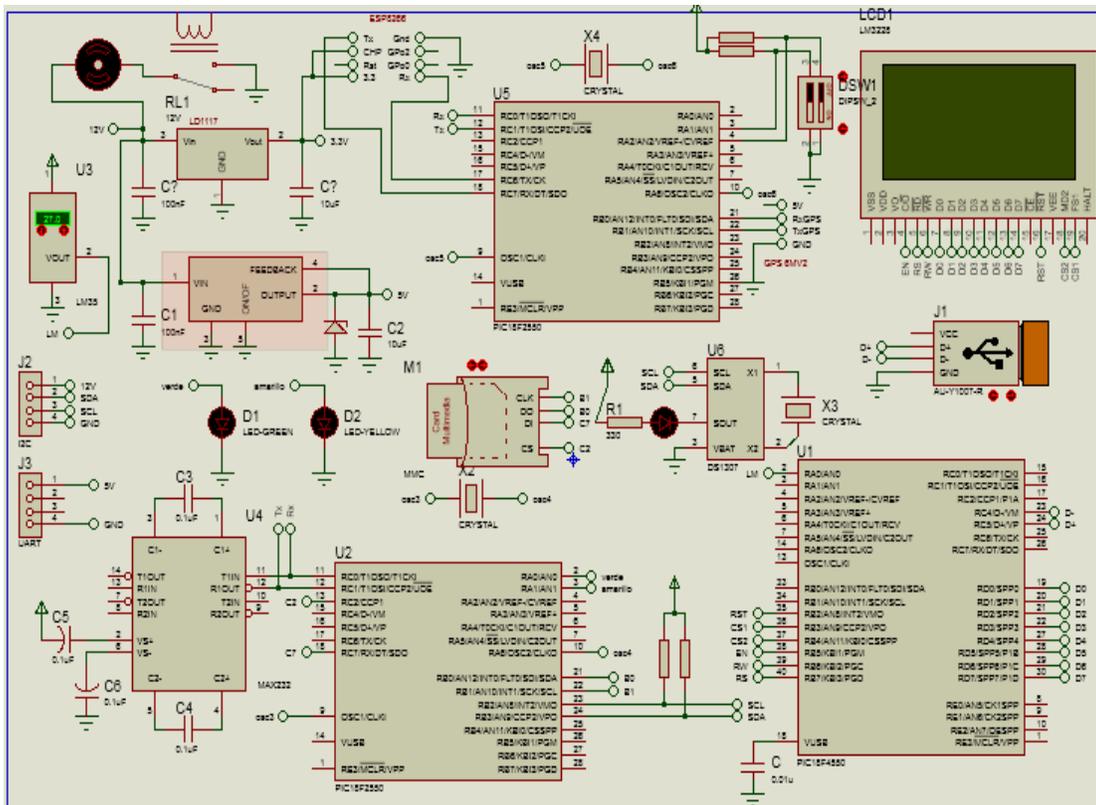
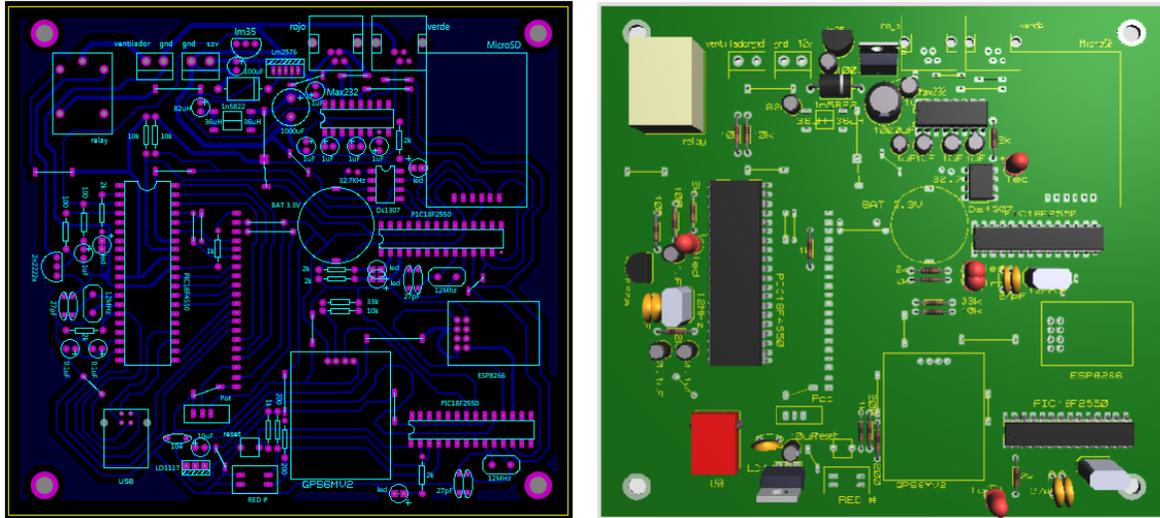
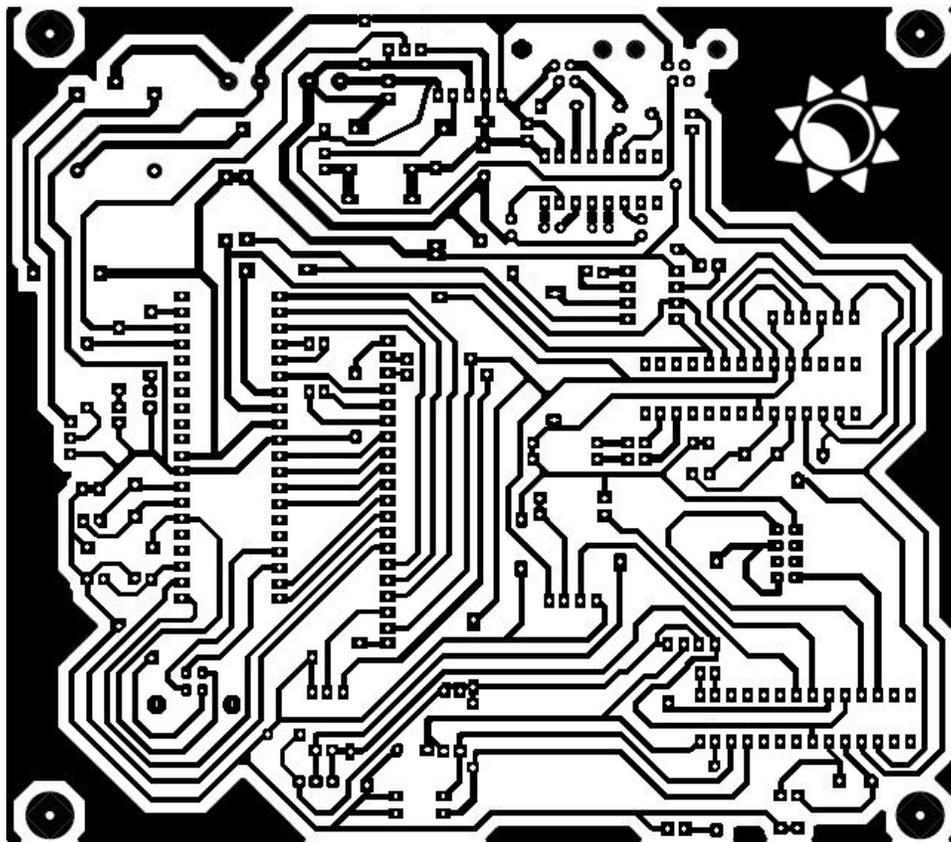


Figura 59. ESQUEMATICO DEL DATALOGGER



**Figura 60. 3D Y DISEÑO EN PROTEUS DEL DATALOGGER**



**Figura 61. DISEÑO DE LAS PISTAS DEL CIRCUITO DEL DATALOGGER**



## 4.7 SOFTWARE DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

Se diseñó un software con ayuda de Visual Basic la versión 2010, con la finalidad de que el usuario pueda visualizar la información detallada en gráficos, registrar los datos en tiempo real en formato .XLS, ver las magnitudes de las variables climáticas en otras unidades de medida. Además este programa cumple la función de ser el puente entre una conexión local y externa.

### 4.7.1 Conexión USB

Para entablar una comunicación USB desde el microcontrolador con el software fue necesario utilizar unas librerías, para el control de dispositivos de interfaz Humana (HID) utilizando Visual Basic 2010, El funcionamiento de este código es muy simple; las constantes que se deben especificar para que la aplicación reconozca y se comunique con el hardware, son las siguientes:

| Constante            | Descripción  |
|----------------------|--|
| <b>VendorID</b>      | número del fabricante VID                            |
| <b>ProductID</b>     | número del producto PID                              |
| <b>BufferInSize</b>  | tamaño del buffer de entrada, un entero entre 1 y 65 |
| <b>BufferOutSize</b> | tamaño del buffer de salida, un numero entre 1 y 65  |

**Tabla 8. Constantes definidas para reconocer el ordenador reconozca el PIC. [48]**

Estas variables se configuraron mediante el HID terminal de MikroC explicadas en el capítulo 4 inciso 4.4.7 y son las siguientes:

| Constante            | Descripción |
|----------------------|-------------|
| <b>VendorID</b>      | 1234        |
| <b>ProductID</b>     | 0001        |
| <b>BufferInSize</b>  | 64          |
| <b>BufferOutSize</b> | 64          |

**Tabla 9. Constantes programadas mediante el HID Terminal de MikroC. [48]**

Eventos:

| Evento             | Descripción   |
|--------------------|---|
| <b>OnPlugged</b>   | ocurre cuando un dispositivo ha sido conectado al computador  |
| <b>OnUnplugged</b> | ocurre cuando un dispositivo ha sido desconectado del computador                                    |
| <b>OnRead</b>      | ocurre cuando un llega hasta el computador el arreglo BufferIn() se llenara con los datos recibidos |

**Tabla 10. Eventos que ocurren entre las conexiones de hardware y el ordenador. [48]**



## DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO INALÁMBRICO DE ALGUNAS VARIABLES CLIMÁTICAS

El comando recibido empieza desde BufferIn (1) en adelante. BufferIn (0) no se utiliza.

Funciones:

| Función   | Descripción   |
|---|---|
| <b>ConnectToHID(Me)</b>                         | conecta con el dispositivo HID especificado por el VendorID y ProductID   |
| <b>DisconnectFromHID()</b>                      | desconecta al dispositivo HID especificado por el VendorID y ProductID  |
| <b>hidWriteEx(VendorId,ProductID,Buffer(i))</b> | Transmite datos al dispositivo HID los datos a ser transmitidos deben empezar desde BufferOut (1) en adelante. BufferOut (0) siempre debe ser seteado en 0. |

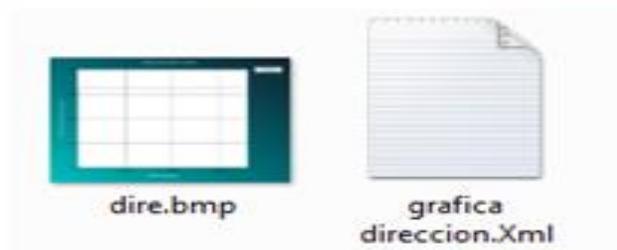
**Figura 64. Funciones utilizadas en la plantilla. [48]**

### 4.7.2 Funciones básicas

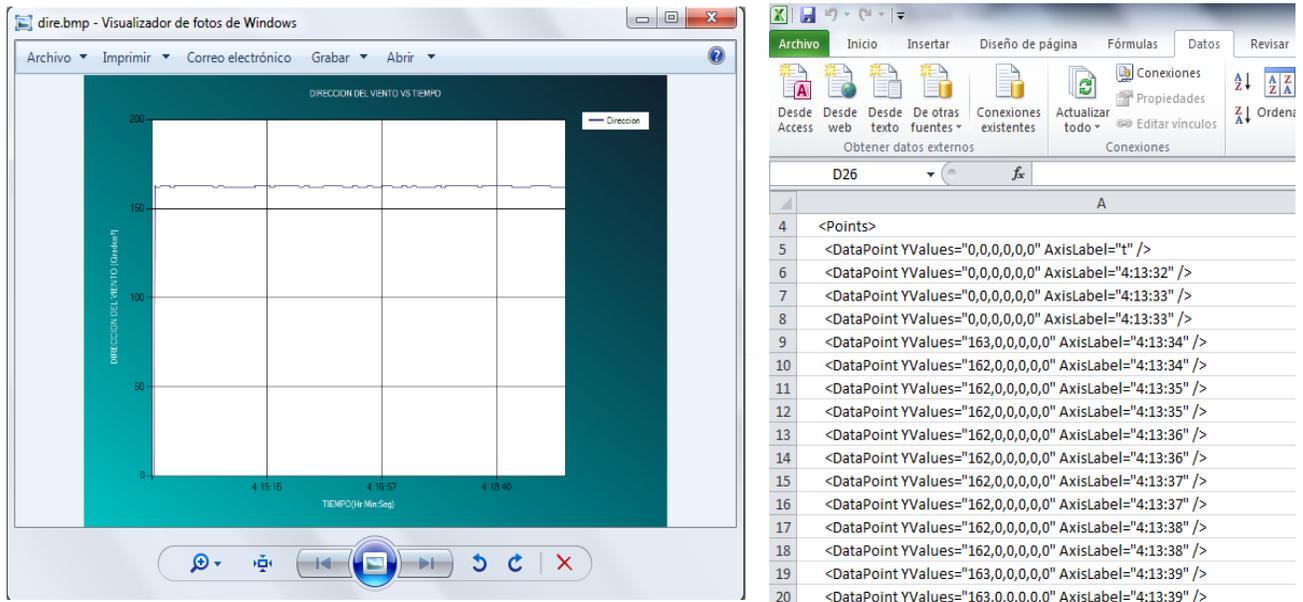
El software se diseñó con unas funciones básicas:

- Al conectar el datalogger mediante el cable USB al ordenador, si el software lo reconoce, este cambia su estado de desconectado a conectado.
- En la parte izquierda existe una casilla que dice “DATOS EN TIEMPO REAL”, estos son los datos transmitidos desde la USB del microcontrolador, su nombre en tiempo real es porque son datos censados en tiempo real, donde podemos ver las 5 variables, la fecha y hora que tiene el reloj DS1307 (RTC) y la cuenta de las muestras que tiene la memoria MicroSD.
- Existen dos botones uno llamado “registrar en Excel” y otro llamado “detener registro y visualizar”, si el datalogger se encuentra conectado, el botón 1 brinda la posibilidad de llevar un registro igual al de la memoria MicroSD en formato Excel, desde el ordenador, si transcurrido cierto tiempo y la persona desea ver el registro da click en el segundo botón e inmediatamente se detiene el registro y se abre el archivo en formato Excel 2010, ya depende del usuario si desea guardarlo u omitirlo.
- En la parte derecha se encuentran 7 pestañas la cuales muestran las gráficas independientes de cada variable climática en el tiempo, cada grafica tiene la opción de guardar la imagen en dos tipos de formato, el primer formato es .jpg, pero del cual solo se ven detalles rápidos, la

segunda opción es un formato .XML que hace parte de Excel el cual describe detalladamente cada uno de los puntos dibujados en la gráfica.



