



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES**  
**INDUSTRIALES**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE RED**  
**INALÁMBRICA DE NODOS INTELIGENTES PARA LA**  
**SUPERVISIÓN EN TIEMPO REAL DE VARIACIONES**  
**CLIMÁTICAS”**

**Trabajo de titulación**

Tipo: Propuesta tecnológica

Presentado para optar el grado académico de:

**INGENIERA EN ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES**  
**INDUSTRIALES**

**AUTORA: LUCIA NATALIA RUIZ VIVAS**

**DIRECTOR: ING. JOSÉ LUIS MORALES GORDON**

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, Lucia Natalia Ruiz Vivas

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, Lucia Natalia Ruiz Vivas, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, septiembre 2021



**Lucia Natalia Ruiz Vivas**

**171909350-0**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES**  
**INDUSTRIALES**

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Propuesta tecnológica, **IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE RED INALÁMBRICA DE NODOS INTELIGENTES PARA LA SUPERVISIÓN EN TIEMPO REAL DE VARIACIONES CLIMÁTICAS**, realizado por la señorita: **LUCIA NATALIA RUIZ VIVAS**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

|   | <b>FIRMA</b> | <b>FECHA</b> |
|---|--------------|--------------|
| Dr. Jose Rigoberto Muñoz Cargua<br><b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>         | _____        | 2021/09/09   |
| Ing. José Luis Morales Gordon<br><b>DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b> | _____        | 2021/09/09   |
| Ing. José Enrique Guerra Salazar<br><b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>           | _____        | 2021/09/09   |



## **DEDICATORIA**

El presente trabajo está dedicado a mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional como ser humano.

Lucia

## **AGRADECIMIENTO**

Me gustaría agradecer en estas líneas la ayuda prestada de muchas personas y colegas durante el proceso de investigación y redacción de este trabajo. En primera instancia, quisiera agradecer a mis padres que son quienes me han ayudado y apoyado en todo momento, a mi querido tutor que con sus conocimientos y experiencias de vida han forjado en mí, caminos de éxito y constancia con amor propio al trabajo.

Así de la misma manera expresar mi reconocimiento a la ESPOCH, por todas las atenciones e información prestada a lo largo de esta investigación.

A todos mis amigos, vecinos y compañeros que me han ayudado de manera desinteresada, gracias infinitas por toda la ayuda brindada a mi persona. Pero por sobre todas las cosas un agradecimiento infinito a mi tesoro quien es mi hija quien me ha levantado día con día con su amor y espíritu de superación, además de llenar mi vida con su luz y resplandor.

Lucia

## TABLA DE CONTENIDO

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| ÍNDICE DE TABLAS.....       | X     |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....      | XII   |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS.....     | XIV   |
| ÍNDICE DE ANEXOS.....       | XV    |
| ÍNDICE DE ABREVIATURAS..... | XVI   |
| RESUMEN.....                | XVIII |
| ABSTRACT.....               | XVIII |

### CAPÍTULO I

|   |   |
|---|---|
| 1. INTRODUCCIÓN.....                        | 1 |
| 1.1 Antecedentes.....                       | 1 |
| 1.2 Justificación del trabajo de grado..... | 3 |
| 1.2.1 <i>Justificación teórica</i> .....    | 3 |
| 1.3 Justificación aplicativa.....           | 5 |
| 1.4 Objetivo general.....                   | 5 |
| 1.4.1 <i>Objetivos específicos</i> .....    | 5 |
| 1.5 Alcance.....                            | 5 |