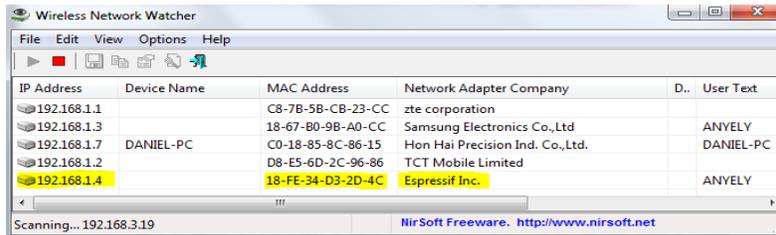
**Figura 65. Muestreo de la señal de presión en el tiempo.**



**Figura 66. Los dos formatos en los que se pueden guardar las gráficas.**

### 4.7.3 Conexión y aplicación inalámbrica

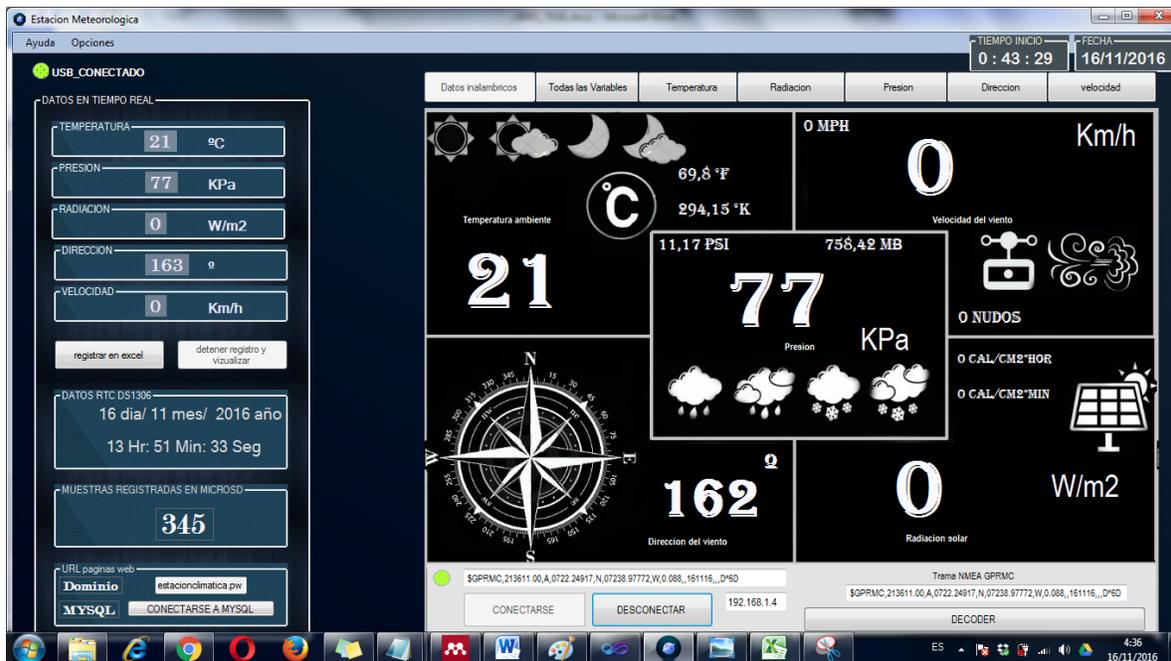
Para realizar la conexión inalámbrica debemos conocer la IP del módulo WiFi, para este paso necesitamos un software que se encuentra en internet, de fácil instalación y no ocupa nada de espacio:



**Figura 67. Programa Wireless Network Watcher.**

Antes que todo el datalogger y el ordenador deben estar conectados a la misma red, como se observa en la figura, muestra la IP, la mac y el nombre del adaptador, en nuestro caso nos interesa el ultimo ya que conocemos la MAC del módulo Wifi, podemos identificar la IP.

Seguidamente copiamos la IP y nos dirigimos al software de la estación y damos click en la pestaña que dice datos inalámbricos. En una barra pequeña, en la parte de abajo pegamos la IP y damos en conectar



**Figura 68. Recepción de los datos inalámbricos y visualización de diferentes unidades**

Al conectarse los datos empiezan a mostrarse, inalámbricamente se transmiten las variables climáticas, seguido de la trama NMEA \$GPRMC.

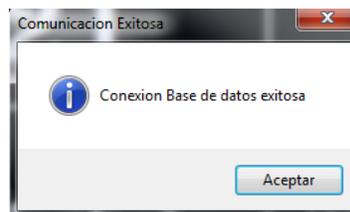
#### **4.7.4 Conexión con la base de datos remota MYSQL**

Para entablar la comunicación con la base de datos MYSQL remota, el usuario solo debe dar click en el botón que dice:



**Figura 69. Botón para entablar la comunicación remota Mysql**

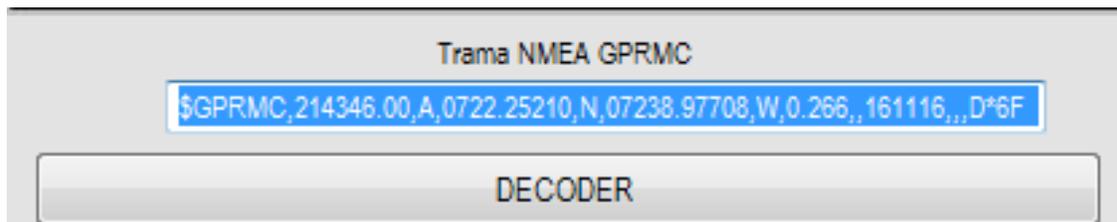
Si la comunicación es exitosa debe salir el siguiente mensaje:



**Figura 70. Mensaje informando el estado de la conexión remota**

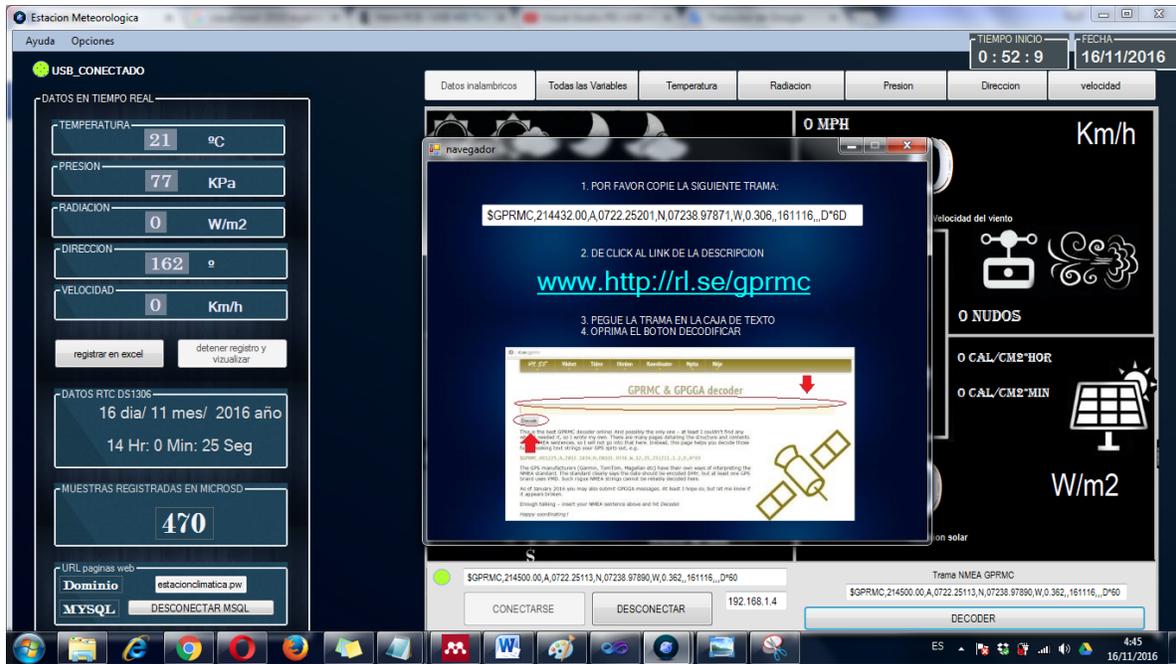
#### **4.7.5 Decoder GPRMC del GPS**

En la parte derecha, abajo debe aparecer la trama NMEA, y activarse el botón decoder, lo que se debe hacer es dar click en el botón:



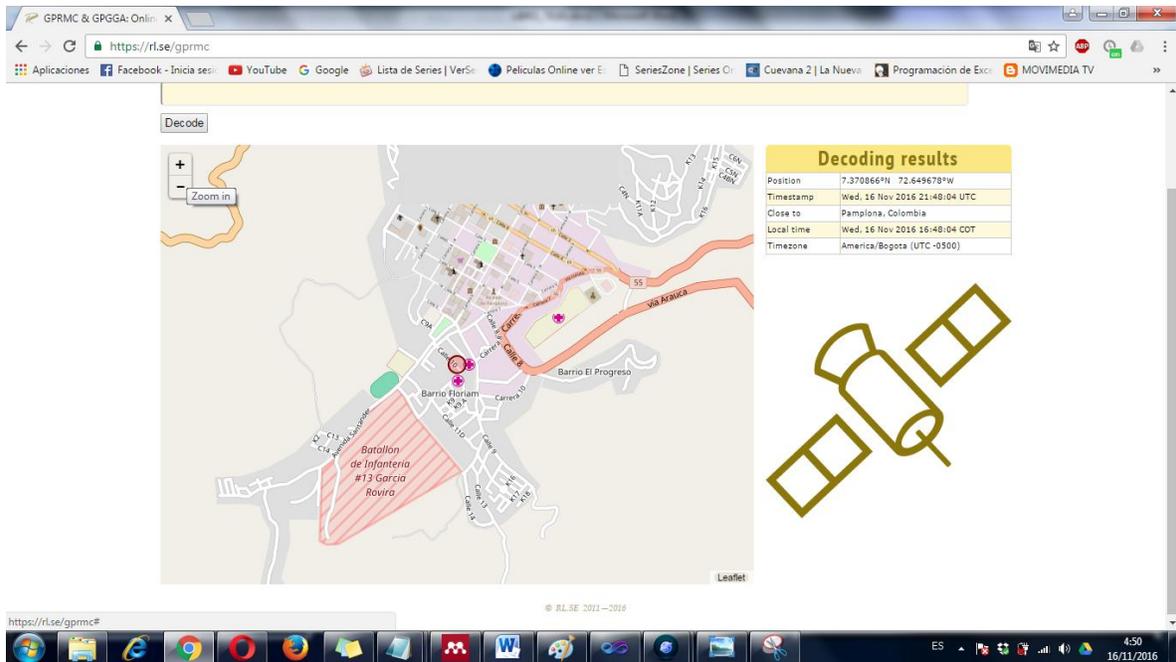
**Figura 71. Recepción de la trama NMEA inalámbricamente y botón para decodificar**

Inmediatamente aparecerá otra pestaña la cual describe los pasos a seguir, debe copiar la trama y dar click en el enlace de la descripción:



**Figura 72. Pestaña explicando los pasos para decodificar la trama**

Cuando se siguen los pasos, el usuario será dirigido a un blog en internet el cual tiene la función de decodificar la trama NMEA y mostrar la posición satelital de la ubicación de la estación meteorológica.



**Figura 73. Blog que contiene un decoder Online**

## **4.8 PÁGINA WEB DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA**

Se diseñó una página a partir del lenguaje HTML y PHP, crear una página a partir de solo escritura, es relativamente sencillo solo es necesario tener unos conceptos básicos claros, como la estructura del código:

La estructura se divide en 2 partes, la cabeza y el cuerpo, en la cabeza es donde se ubica el título de la página, algunos scripts para personalizar los diseños, etc., y el cuerpo es donde va el contenido de la página web en este caso los valores de las variables climáticas, la gráfica y demás.

El diseño de la página y funcionamiento consta de 2 partes importantes, el primero es la creación de una base de datos remota MYSQL, y el segundo es el código empleado para conectar la base de datos con las variables de la página web.

### **4.8.1 Hosting y dominio de la página web**

Para poder alojar la página se requiere de un Hosting, el cual cumpla con ciertos requerimientos como:

- PHP MyAdmin
- Base de Datos
- MYSQL remota
- Cpanel
- Que acepte programación de páginas web en código HTML y PHP

El Hosting que se utilizó fue:



**Figura 74. Hosting que aloja la página de la estación meteorológica. [49]**

Latinoamérica Hosting es una empresa que desde el 2007 ofrece servicios inteligentes de Hosting en Colombia, para Latinoamérica y el resto del mundo. El servicio que se adquirió fue relativamente económico, se alquiló durante un año un Hosting por el precio de \$20.000 y un dominio en \$10.000.

**Dominio Principal**  
estacionclimatica.pw

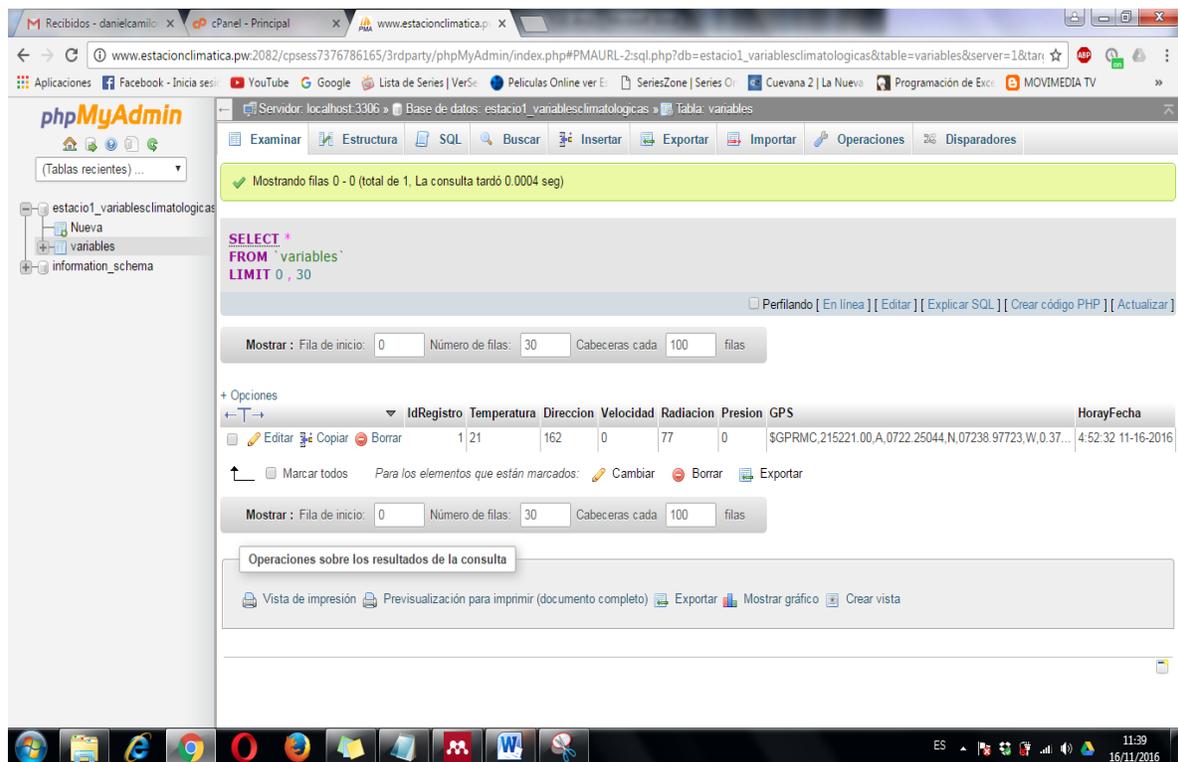
**Figura 75. Dominio de la estación meteorológica.**

El dominio es el nombre por el cual las personas podrán acceder a la página web desde sus ordenadores.

#### 4.8.2 Creación de la base de datos MYSQL

Para la creación de la base de datos nos dirigimos dentro del panel de control al icono de PHP MyAdmin.

Seguidamente creamos una base de datos con las siguientes características

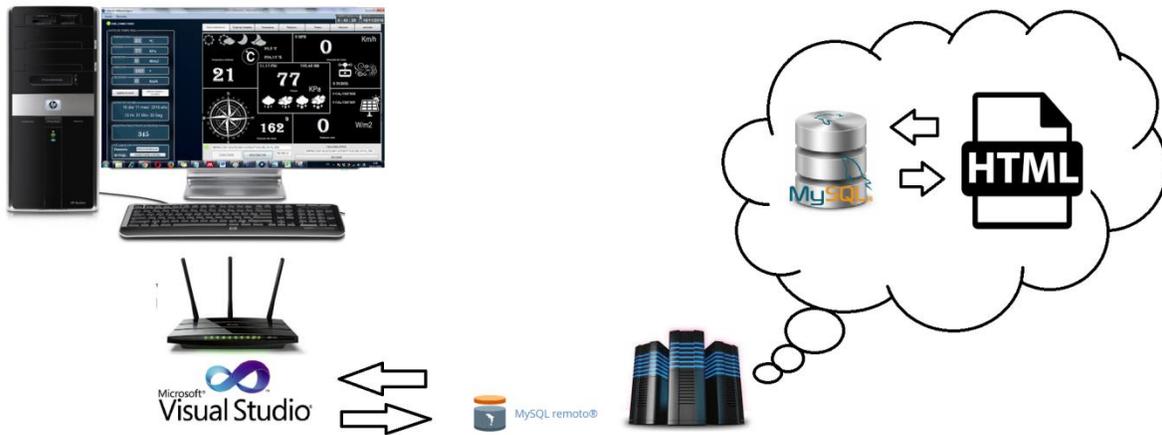


**Figura 76. Base de datos creada en phpMyAdmin**

El nombre de la base de datos se llama estacio1\_variablesclimaticas, dentro de ella crearemos una tabla llamada variables que contendrá los siguientes campos, Id Registro, Temperatura, Dirección, Velocidad, Radiación, Presión, GPS y Hora y fecha, en estos campos solo utilizaremos 1 fila la cual la iremos actualizando constantemente, sobrescribiéndola.

### 4.8.3 Explicación detallada del funcionamiento

Para entender mejor el funcionamiento se diseñó la siguiente figura:



**Figura 77. Conexiones de la parte local con la externa.**

Visual Basic 2010 se encarga de recibir inalámbricamente la información a nivel local, pero también realiza una conexión remota con MySQL remoto, esta conexión le permite a visual Basic interactuar con la base de datos que creamos al comienzo en PHP MyAdmin, editar cada uno de los campos. El servidor es el que se encarga de alojar la base de datos y la página web, es por eso que en el código HTML se realiza una conexión con la base de datos la cual está leyendo los campos de las variables que están siendo actualizados remotamente.

### 4.8.4 Acceso a la base MySQL remota

Para poder tener acceso a la base de datos se le debe solicitar al servidor permisos para poder conectarse, aquí es donde MySQL se encarga de asignar un usuario y contraseña, un puerto por defecto siempre es el 3306 y una dirección IP para identificar el dispositivo.

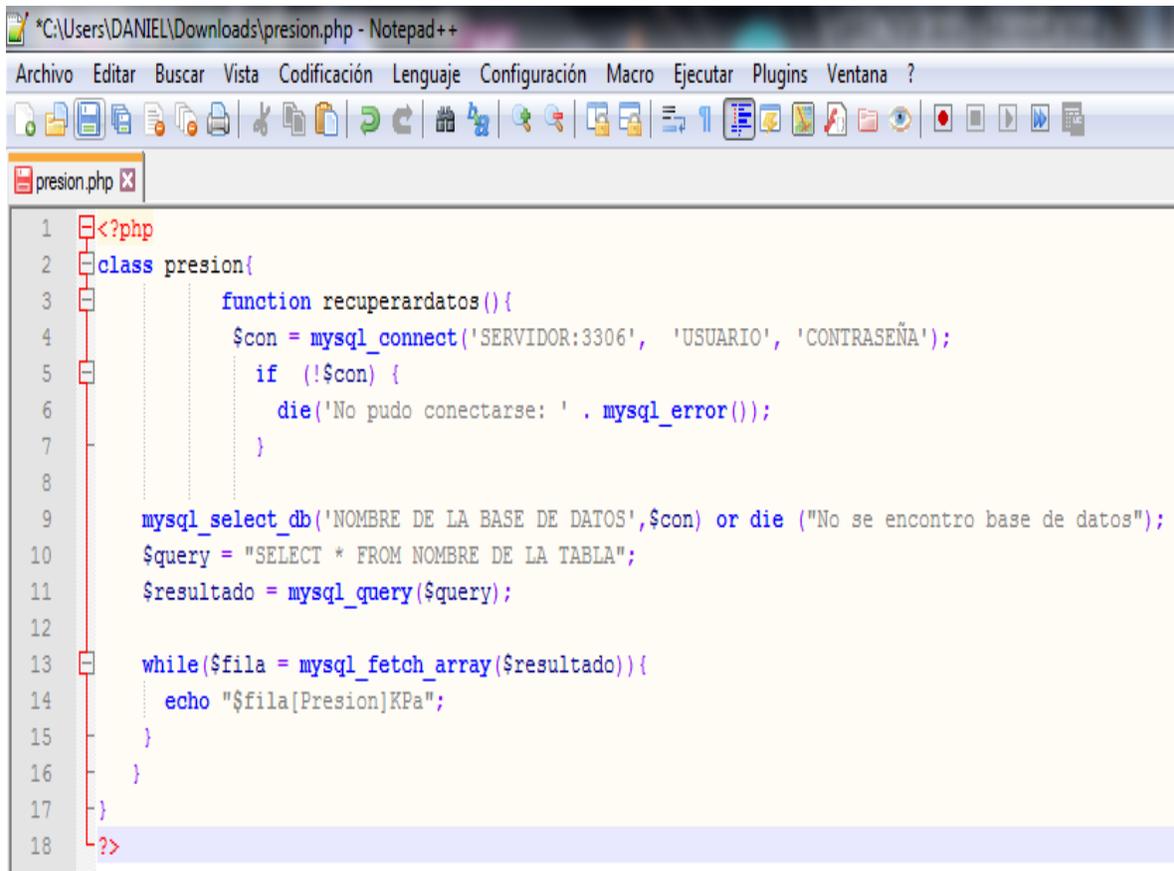
Para realizar esta conexión nos dirigimos al icono de MYSQL REMOTO y gestionamos los permisos, relacionamos el usuario y contraseña con la base de datos a la cual queremos tener acceso.

En la parte donde dice anfitrión nos pide la IP del dispositivo, pero como es una IP dinámica la que tenemos en internet sería muy complicado saberla, es por eso que se utiliza el signo % la cual le da acceso a todas las direcciones IP siempre y cuando el usuario y contraseña sea el correcto.

#### 4.8.5 Conexión entre la base de datos y la página web

Para entablar la comunicación con de la base de datos con la página web, se crearon unas funciones en código PHP las cuales se encarga de digitar el nombre del servidor, el usuario, la clave e imprimir el valor de la variable que se desea.

Este es el código en PHP usado en la función para realizar la conexión de la base de datos y la página web.



```
1 <?php
2 class presion{
3     function recuperardatos(){
4         $con = mysql_connect('SERVIDOR:3306', 'USUARIO', 'CONTRASEÑA');
5         if (!$con) {
6             die('No pudo conectarse: ' . mysql_error());
7         }
8
9         mysql_select_db('NOMBRE DE LA BASE DE DATOS',$con) or die ("No se encontro base de datos");
10        $query = "SELECT * FROM NOMBRE DE LA TABLA";
11        $resultado = mysql_query($query);
12
13        while($fila = mysql_fetch_array($resultado)){
14            echo "$fila[Presion]KPa";
15        }
16    }
17 }
18 ?>
```

**Figura 78. Editor Note pad, para realizar código HTML y PHP**

#### 4.8.6 Funcionamiento de la página web

La página web se diseñó más que todo con propósito de visualización remota, aquí se puede observar las 5 variables ya sea su valor numérico, o su magnitud mediante una gráfica, en la parte de abajo describe la fecha y hora en la que se tomó y subió a la nube las muestras, en la parte de arriba se

pueden apreciar 5 pestañas las cuales le brindan al usuario la opción de descargar una aplicación android para el celular, descargar el software de la estación meteorológica, ingreso al blog decoder donde puede pegar la trama NMEA del GPS, una opción de un video tutorial donde se explica el funcionamiento del sistema y una opción de ayuda.

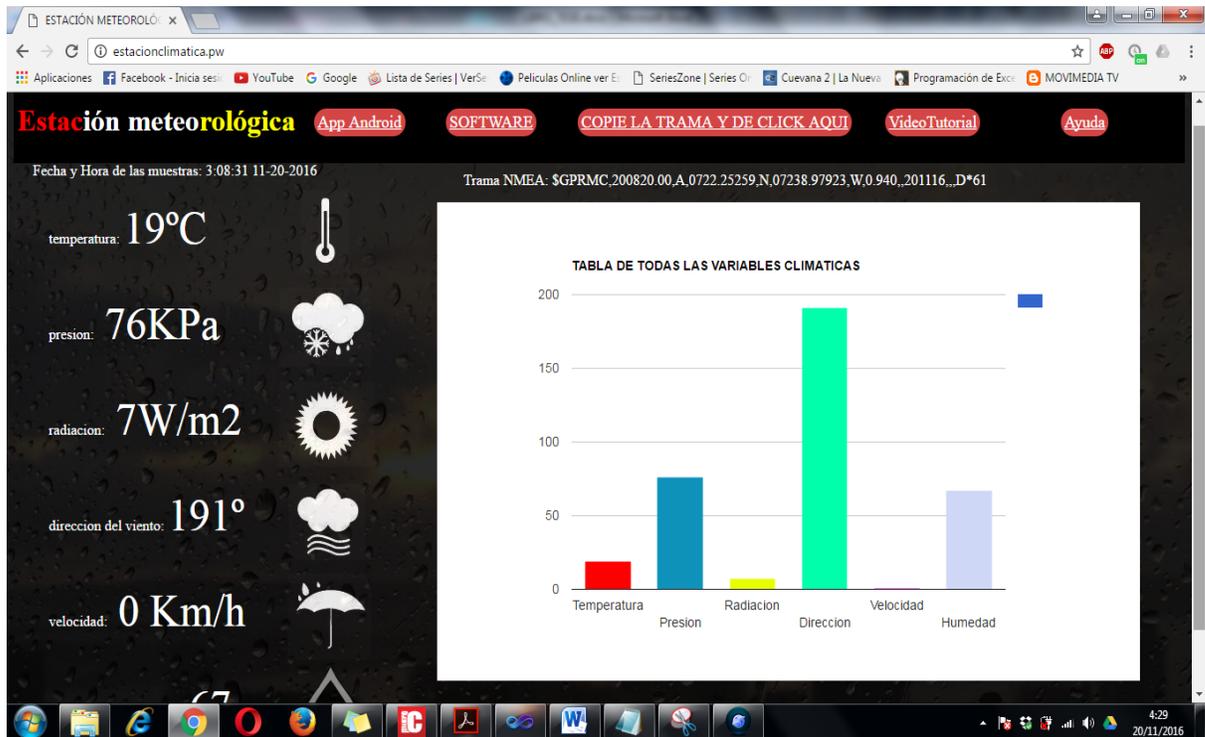
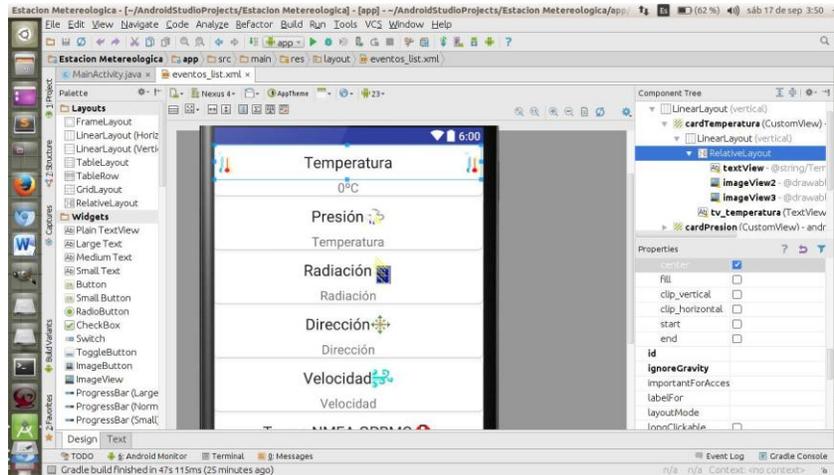


Figura 79. Diseño implementado de la página web de la estación meteorológica.

### 4.9 APLICATIVO ANDROID DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

Para complementar el monitoreo del sistema, se diseñó una aplicación en el software de Android studio, la cual tiene como función mostrarle al usuario el estado de las 5 variables, y la trama NMEA del GPS, su desarrollo parte principalmente de la página web, ya que se usa como medio para acceder a la información, es por eso que la aplicación requiere permisos para acceder a internet y el uso de algunas librerías.



**Figura 80. Plataforma de Android studio.**

Para empezar a describir el desarrollo de la aplicación se implementó una librería de java llamada JSoup la cual me permite ingresar una URL a la programación y extraer los Div o contenedores de la URL ingresada, es por eso que para el desarrollo de la página web se tuvo en cuenta mantener cada una de la variables definidas dentro de un contenedor, de la siguiente manera:

```

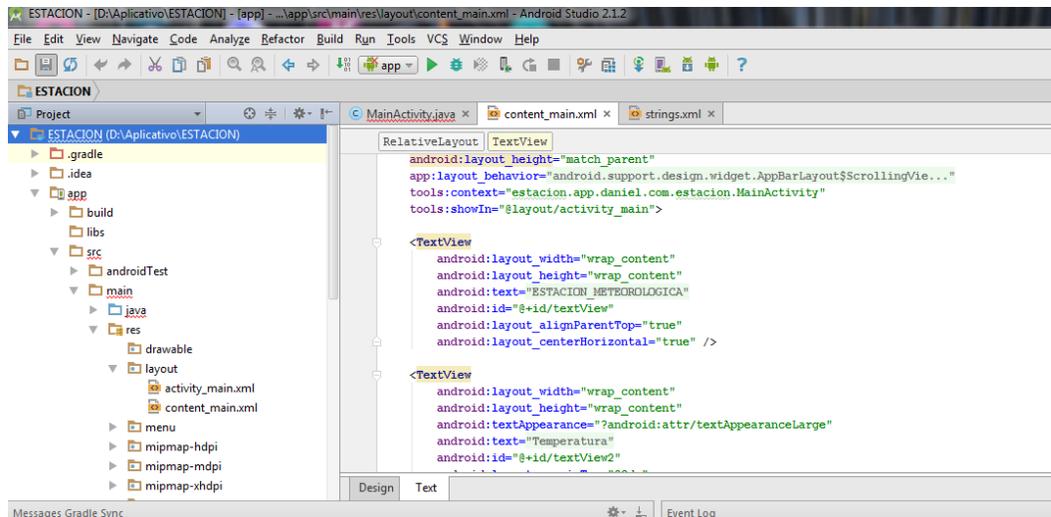
<div id="contenedor"><font color="white">
  <div class="Temperatura" id="temperatura">temperatura: <font size=8 color="white">
    <?php
      include("temperatura.php");
      $con1= new temperatura();
      $con1->recuperardatos();
    ?>
  </font> </div>
  <div class="Presion" id="presion">presion:<font size=8 color="white">
    <?php
      include("radiacion.php");
      $con1= new radiacion();
      $con1->recuperardatos();
    ?>
  </font> </div>

```

**Figura 81. Fragmento de código de la página web, donde se muestran los contenedores.**

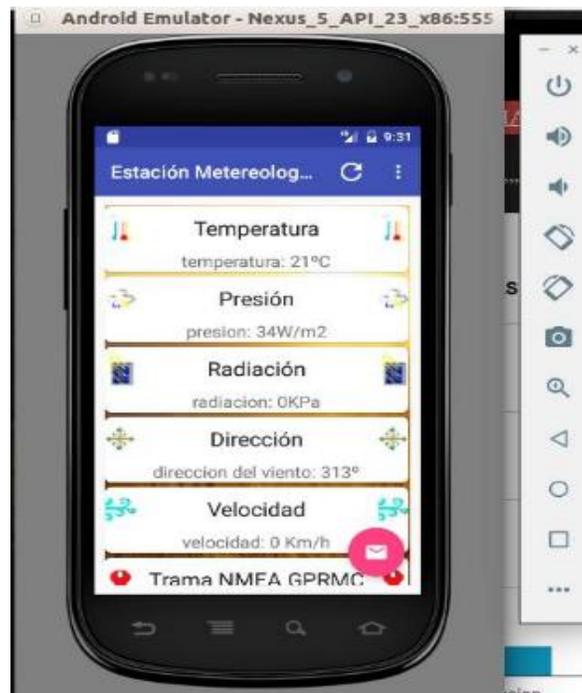
De aquí se toma la referencia, cada contenedor tiene una clase, la cual tiene su nombre que la identifica, en la figura se observa el Div que lleva la clase de temperatura y dentro de esta se inserta el código PHP el cual imprime la variable temperatura, el mismo procedimiento para las demás variables.

La librería jsoup es un parser HTML, que permite la extracción de información desde sitios web y se caracteriza por soportar DOM, CSS y métodos estilo JQuery para la selección de los datos a extraer.



**Figura 82. Entorno de Android Studio**

Ya dentro del software de android y habiendo instalado las librerías y permisos requeridos para acceder a internet, se observa que android es una mezcla de XML, java y algo de CCS.



**Figura 83. Emulando la aplicación con Android studio.**

El resultado final es una interfaz sencilla y cómoda, agradable a los ojos del usuario, donde solo se observa la información. La descarga de la App se encuentra dentro de las pestañas de la página web.



# **CAPÍTULO 5**

---

En este capítulo se plasma los análisis y resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto, así como pruebas de campo, presupuesto para la creación del sistema y demás aspectos relacionados al funcionamiento de la estación.

## 5. ANÁLISIS Y RESULTADOS

### 5.1 RESULTADOS

Para observar el comportamiento del sistema se llevó la estación a diferentes lugares para poner a prueba cada una de sus funciones.

#### 5.1.1 Comparación y calibración del sistema con la estación meteorológica del ISER

Para poder comparar las mediciones de las variables climáticas tomadas por el sistema, debido a que este tipo de sensores solo se encuentra en ciertos instrumentos, en este caso otra estación meteorológica.

Se encuentra en el Instituto Rural ISER, una estación meteorológica digital, la cual mide las mismas variables climáticas del sistema desarrollado en la tesis, la estación se encuentra ubicada en el último piso del edificio administrativo, el cual tiene 3 pisos, dándole a la estación una distancia aproximada de 10 o más metros lejos del suelo, la estación meteorológica del ISER se encuentra a cargo del ingeniero Darío Guerrero Silva.

El ingeniero nos dio permiso para ingresar al sitio donde se encontraba la estación funcionando, y ubicar nuestro sistema lo más cerca a la estación digital.



**Figura 84. Estación meteorológica del instituto rural ISER, modelo WH3081. [51]**

En la azotea del edificio se encontraba ubicada la parte sensorica de la estación, en el primer piso, se encontraba una habitación con varios computadores, con acceso a internet y el datalogger.



**Figura 85. Sistema meteorológico del Instituto Iser**

Esta estación toma mediciones durante todo el día, y genera un registro histórico en su memoria interna, la cual se sincroniza la etapa sensorica y el datalogger, el ingeniero se encarga de sincronizar el datalogger con el software para descargar el registro en el ordenador y subirlo a una página web.

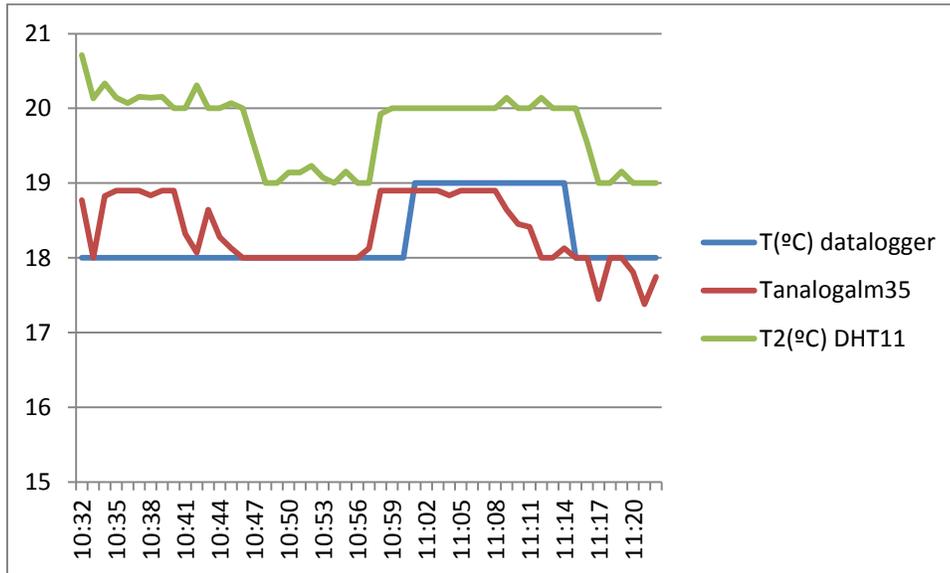


**Figura 86. Comparación de mediciones de los dos sistemas.**

Ambas estaciones se pusieron a operar 3 horas, desde las 12:00 del medio días hasta las 2:00 pm. Para después hacer una comparación de la toma de datos de ambas estaciones punto a punto.

Se pudo comparar la toma de las muestras obtenido una respuesta satisfactoria, con respecto a las unidades de medida de dicha estación.

Debido a que la estación se encontraba un poco lejos del instrumento patrón, la calibración de algunas variables se ve afectada, como lo son el caso de la velocidad del viento, y la dirección.



**Figura 87, Grafica de las variables de temperatura del sistema y la estación patrón del ISER**

De los datos obtenidos en la medición de temperatura se obtuvo una constante de proporcionalidad durante las mediciones más estables con relación al valor digital del LM35 y el resultado fue el siguiente:

$$T_{°C} = (V_{digital} * T_{patron}) / V_{digitalpatron}$$

$$T_{°C} = (V_{digital} * 18°C) / 200$$

$$T_{°C} = V_{digital} * 0,09$$

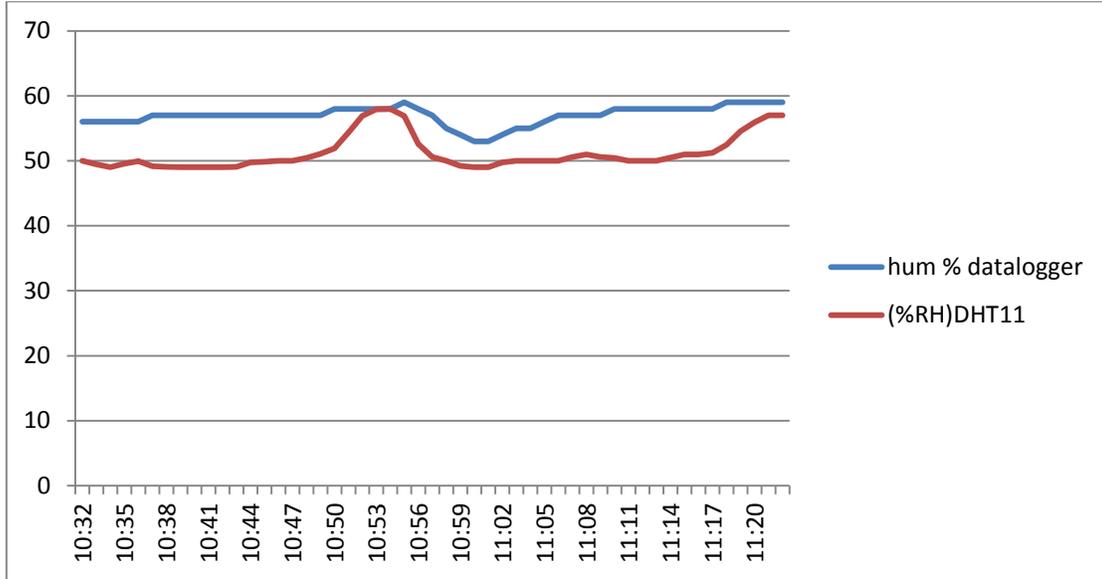
Esta es la ecuación resultante de la calibración si comparamos las dos ecuaciones, la teórica con la real obtenemos:

$$T_{°C\ teorica} = V_{digital} * 0,1$$

$$T_{°C\ real} = V_{digital} * 0,09$$

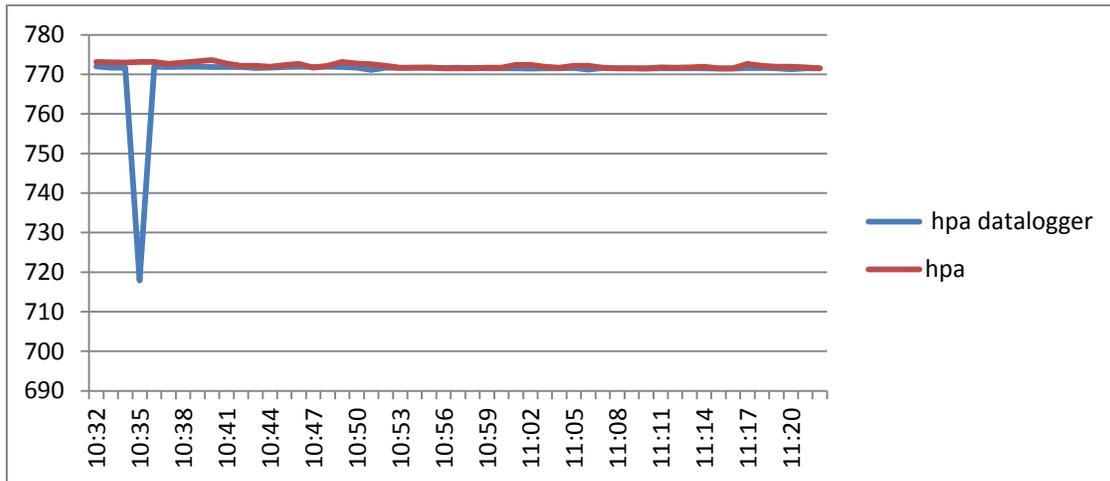
Se tenía un rango de error del 10% usando la ecuación teórica para realizar las conversiones. Se minimizo ese error usando la ecuación real para el sensor LM35,

el sensor DHT11 maneja  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  de diferencia con respecto al instrumento patrón  
ambos sensores se encuentran ahora lo más cerca a la variable patrón.



**Figura 88. Humedad relativa del sensor del sistema y el sensor patrón**

Durante las mediciones se observa un comportamiento muy similar entre ambas señales, ya que el sensor de humedad ya viene calibrado de fábrica.



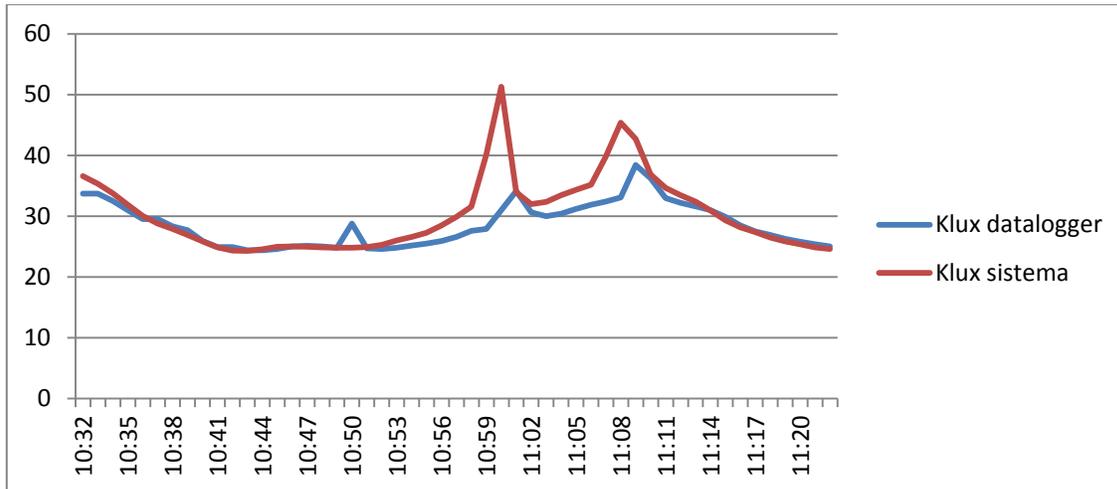
**Figura 89. Presión atmosférica del sensor del sistema y el sensor patrón**

Para la calibración del sensor de presión atmosférica se realizó el mismo procedimiento que con el sensor lm35, se tomó una muestra en el intervalo más estable y se obtuvo una ecuación real del comportamiento de la señal:

$$Presion_{hPa} = (V_{digital} * hPa_{patron}) / V_{digitalpatron}$$

$$Presion_{hPa} = (V_{digital} * 771,5hPa) / 265$$

$$Presion_{hPa} = V_{digital} * 2,911320755$$



**Figura 90. Radiación solar del sensor del sistema y el sensor patrón**

Debido a que el datasheet del sensor de radiación no especificaba muy bien las características eléctricas del sensor, usamos los valores digitales registrados por el Pic y se realizó una regla de 3 con una muestra estable en la medición obteniendo un comportamiento similar a la señal patrón:

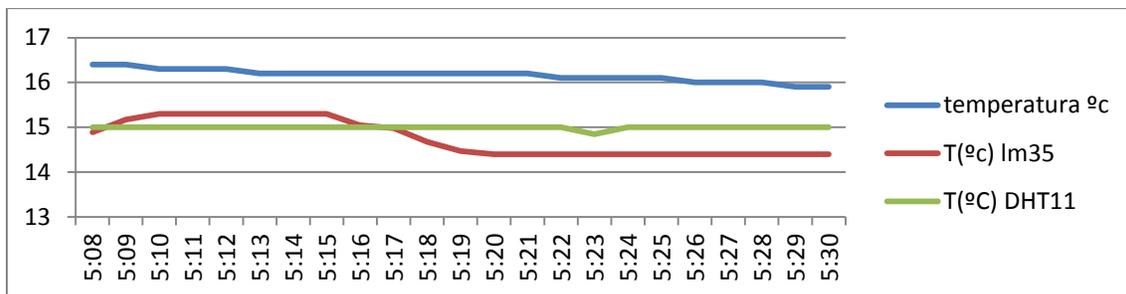
$$Radiación_{klux} = Valor_{digital} * 0,140510157$$

### **5.1.2 Comparación y calibración del sistema con la estación meteorológica del semillero de investigación de ingeniería agronómica**

Para la calibración de las demás variables decidimos usar otra estación meteorológica ubicada cerca de la piscina de la universidad de pamplona, esta estación es usada por un semillero de investigación del área de ingeniería agronómica, cuenta con la medición de temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, pluviómetro, velocidad y dirección del viento, es operada por un señor llamado Oscar el cual agradecemos su colaboración y amabilidad en el desarrollo de este trabajo, pudimos tener acceso directo con la estación, la

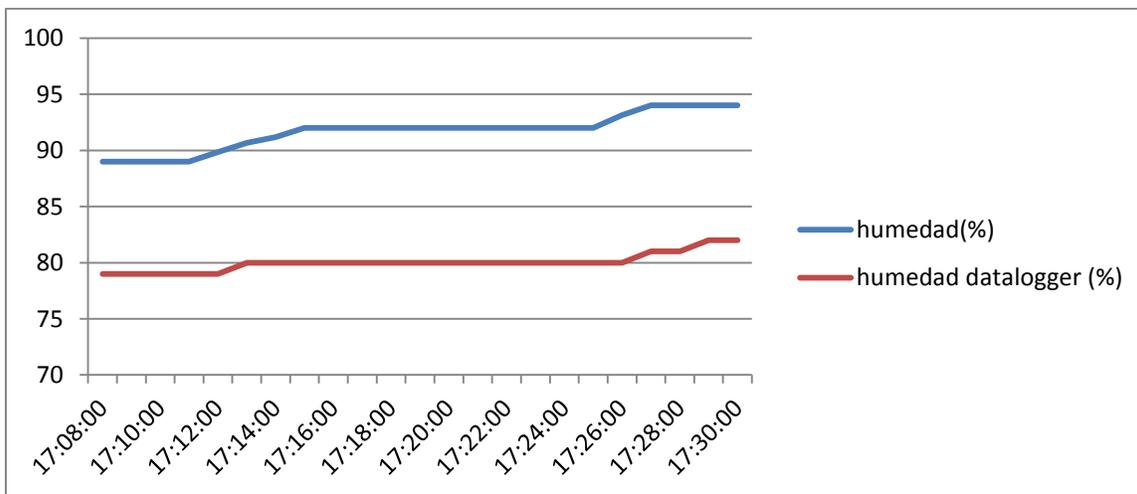
ubicamos los más cerca posible, ya que el sistema se encuentra instalado en el techo de un primer piso, debido a que la estación realizaba un muestreo cada 30 minutos se nos dificultó la toma de mediciones digitales, sin embargo la estación realizaba un envío inalámbrico cada minuto y se visualizaba en la pantalla táctil del sistema, la información se registró manualmente.

Solo se pudieron tomar el registro de 23 datos, mientras que nuestro sistema tomo en el transcurso de las 5:08 a las 5:30 392 datos, los cuales sumaremos, sacamos promedio y realizaremos una comparación punto a punto con los datos de la estación patrón.



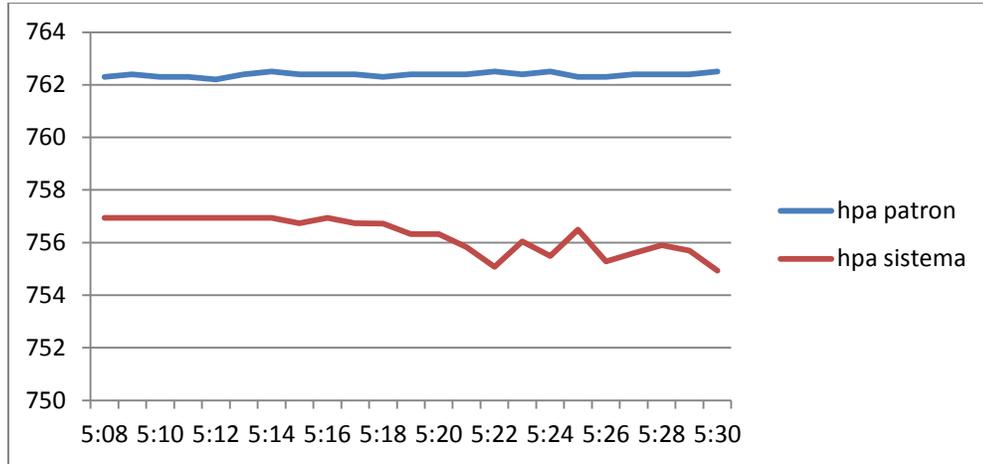
**Figura 91. Grafica de comparación de la medición de los dos sensores de temperatura, con el sensor patrón**

Se observa que la señal de temperatura de los sensores LM35 y DHT11 siguen manteniendo una diferencia de  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  con relación a la señal patrón, pero se encuentra en un rango aceptable.



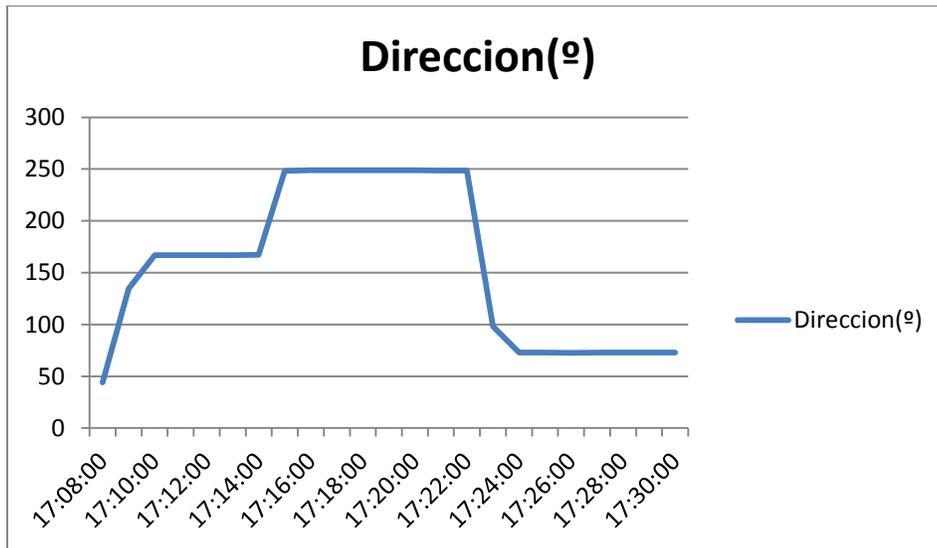
**Figura 92. Grafica de comparación de la medición de los dos sensores de Humedad**

El sensor de humedad relativa presento la misma respuesta que la estación del ISER mantiene una diferencia de 10% de humedad con respecto a la medida patrón, tal vez sea posible explicar este comportamiento debido a que el sensor DHT11 se encuentra más en contacto con la variable climática de humedad y no se encuentra dentro de alguna cubierta que lo proteja del todo.



**Figura 93. Grafica de comparación de la medición de presión Atmosférica.**

Analizando los datos recolectados se observa una diferencia de  $\pm 5$  hPa lo cual es una buena medición teniendo en cuenta que solo se pudieron recolectar 23 datos.



**Figura 94. Registro de datos del sensor de dirección del viento**

Al momento de comparar datos de dirección con el instrumento patrón se observaron comportamientos diferentes debido a los siguientes factores:

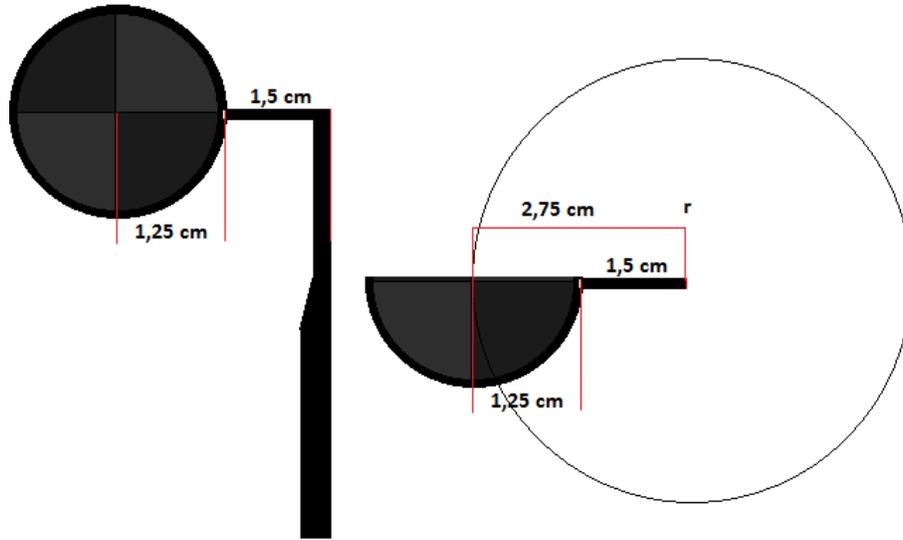
- Se desconoce la precisión con la que mide el instrumento patrón
- La ubicación del instrumento patrón se hizo de manera manual, guiándose por la posición del sol que una persona percibe con su sentido de la vista, lo cual introduce un gran margen de error, para este caso lo mejor es guiarse con una brújula.
- Las dimensiones de las veletas son diferentes, ambas ejercen una fricción diferente, lo cual su sensibilidad a la dirección del viento es diferente.
- Para la calibración del sensor de dirección del viento, nos fiaremos de las mediciones eléctricas tomadas en el capítulo 3, siendo mediciones de confiabilidad y precisión.



**Figura 95. Ubicación dada por el GPS cuando la estación se encontraba en el semillero de investigación cerca a la piscina**



**Figura 96. Calibración del sistema con la estación de la piscina**



**Figura 97. Dimensiones del anemómetro**

Debido a que se presentó el mismo inconveniente sucedido con la veleta, el anemómetro, presentaba dimensiones diferentes a los de los instrumentos patrones, y reaccionaba con sensibilidad diferente también, es por eso que nuestro anemómetro se calibrara teóricamente, aunque no se encontró una ecuación como tal, pero debe existir.

Se usaran ecuaciones de RPM con la mayor de las lógicas

$$\text{Perimetro} = 2\pi r$$

$$\text{Perimetro} = 2\pi(2,75\text{cm})$$

$$\text{Perimetro} = 17,27875959 \text{ cm}$$

$$\text{Perimetro} = 0,1727875959 \text{ m}$$

Esta es la distancia que recorre el anemómetro para realizar una vuelta.

$$N_{vueltas} = N_{pulsaciones} * 0,033333333$$

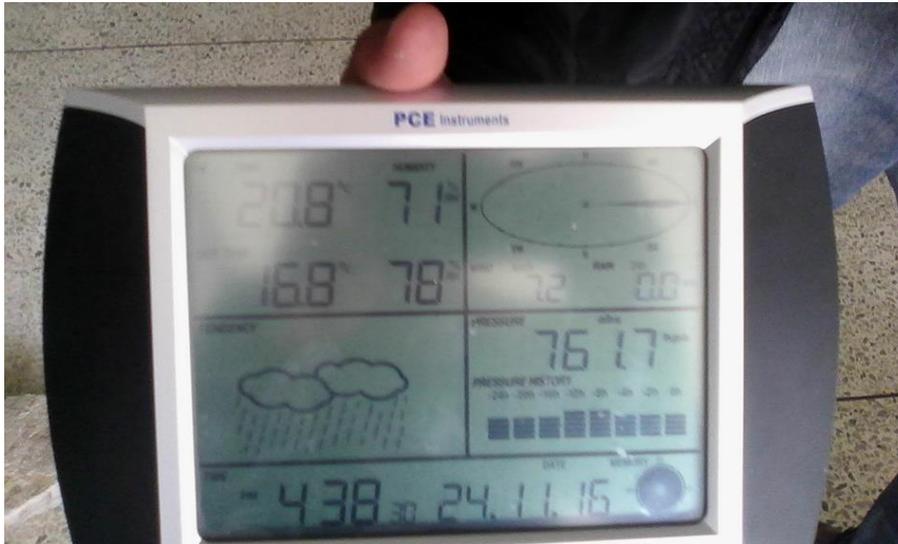
Con esta ecuación encontramos el número de vueltas en 1 segundo teniendo en cuenta que debe captar 30 pulsaciones para contarse 1 vuelta.

Podemos decir que estas son las revoluciones por segundo que realiza el anemómetro, ahora podemos relacionar el número de vueltas dadas en un segundo, con la distancia recorrida por el anemómetro en 1 vuelta

$$\text{Distancia recorrida} = N_{vueltas} * \text{Perimetro}$$

$$Distancia\ recorrida = N_{vueltas} * 0,1727875959\ m$$

Esta es la distancia que recorre en metros durante 1 segundo.



**Figura 98. Datalogger del semillero de investigación de ingeniería agrónómica**

### 5.1.3 Medición de las variables a campo abierto.

Para la toma de mediciones durante las 3 horas, la estación se programó para un muestreo de cada 4 segundos. Se obtuvo las siguientes cantidades de muestras:

Se creó una sola carpeta, la cual contenía 9 archivos .XLS dentro de cada archivo se registraron 255 muestras.

| Nombre   | Fecha de modifica... | Tipo                 | Tamaño |
|--|----------------------|----------------------|--------|
|  TEXT0000.XLS | 21/11/2016 12:09     | Hoja de cálculo d... | 31 KB  |
|  TEXT0001.XLS | 21/11/2016 12:28     | Hoja de cálculo d... | 31 KB  |
|  TEXT0002.XLS | 21/11/2016 12:46     | Hoja de cálculo d... | 31 KB  |
|  TEXT0003.XLS | 21/11/2016 1:05      | Hoja de cálculo d... | 31 KB  |
|  TEXT0004.XLS | 21/11/2016 1:24      | Hoja de cálculo d... | 31 KB  |
|  TEXT0005.XLS | 21/11/2016 1:42      | Hoja de cálculo d... | 31 KB  |
|  TEXT0006.XLS | 21/11/2016 2:01      | Hoja de cálculo d... | 31 KB  |
|  TEXT0007.XLS | 21/11/2016 2:20      | Hoja de cálculo d... | 31 KB  |
|  TEXT0008.XLS | 21/11/2016 2:39      | Hoja de cálculo d... | 7 KB   |

**Figura 99. Muestras tomadas el día de la calibración en formato .XLS**



## DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO INALÁMBRICO DE ALGUNAS VARIABLES CLIMÁTICAS

Se puede observar la fecha y hora del muestreo, junto con la hora de creación de los archivos lo cual es ideal al momento de guiarnos durante la selección y comparación de las muestras.

|    | A1   | f <sub>x</sub> | DATO   |                     |        |        |        |        |         |            |   |  |
|----|------|----------------|--------|---------------------|--------|--------|--------|--------|---------|------------|---|--|
|    | A    | B              | C      | D                   | E      | F      | G      | H      | I       | J          | K |  |
| 1  | DATO | T1(°C)         | P(KPa) | (W/m <sup>2</sup> ) | Dir(°) | (Km/h) | T2(°C) | (h%RH) | FECHA   | HORA       |   |  |
| 2  | 1    | 18             | 264    | 73                  | 255    | 104    | 15     | 75     | 21/ 11/ | 14/ 39/ 14 |   |  |
| 3  | 2    | 18             | 264    | 72                  | 254    | 65     | 17     | 74     | 21/ 11/ | 14/ 39/ 18 |   |  |
| 4  | 3    | 18             | 264    | 72                  | 256    | 75     | 17     | 74     | 21/ 11/ | 14/ 39/ 23 |   |  |
| 5  | 4    | 18             | 264    | 71                  | 274    | 110    | 15     | 75     | 21/ 11/ | 14/ 39/ 27 |   |  |
| 6  | 5    | 18             | 264    | 70                  | 262    | 150    | 17     | 74     | 21/ 11/ | 14/ 39/ 32 |   |  |
| 7  | 6    | 18             | 263    | 69                  | 269    | 207    | 17     | 74     | 21/ 11/ | 14/ 39/ 36 |   |  |
| 8  | 7    | 18             | 264    | 69                  | 267    | 185    | 17     | 74     | 21/ 11/ | 14/ 39/ 41 |   |  |
| 9  | 8    | 18             | 264    | 68                  | 270    | 160    | 17     | 74     | 21/ 11/ | 14/ 39/ 45 |   |  |
| 10 | 9    | 18             | 264    | 70                  | 270    | 135    | 17     | 74     | 21/ 11/ | 14/ 39/ 49 |   |  |
| 11 | 10   | 18             | 264    | 70                  | 269    | 140    | 17     | 74     | 21/ 11/ | 14/ 39/ 54 |   |  |
| 12 | 11   | 18             | 264    | 69                  | 270    | 94     | 15     | 75     | 21/ 11/ | 14/ 39/ 58 |   |  |
| 13 | 12   | 18             | 264    | 69                  | 270    | 79     | 17     | 74     | 21/ 11/ | 14/ 40/ 3  |   |  |
| 14 | 13   | 18             | 264    | 69                  | 330    | 100    | 17     | 74     | 21/ 11/ | 14/ 40/ 7  |   |  |
| 15 | 14   | 18             | 264    | 69                  | 330    | 74     | 17     | 75     | 21/ 11/ | 14/ 40/ 12 |   |  |
| 16 | 15   | 18             | 264    | 69                  | 333    | 33     | 17     | 74     | 21/ 11/ | 14/ 40/ 16 |   |  |
| 17 | 16   | 18             | 264    | 69                  | 341    | 29     | 17     | 75     | 21/ 11/ | 14/ 40/ 21 |   |  |
| 18 | 17   | 18             | 263    | 69                  | 326    | 72     | 17     | 75     | 21/ 11/ | 14/ 40/ 25 |   |  |

**Figura 100. Ultimo archivo .XLS creado por el sistema**

Podemos extraer de aquí que la toma de datos empezó a las 12:09 del mediodía, porque esa es la hora de la creación de la primera carpeta y tiempo en que se registró el primer dato, y finalizó a las 2:42 de la tarde hora de registro de la última muestra registrada.

- Tiempo de toma de muestras (12:09 am – 2:42 pm) = 153 min
- Se crearon 9 archivos .XLS en 153 min, donde cada archivo tiene un tiempo de muestreo de 4 segundos.
- Se registraron 2,089 muestras en el transcurso de 153 min
- Se notó un pequeño desfase de 13 min en el tiempo de muestreo, sin embargo se recolectó gran cantidad de datos suficiente para la recreación de la señal en el tiempo, lo cual hace que el tiempo de desfase sea relevante teniendo en cuenta que el sistema puede llegar a muestrear cada 1 Segundo y el tiempo de variación de las variables climáticas es lento.



## 5.2 ANALISIS

### 5.2.1 Análisis económico

La mayoría de componentes se adquirieron en la ciudad de Pamplona Norte de Santander, algunos dispositivos como módulos, reguladores, se compraron de manera online, el Hosting y dominio se consiguieron en una empresa colombiana. En la siguiente tabla se muestra la inversión realizada para la construcción e implementación del sistema.

| COMPONENTE                | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | INVERSION | FECHA DE COMPRA |
|---------------------------|----------|-----------------|-----------|-----------------|
| PIC18F2550                | 2        | 20.000.00       | 40.000.00 | 11/03/2016      |
| PIC18F4550                | 1        | 29.000.00       | 29.000.00 | 11/03/2016      |
| MAX232CPE                 | 1        | 3.000.00        | 3.000.00  | 23/04/2016      |
| CAPACITORES 1uF           | 5        | 100.00          | 500.00    | 23/04/2016      |
| MEMORIA MICRO SD 2GB      | 1        | 10.000.00       | 10.000.00 | 26/04/2016      |
| CONECTOR RJ11 HEMBRA      | 2        | 1.000.00        | 2.000.00  | 26/04/2016      |
| 74HC125                   | 1        | 1.500.00        | 1.500.00  | 26/04/2016      |
| BASE DE PIC PEQUEÑA       | 1        | 1.000.00        | 1.000.00  | 04/05/2016      |
| LM317                     | 1        | 1.500.00        | 1.500.00  | 05/05/2016      |
| 7805                      | 1        | 1.500.00        | 1.500.00  | 05/05/2016      |
| DS1307                    | 1        | 7.000.00        | 7.000.00  | 05/05/2016      |
| CRYTAL 12MHz              | 2        | 1.000.00        | 2.000.00  | 05/05/2016      |
| CRYTAL 33.768 KHz         | 1        | 1.000.00        | 1.000.00  | 05/05/2016      |
| BATERIA 3V                | 1        | 2.000.00        | 2.000.00  | 05/05/2016      |
| BASE DE BATERIA           | 1        | 2.000.00        | 2.000.00  | 05/05/2016      |
| ESP8266                   | 1        | 25.000.00       | 25.000.00 | 17/05/2016      |
| GY-GPS6MV2                | 1        | 70.000.00       | 70.000.00 | 21/08/2016      |
| BATERIA YTZ5S (12V-3.5Ah) | 1        | 67.000.00       | 67.000.00 | 27/08/2016      |
| JACK USB TIPO HEMBRA      | 1        | 2.000.00        | 2.000.00  | 06/10/2016      |
| BASE 16 PINES             | 1        | 400.00          | 400.00    | 06/10/2016      |
| BASE 8 PINES              | 2        | 300.00          | 600.00    | 06/10/2016      |
| BASE DE 40 PINES          | 1        | 700.00          | 1.400.00  | 06/10/2016      |
| BORNERA DE 2              | 6        | 1.200.00        | 7.200.00  | 06/10/2016      |
| BASE DE 28 PINES          | 2        | 1.000.00        | 2.000.00  | 06/10/2016      |
| DIPSWITCH DE 2            | 1        | 1.200.00        | 1.200.00  | 06/10/2016      |
| REGLETA ESTUDIANTIL       | 2        | 1.000.00        | 2.000.00  | 06/10/2016      |
| RELE 5VDC                 | 2        | 2.000.00        | 4.000.00  | 10/10/2016      |
| INTERRUPTOR               | 1        | 2.000.00        | 2.000.00  | 06/10/2016      |
| VENTILADOR 12V            | 1        | 12.000.00       | 12.000.00 | 10/10/2016      |
| LM35                      | 1        | 5.000.00        | 5.000.00  | 06/10/2016      |
| JACK RJ9 4 PINES          | 2        | 1.000.00        | 2.000.00  | 06/10/2016      |
| PIC12F567                 | 1        | 5.200.00        | 5.200.00  | 06/10/2016      |
| TRIMMER 10K               | 2        | 2.000.00        | 4.000.00  | 10/10/2016      |



**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO INALÁMBRICO DE ALGUNAS VARIABLES CLIMÁTICAS**

|                            |    |           |           |            |
|----------------------------|----|-----------|-----------|------------|
| <b>SWITCH CORREDOR</b>     | 1  | 700.00    | 700.00    | 10/10/2016 |
| <b>LM2576T5</b>            | 2  | 3.000.00  | 6.000.00  | 10/10/2016 |
| <b>ENVIO LM2576T5</b>      | 1  | 19.400.00 | 19.400.00 | 10/10/2016 |
| <b>ENVIO MICROSD</b>       | 1  | 8.500.00  | 8.500.00  | 10/10/2016 |
| <b>LEDS</b>                | 8  | 300.00    | 2.400.00  | 10/10/2016 |
| <b>DIODO ZENER</b>         | 11 | 300.00    | 3.300.00  | 10/10/2016 |
| <b>PUENTE RECTIFICADOR</b> | 1  | 3.000.00  | 3.000.00  | 10/10/2016 |
| <b>LM1117V3</b>            | 1  | 3.000.00  | 3.000.00  | 10/10/2016 |
| <b>PULSADOR</b>            | 2  | 1.500.00  | 3.000.00  | 10/10/2016 |
| <b>FUSIBLE</b>             | 1  | 100.00    | 100.00    | 10/10/2016 |
| <b>PORTA FUSIBLE</b>       | 2  | 50.00     | 100.00    | 10/10/2016 |
| <b>DISIPADOR</b>           | 2  | 2.000.00  | 4.000.00  | 10/10/2016 |
| <b>GLCD</b>                | 1  | 70.000.00 | 70.000.00 | 10/10/2016 |
| <b>ROUTER HUAWEI</b>       | 1  | 80.000.00 | 80.000.00 | 10/10/2016 |
| <b>Hosting</b>             | 1  | 20.000.00 | 20.000.00 | 29/10/2016 |
| <b>Dominio</b>             | 1  | 10.000.00 | 10.000.00 | 29/10/2016 |
| <b>DHT11</b>               | 1  | 20.000.00 | 20.000.00 | 19/11/2016 |

**Tabla 11. Precio de componentes**

En la siguiente tabla se describe la inversión realizada en materiales para la fabricación de la cobertura física del sistema.

| MAQUETA  | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | INVERSION | FECHA DE COMPRA |
|--|----------|-----------------|-----------|-----------------|
| <b>Aerosol negro</b>                           | 1        | 8.000.00        | 8.000.00  | 22/10/2016      |
| <b>Maqueta en aluminio</b>                     | 1        | 86.000.00       | 86.000.00 | 22/10/2016      |
| <b>Tornillos</b>                               | 10       | 250.00          | 2.500.00  | 22/10/2016      |
| <b>Lija</b>                                    | 1        | 3.000.00        | 3.000.00  | 22/10/2016      |
| <b>Corte de varilla de metal y perforación</b> | 1        | 3.000.00        | 3.000.00  | 22/10/2016      |
| <b>Serigrafía</b>                              | 2        | 1.500.00        | 3.000.00  |                 |
| <b>Conector para fuente de poder</b>           | 1        | 3.000.00        | 3.000.00  | 22/10/2016      |
| <b>Ácido Férrico</b>                           | 2        | 1.500.00        | 3.000.00  | 03/10/2016      |
| <b>Baquela</b>                                 | 1        | 6.750.00        | 6.750.00  | 03/10/2016      |
| <b>Hoja película transparente</b>              | 2        | 500.00          | 1.000.00  | 03/10/2016      |
| <b>Impresión laser</b>                         | 1        | 600.00          | 600.00    | 03/10/2016      |
| <b>Soldadura delgada</b>                       | 2        | 800.00          | 1600.00   | 06/10/2016      |
| <b>Perforaciones Baquela</b>                   | 400      | 25              | 10.000.00 | 16/10/2016      |

**Tabla 12. Precio de maqueta**

En la siguiente tabla se muestra inversión en materiales para la realización de un diseño presentable y de calidad. Haciendo énfasis en que una buena soldadura puede marcar la diferencia tanto estética y de funcionamiento.

| GASTOS VARIOS | CANTIDAD | PRECIO | INVERSION | FECHA DE |
|---------------|----------|--------|-----------|----------|
|---------------|----------|--------|-----------|----------|



**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO INALÁMBRICO DE ALGUNAS VARIABLES CLIMÁTICAS**

|                                    |   | UNITARIO                |           | COMPRA     |
|------------------------------------|---|-------------------------|-----------|------------|
| <b>ESTAÑO</b>                      | 5 | 1.000.00                | 5.000.00  | 26/04/2016 |
| <b>PINES REGLETA MACHO</b>         | 2 | 1.000.00                | 2.000.00  | 26/04/2016 |
| <b>CAUTIN+REPUESTO</b>             | 1 | 27.000.00               | 27.000.00 | 04/05/2016 |
| <b>BROCA PARA CIRCUITO IMPRESO</b> | 5 | 1.500                   | 7.500.00  | 04/05/2016 |
|                                    |   | <b>TOTAL: 41.500.00</b> |           |            |

**Tabla 13. Gastos varios**

|                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| <b>PRECIO TOTAL</b> | <b>709.450.00</b> |
|---------------------|-------------------|

**Tabla 14. Inversión del autor**

Hasta el momento esta fue la inversión monetaria del proyecto la cual no tuvo patrocinador y fue financiada por el autor, si se quisiera realizar la venta del dispositivo se debe tener en cuenta que no se ha mencionado la etapa sensorica, la cual tiene otro costo de fabricación, licencias de los programas para operarla legalmente y un costo de programación. En la siguiente tabla se muestra la cotización del dispositivo al momento de ponerlo en el mercado.

| ETAPA DE SENSORES                          |          |                            |
|--|----------|----------------------------|
| componente                                 | cantidad | precio                     |
| Rotary 6009                                | 1        | 8.000.00                   |
| MPXM2102AS                                 | 1        | 55.000.00                  |
| Mk 1-G Sol-A-Meter                         | 1        | 1.567.000.00               |
| PTN04050C                                  | 1        | -                          |
| INA122                                     | 3        | 45.000.00                  |
| HD74LS14                                   | 1        | 1.500.00                   |
| HOA086X                                    | 1        | -                          |
| LM2576S                                    | 1        | 3.000.00                   |
| MAX232                                     | 1        | 3.000.00                   |
| PIC18F2550                                 | 1        | 20.000.00                  |
| Conector rj11                              | 2        | 2.000.00                   |
| Cristal 20MHz                              | 1        | 1.000.00                   |
| Componentes pasivos                        | Varios   | 10.000.00                  |
| Fabricación PCB                            | 1        | 15.000.00                  |
| Precio de carcasa, cazoletas, veleta, etc. | 1        | 100.000.00                 |
| trípode                                    | 1        | 340.000.00                 |
|  |          | <b>TOTAL: 2.170.500.00</b> |

**Tabla 15. Precio de la etapa de sensores**

| LICENCIAS         |        |
|-------------------|--------|
| PROGRAMA          | PRECIO |
| Visual Basic 2010 | -      |



## DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO INALÁMBRICO DE ALGUNAS VARIABLES CLIMÁTICAS

|               |            |
|---------------|------------|
| MikroC Pro    | 770.958.36 |
| <b>TOTAL:</b> |            |

**Tabla 16. Costo de las licencias de los programas**

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| <b>PROGRAMACION DEL SISTEMA</b> |            |
| <b>Precio</b>                   | 500.000.00 |

**Tabla 17. Precio de la programación del autor**

Sumando todos los precios, la inversión del autor, el precio de la etapa de sensores, las licencias de los programas y el trabajo de programación realizado por el autor da como total:

|                                  |                     |
|----------------------------------|---------------------|
| <b>PRECIO TOTAL DEL SISTEMA:</b> | <b>3.379.950.00</b> |
|----------------------------------|---------------------|

**Tabla 18. Precio del sistema en el mercado**

El sistema tiene un costo elevado pero es debido a uno de sus sensores que tiene un costo casi igual al sistema.

### **5.2.2 Análisis ambiental**

La instalación del sistema climático de medición y registro de variables climáticas se realiza al aire libre, luego tiene impactos medioambientales que hay que cuidar y tener en cuenta, como la ubicación del sistema en un terreno baldío, a 10 metros sobre el suelo y con la protección adecuada.

En esa línea se encuentra las normativas de gestión ambiental impuestas por el ministerio de medio ambiente de Colombia, representado por el IDEAM donde establecen que al instalar sistemas de medición y monitoreo climático se debe tener en cuenta parámetros de protección para las personas y usuarios que manipulen e intervengan con estos equipos.

El sistema como tal, con todo y sus componentes eléctricos y electrónicos no provoca ningún tipo de emisión, vertido o ruido.

Se analizaron los efectos de este trabajo en la sociedad, como el impacto que tiene en sectores económicos fuertes como el transporte terrestre y aéreo, las telecomunicaciones, la agricultura y la ganadería, entre los más importantes en donde se examinan los factores climáticos para darle curso normal a sus actividades. Se concluye que no tiene ninguna influencia negativa sobre la sociedad y la naturaleza.



### **5.2.3 Marco legal**

El diseño del sistema se realizó con el programa de Proteus Professional v8.1, este es un software de automatización de diseño electrónico, que se usó con un fin estudiantil. TCP/IP es un protocolo abierto, lo que significa que se publican todos los aspectos concretos del protocolo y cualquiera los puede implementar libremente. La plataforma de Visual Basic es exprés y es de uso pago o de prueba. El programa MikroC Pro, se puede usar a nivel estudiantil pero requiere de una licencia y al no ser pago tiene limitaciones.

Además las partes o menciones del presente trabajo, tienen bases de diferentes autores que en ningún momento se desconocen y son nombradas en la bibliografía.



## CONCLUSIONES

- Durante la investigación sobre el monitoreo e instrumentación empleada en el proyecto, se destacó que las variables climáticas que caracterizan a la ciudad de Pamplona es la temperatura y la humedad, dentro de la ciudad existen varios instrumentos de medición meteorológicos, de los cuales se tuvo acceso a dos estaciones meteorológicas, que se emplean en el área de agronomía.
- comprendimos como opera una estación meteorológica, a pesar de que existan sistemas con el nombre de automático y autónomo no quiere decir que realice todo un proceso de pronóstico del tiempo, estos sistemas solo se encargan de facilitar el proceso de medición de las variables climáticas para que los profesionales se encarguen del resto dependiendo de su área de trabajo.
- Se diseñó el hardware del sistema, empleando componentes que se adaptaran a las necesidades que suple una estación meteorológica, como la de generar registros, almacenar información, transmitirla y visualizarla de la manera más óptima y práctica.
- La estación implementa un sistema de comunicación para adquisición de información proveniente de sensores de manera inalámbrica, usando un módulo wifi y el protocolo TCP/IP, haciendo que el sistema se vuelva más portable y útil ya que la mayoría de dispositivos incorporan este protocolo para comunicarse como ordenadores, celulares, etc.
- La Creación de la interfaz del sistema de monitoreo inalámbrico en el software de visual Basic 2010, genero una interfaz profesional y sencilla para los usuarios que manipulen el sistema, además de ser el puente entre una comunicación local y externa ya que a través de este se envían los datos al Hosting que aloja la base de datos y la página web.
- Al Integrar y validar el Hardware y software del sistema de monitoreo, se tuvo en cuenta sistemas de fábrica con tecnología actual, como estaciones digitales que cuentan con sensores calibrados, software funcionando e información que se procesa para profesionales en el campo de agronomía y demás.



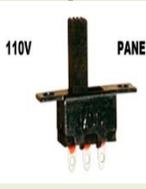
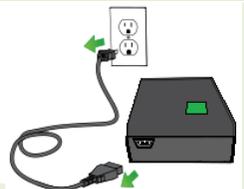
## DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO INALÁMBRICO DE ALGUNAS VARIABLES CLIMÁTICAS

- El sistema emplea tecnología actual, económica, haciendo de este un instrumento competitivo con otras estaciones que se encuentran en la actualidad en el mundo del comercio, además de tener un diseño único que la distingue de los demás sistemas.
- Se creó un aplicativo android y una página web la cual hacen que el sistema monitoree las variables de una manera sencilla y eficaz, reemplazando la comunicación GSM que tenía actualmente la estación, con el fin de que el usuario no tenga la necesidad de esperar recibir mensajes de texto cada intervalo de tiempo sino que dicha información está a su alcance a la fecha y hora que la desee.



## OBSERVACIONES Y RECOMENDADAS

- Utilizar los valores de voltaje que se recomiendan en las hojas de características de los dispositivos a trabajar.
- Mantenga limpia la zona de trabajo para evitar que los módulos sufran corto circuitos o desgastes que acorten el tiempo de vida útil.
- Para el funcionamiento de la estación, guiarse por las instrucciones impresas en el datalogger.
- Al momento de cargar la batería no exceder más de 9 horas para cuidar el estado de la batería.
- Cargue la batería solo cuando esta se encuentre en el nivel rojo.
- Si desea usar el sistema conectado al toma corriente siempre guiarse por el impreso en el datalogger.
- Para ahorrar energía utilice la iluminación de la pantalla solo cuando la requiera.
- El alcance de la señal Wifi depende del router que se esté utilizando.
- Para hacer uso de la página web y del aplicativo android recordar pagar cada año el servicio de alojamiento en el Hosting.
- Para recibir la información proveniente del datalogger en el ordenador no es necesario tener acceso a internet, ni datos.
- Si presenta fallos con la memoria Micro SD, solo formateela en formato FAT.
- Para entablar una comunicación inalámbrica primero debe tener encendido el router, y segundo ubicar el datalogger al alcance de la señal wifi.
- Para una buena toma de muestras recuerde ubicar la estación en un campo abierto, sin obstáculos.
- Para la medición de la dirección del viento, puede guiarse por los datos arrojados en la pantalla, 0° indica el Norte, si no tiene una brújula tome como referencia la posición del Sol, donde el oriente es donde sale y occidente donde se oculta.

| MODOS DE FUNCIONAMIENTO DEL DATALOGGER  |   |  |  |                  |
|---|---|--|--|------------------|
| Interruptor azul  | Interruptor negro   | Toma corriente   | Función  |                  |
|    |  |  | Modo de operación del dispositivo según sus conexiones |                  |
| MODOS DE CONFIGURACION  |   |  |  |                  |
| 1   | ON  | 110V   | CONECTADO  | ENCENDIDO        |
| 2   | ON  | --   | DESCONECTADO   | ENCENDIDO        |
| 3   | OFF   | PANEL  | CONECTADO  | CARGANDO BATERIA |
| 4   | OFF   | --   | DESCONECTADO   | APAGADO          |
| Recomendaciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Primero configure el interruptor azul, después el negro y por último él toma corriente</li> <li>• Si va a utilizar el dispositivo conectado al toma corriente use la opción 1</li> <li>• Si va a utilizar el dispositivo a campo abierto use la opción 2</li> <li>• para cargar la batería use la opción 3, recuerde no exceder el tiempo de carga más de 24 horas, para alargar la vida útil de la batería. Tiempo mínimo 6 hr.</li> <li>• Para apagar el dispositivo use la opción 4.</li> <li>• Para un buen funcionamiento opere el dispositivo bajo las configuraciones recomendadas (1, 2, 3,4).</li> </ul> |   |  |  |                  |

**Tabla 19. Modo de operación de la estación**

| verde  | amarillo    | rojo      | Descripción De la batería |
|--|-------------|-----------|---------------------------|
| parpadeando  | apagado     | apagado   | Carga máxima              |
| encendido  | apagado     | apagado   | Carga < 80%               |
| apagado  | parpadeando | encendido | Carga < 70%               |
| apagado  | Apagado     | encendido | Carga < 50%               |
| Recomendaciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando la batería se encuentre &lt; 50% realice la configuración 3 para cargar la batería, recuerde no exceder más de 24 horas, para alargar la vida útil de la batería. Tiempo mínimo 6 hr.</li> <li>• Si la batería esta &lt; 50% el dispositivo no podrá funcionar.</li> <li>• Cuando el dispositivo se encuentre cargando ninguno de los indicadores encenderá, es por eso que debe llevar cuenta del tiempo que lleva cargando la batería. (configuración 3)</li> </ul> |             |           |                           |

**Tabla 20. Indicadores Led de la batería**



## BIBLIOGRAFÍA

- [1] MÁRQUEZ MARÍN, Ronal. DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE MEDICIÓN Y REGISTRO DE VARIABLES CLIMÁTICAS PARA UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA. Pamplona, 2004, 156p. Tesis para obtener el título de Ingeniero Electrónico. Universidad de Pamplona. FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA. DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES.
- [2] MENDOZA ROZO, Edgar Yesid. METODOLOGÍA DE DISEÑO PARA IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS METEOROLÓGICOS PARA AEROPUERTOS. Pamplona, 2006, 61p. Tesis para obtener el título de Ingeniero Electrónico. Universidad de Pamplona. FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA. DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES.
- [3] VESGA BOLÍVAR, Adriana Isabel. DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO EN LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA (EMA) DEL AEROPUERTO CAMILO DAZA DE LA CIUDAD DE CÚCUTA NORTE DE SANTANDER. Pamplona, 2010, 222p. Tesis para obtener el título de Ingeniera en Telecomunicaciones. Universidad de Pamplona. FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA. DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES.
- [4] Ing. Reinaldo Almario Ospino, PhD. Bladimir Azdrubal Ramón Valencia y PhD. Jacipt Alexander Ramón Valencia. Sistema de adquisición de datos para el monitoreo de la calidad del agua a través de las variables de pH, conductividad, temperatura y oxígeno disuelto. En: La revista Colombiana de Tecnología de Avanzada. ISSN: 1692-7257 - Volumen 1 - Número 17 - Año 2011
- [5] ARANGO PARRADO, Daniel. RINCÓN INFANTE, Freddy. MANRIQUE DAZA, Lisandro. BUITRAGO, Diana. Estación meteorológica Inalámbrica. En: Umbral Científico, núm. 17, diciembre, 2010, pp. 66-72 Universidad Manuela Beltrán Bogotá, Colombia.
- [6] BRAVO, Diego. GARCÍA, Alexander. MUÑOZ, Walter. Diseño e implementación de un prototipo de estación meteorológica. En: La revista Colombiana de Tecnología de Avanzada. Revista Universitaria en Telecomunicaciones Informática y Control. Volumen 1. N° 2. Noviembre 2012. ISSN 2227 - 3735



## DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO INALÁMBRICO DE ALGUNAS VARIABLES CLIMÁTICAS

- [7] CARBONELL POLO, Nancy Elcira. DE LA ROSA, Daniel Eduardo. PROTOTIPO DE ESTACIÓN METEOROLÓGICA PARA LA MEDICIÓN DE VARIABLES AMBIENTALES APLICANDO TÉCNICAS DE DISEÑO EXPERIMENTAL Y EL USO DE LA PLATAFORMA EMBEBIDA ARDUINO. Barranquilla, 2013, 160p. Tesis para obtener el título de Ingeniero Electrónico e Ingeniero Industrial. Universidad de la Costa. FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.
- [8] VÁZQUEZ, Raimundo. ROBLEDO, Alberto. TOLEDO, Pablo. LEONCIO, Mason. CANALÍ, Jorge Luis. Desarrollo de un procedimiento para construir un Datalogger de bajo presupuesto utilizando un dispositivo genérico, memorias seriales y tarjeta flash SD. En: las II jornadas de investigación en ingeniería del NEA y países limítrofes la Universidad Tecnológica Nacional en Resistencia-Chaco, Republica de Argentina en el año 2005.
- [9] Ing. Quito Ávila Mónica y PhD. Corrales Luis. Diseño y construcción de un Datalogger universal con comunicación RS-232 y USB hacia un PC. En la Escuela Politécnica Nacional publicado en la XIX jornadas en Ingeniería Eléctrica y Electrónica Quito-Ecuador JIEE, Vol. 19, 2005.
- [10] SANMARTÍN YAGUANA, Diego Alexander. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN DATALOGGER USANDO TECNOLOGÍA DE MEMORIA FLASH, 2011, 118p. Tesis para la obtención del título de ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Universidad técnica particular. ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES.
- [11] Obed Manaces Quijada y Angelberto Argueta Sorto. Diseño y construcción de un instrumento electrónico para cuantificar magnitudes físicas (Datalogger), San Salvador, 2011, 109p. Tesis para el título de ingenieros electricistas. Universidad de el salvador. ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES. FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA. ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
- [12] UREÑA ELIZONDO, Fernando. Utilización de Estaciones Meteorológicas Automáticas Como Nueva Alternativa Para El Registro Y Transmisión de Datos Fernando Ureña Elizondo. En: Revista Posgrado y Sociedad, Sistema de Estudios de Posgrado Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica. Vol.; 11. No 1 (Marzo.2011); p. 33-49.
- [13] ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA METEOROLOGIA, Guía de Instrumentos Y Métodos de Observación Meteorológicos Guía de Instrumentos Y Métodos de Observación Meteorológicos. OMM-No 8, 2010, p. 773.



- [14] ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA METEOROLOGÍA, “Guía de prácticas Climatológicas”. Edición de 2011. OMM N° 100, 2011, p. 128.
- [15] RODRIGUEZ JIMENEZ, Rosa María. BENITO, Águeda y PORTELA LOZANO, Adelaida. “Meteorología y Climatología”. FECYT (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología). 2004, p. 141.
- [16] IDEAM, ‘Medición, Procesamiento de La Información Y Red de Estaciones Que Miden Viento En Colombia’, *Atlas de Viento Y Energía Eólica de Colombia*, 2006, p. 123–34.
- [17] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Sistema de Información Ambiental. {En línea}. {Consultado el 26 de marzo 2016}. Disponible en: (<http://www.ideam.gov.co>)
- [18] Sitio web de la Gobernación de Norte de Santander. {En línea}. {Consultado el 26 de marzo 2016}. Disponible en: (<http://www.nortedesantander.gov.co/Gobernaci%C3%B3n/Nuestro-Departamento/Informaci%C3%B3n-General-Norte-de-Santander>).
- [19] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Atlas Climatológico de Colombia. {En línea}. {Consultado el 26 de marzo 2016}. Disponible en: (<http://www.ideam.gov.co/AtlasWeb/info/Textos/Departamentos/memoNORTESANTANDER.pdf>)
- [20] RAIG, S.A. Tienda de instrumentos del sector astronómico, óptico y meteorológico. {En línea}. {Consultado el 28 de marzo 2016}. Disponible en: (<http://www.raig.com/tienda/meteorologia/estaciones-meteorologicas/estaciones-meteorologicas-analogicas/estacion-meteorologica-exterior-blanca-max-min->).
- [21] RAIG, S.A. Tienda de instrumentos del sector astronómico, óptico y meteorológico. {En línea}. {Consultado el 28 de marzo 2016}. Disponible en: (<http://www.raig.com/tienda/meteorologia/estaciones-meteorologicas/estaciones-meteorologicas-digitales/estaciones-meteorologicas-digitales-profesionales/est-meteo-profesional-wmr200-oregon>)
- [22] Campbell Scientific Spain S.L. {En línea}. {Consultado el 28 de marzo 2016}. Disponible en: (<http://www.campbellsci.es/>)
- [23] CLAVIJO MENDOZA, Juan Ricardo. Diseño y Simulación de Sistemas Microcontrolados En Lenguaje C. Colombia. 2011, 289p.



## DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO INALÁMBRICO DE ALGUNAS VARIABLES CLIMÁTICAS

- [24] BASH, Eleanor. "Basic Para Microcontroladores Pic". PhD Proposal, 1 (2015), p. 425.
- [25] Cypress Semiconductor Corporation. {En línea}. {09 noviembre de 2016} disponible en: (<http://www.cypress.com/documentation/application-notes/an50987-getting-started-i2c-psoc-1>).
- [26] LOPEZ PEREZ, Eric. "INGENIERIA EN MICROCONTROLADORES Protocolo SPI (Serial Peripheral Interface)". Technology, 2008, p.1-10.
- [27] Eric López Perez, 'INGENIERIA EN MICROCONTROLADORES Protocolo SPI( Serial Peripheral Interface)', *Technology*, 2008, 1–10 <<http://www.i-micro.com/pdf/articulos/spi.pdf>>.
- [28] POVEDA, Salvador. CREMADES, Mario. GARCIA, Domenech. CHONATA, José. JORDA, Jorge. "Tarjetas de Secure Digital". {En línea}. {Consultado el 9 de noviembre 2016}. Disponible en: (<http://server-die.alc.upv.es/asignaturas/PAEEES/2006-07/Tarjetas%20SD.pdf>).
- [29] Texas Instruments, 'LM2576 / LM2576HV Series SIMPLE SWITCHER ® 3A Step-Down Voltage Regulator Datasheet', Texas Instruments Datasheet, 2013, 1–24. {En línea}. {Consultado el 9 de noviembre 2016}. Disponible en:(<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2576.pdf>).
- [30] Wide Input and others, '12-W, 3.3 / 5-V INPUT, WIDE OUTPUT ADJUSTABLE BOOST CONVERTER Up to 12 W Output Power', 2011. {En línea}. {Consultado el 9 de noviembre 2016}. Disponible en:(<http://html.alldatasheet.com/html-pdf/131853/TI/PTN04050C/26/1/PTN04050C.html>).
- [31] Tom Matoušek, 'I2C Bus', Texas Instruments, 2319–22. {En línea}. {Consultado el 9 de noviembre 2016}. Disponible en:(<http://www.ti.com/lit/an/slva704/slva704.pdf>).
- [32] Two Drivers and Two Receivers, Max 232, Texas Instruments. {En línea}. {Consultado el 9 de noviembre 2016}. Disponible en:(<http://html.alldatasheet.com/html-pdf/27251/TI/MAX232/20/1/MAX232.html>).
- [33] Burr-Brown, 'Single Supply, Micro Power INSTRUMENTATION AMPLIFIER', 6133.520 (1997), 1–12. {En línea}. {Consultado el 9 de noviembre 2016}. Disponible en:(<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/56680/BURR-BROWN/INA122.html>).
- [34] In Dia and Servo Mount, '6009 SERIES STANDARD PRODUCT OFFERING 6009 SERIES', 7–8. {En línea}. {Consultado el 9 de noviembre



- 2016}. Disponible en:(  
<http://media.digikey.com/pdf/Data%20Sheets/Measurement%20Specialties%20PDFs/6009%20Series.pdf>).
- [35] Transmissive Sensor, 'HOA086X / 087X', 737, 274–77. {En línea}. {Consultado el 9 de noviembre 2016}. Disponible en:(  
[http://sensing.honeywell.com/index.php?ci\\_id=50397](http://sensing.honeywell.com/index.php?ci_id=50397)).
- [36] Freescale Semiconductor, 'Freescale Semiconductor 100 kPa On-Chip Temperature Compensated Silicon Pressure Sensors', 2012. {En línea}. {Consultado el 9 de noviembre 2016}. Disponible en:(  
<http://www.electronics-ic.com/upfile/pdf/8b/MPXM2102AS.pdf>).
- [37] Inc. 537', MK 1-G SOL-A-METER, 2007. {En línea}. {Consultado el 9 de noviembre 2016}. Disponible en:(  
[http://www.matrix-solar.com/\\_sub\\_files/images/mk1-spec.pdf](http://www.matrix-solar.com/_sub_files/images/mk1-spec.pdf)) o ([http://www.matrix-solar.com/\\_sub\\_files/instruments\\_page.htm](http://www.matrix-solar.com/_sub_files/instruments_page.htm)).
- [38] EBAY, mercado online. {En línea}. {Consultado el 9 de noviembre 2016}. Disponible en (<http://www.ebay.com/itm/Lot-of-2-Qualimetrics-INC-Model-9000-AS-IS-/171814293343?hash=item2800ee0f5f%3Ag%3A1S4AAOSwBLIVbzmv>).
- [39] Microchip, 'PIC18F2455/2550/4455/4550 Datasheet', 2009, 438. {En línea}. {Consultado el 9 de noviembre 2016}. Disponible en:(  
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39632e.pdf>).
- [40] General Description, 'LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors Precision Centigrade Temperature Sensors', 2000, 1–13. {En línea}. {Consultado el 9 de noviembre 2016}. Disponible en:(  
<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>).
- [41] Integrated Maxim, 'DS 1364 X 8, Serial, I C Real-Time Clock', 2015, 1–14. {En línea}. {Consultado el 9 de noviembre 2016}. Disponible en:(  
<https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS1307.pdf>).
- [42] SOFTZONE. {En línea}. {Consultado el 15 de noviembre 2016}. Disponible en: (<http://www.softzone.es/2015/12/13/diferencias-fat32-ntfs-exfat-debo-elegir/>).
- [43] Mercado Libre. GYNEO6MV2. {En línea}. {Consultado el 15 de noviembre 2016}. Disponible en: ([http://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-430529815-modulo-gps-arduino-neo-6m-ublox-\\_JM](http://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-430529815-modulo-gps-arduino-neo-6m-ublox-_JM)).



## DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO INALÁMBRICO DE ALGUNAS VARIABLES CLIMÁTICAS

- [44] Blog waveshare. UART GPS NEO-6M (B). {En línea}. {Consultado el 15 de noviembre 2016}. Disponible en: ([http://www.waveshare.com/wiki/UART\\_GPS\\_NEO-6M\\_\(B\)](http://www.waveshare.com/wiki/UART_GPS_NEO-6M_(B))).
- [45] Blog. NMEA DATA. ). {En línea}. {Consultado el 15 de noviembre 2016}. Disponible en: (<http://www.gpsinformation.org/dale/nmea.htm>).
- [46] ESP8266 Datasheet, 'ESP8266EX Datasheet', Espressif Systems Datasheet, 2015, 1–31. {En línea}. {Consultado el 9 de noviembre 2016}. Disponible en: ([https://www.adafruit.com/images/product-files/2471/0A-ESP8266\\_\\_Datasheet\\_\\_EN\\_v4.3.pdf](https://www.adafruit.com/images/product-files/2471/0A-ESP8266__Datasheet__EN_v4.3.pdf)).
- [47] Blog de Pighixx. Comandos AT. {En línea}. {Consultado el 16 de noviembre 2016}. Disponible en: (<http://www.pighixx.com/test/wp-content/uploads/2014/12/ESP8266Ref.pdf>).
- [48] Blog de comunicación USB. {En línea}. {Consultado el 16 de noviembre 2016}. Disponible en: (<http://helmpcb.com/software/usb-hid-template-for-visual-basic-2005>).
- [49] Colombia **Hosting** Dominios. {En línea}. {Consultado el 16 de noviembre 2016}. Disponible en: (<https://www.latinamericahosting.com.co/>).
- [50] D-robotics Uk, 'Temperature Sensor DHT 11 Humidity & Temperature Sensor', DHT11 Datasheet, 2010, 9. {En línea}. {Consultado el 16 de noviembre 2016}. Disponible en: (<http://www.micropik.com/PDF/dht11.pdf>).
- [51] Introducción A Unidades D E Medida, 'Datos Técnicos', 2013. {En línea}. {Consultado el 16 de noviembre 2016}. Disponible en: (<http://www.meteostar.com.ar/descargas/estacion-%20meteorologica-wh3081-meteostar.pdf>).