### CAPÍTULO II

|   |    |
|---|----|
| 2. MARCO TEÓRICO.....                               | 6  |
| 2.1 Variables climatológicas.....                   | 6  |
| 2.1.1 <i>Velocidad y dirección del viento</i> ..... | 6  |
| 2.1.2 <i>Temperatura</i> .....                      | 7  |
| 2.1.3 <i>Altitud</i> .....                          | 8  |
| 2.1.4 <i>Presión Atmosférica</i> .....              | 9  |
| 2.1.5 <i>Humedad Relativa</i> .....                 | 10 |
| 2.2 Estaciones meteorológicas.....                  | 10 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 2.2.1 | <i>En la provincia de Chimborazo</i> .....                 | 11 |
| 2.2.2 | <i>Estaciones meteorológicas del cantón Riobamba</i> ..... | 12 |
| 2.3   | <b>Redes inalámbricas</b> .....                            | 13 |
| 2.3.1 | <i>Redes de sensores inalámbricos</i> .....                | 13 |
| 2.4   | <b>Bases teóricas</b> .....                                | 14 |
| 2.4.1 | <i>Tecnologías inalámbricas</i> .....                      | 14 |
| 2.5   | <b>Topologías</b> .....                                    | 15 |
| 2.6   | <b>Tecnologías celulares</b> .....                         | 16 |
| 2.7   | <b>Tarjetas de desarrollo</b> .....                        | 16 |
| 2.8   | <b>Tecnología visual</b> .....                             | 17 |

### CAPTULO III

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 3.      | <b>METODOLOGÍA</b> .....   | 19 |
| 3.1     | <b>Requerimientos del sistema</b> .....  | 19 |
| 3.2     | <b>Consolidación general de MILU-EMC</b> .....                                       | 19 |
| 3.3     | <b>Arquitectura del hardware para MILU-EMC</b> .....                                 | 20 |
| 3.4     | <b>Diseño de la arquitectura del “MILU-EMC”</b> .....                                | 21 |
| 3.4.1   | <i>Diagrama de bloques del nodo sensor</i> .....                                     | 22 |
| 3.4.2   | <i>Diagrama de bloques del nodo máster</i> .....                                     | 22 |
| 3.4.3   | <i>Selección de los elementos hardware para la construcción del “MILU-EMC”</i> ..... | 23 |
| 3.4.3.1 | <i>Módulos GPRS/GSM</i> .....  | 23 |
| 3.4.3.2 | <i>Módulo SIM900</i> .....   | 24 |
| 3.4.4   | <b>Dispositivos de obtención de datos</b> .....                                      | 25 |
| 3.4.4.1 | <i>Sensor WS3000</i> .....   | 25 |
| 3.4.4.2 | <i>Sensor BMP180</i> .....   | 26 |
| 3.4.4.3 | <i>Sensor de humedad</i> .....   | 26 |
| 3.4.4.4 | <i>Sensor DHT11</i> .....  | 27 |
| 3.4.4.5 | <i>Módulo WIFI ESP8266</i> .....   | 28 |
| 3.4.4.6 | <i>Módulo XBEE</i> .....   | 29 |

|              |  |           |
|--------------|--|-----------|
| 3.4.4.7      | <i>Tarjetas de desarrollo Arduino</i>  | 30        |
| 3.4.4.8      | <i>Arduino Nano</i>  | 30        |
| 3.4.4.9      | <i>Módulo Micro SD</i>   | 31        |
| 3.4.4.10     | <i>Módulo RTC</i>  | 32        |
| 3.4.4.11     | <i>Regulador de voltaje LM 7805</i>  | 32        |
| 3.4.4.12     | <i>Regulador de voltaje LM 7833</i>  | 33        |
| 3.4.4.13     | <i>Display LCD de 16 terminales</i>  | 34        |
| 3.4.4.14     | <i>Batería seca</i>  | 34        |
| <b>3.4.5</b> | <b><i>Esquema de conexión del sistema inalámbrico</i></b>                        | <b>35</b> |
| 3.4.5.1      | <i>Diagrama de conexión del nodo sensor</i>                                      | 35        |
| 3.4.5.2      | <i>Diagrama de conexión del módulo del nodo máster</i>                           | 36        |
| <b>3.5</b>   | <b>Requerimientos de software para el MILU-EMC</b>                               | <b>37</b> |
| 3.5.1        | <i>Valores máximos y mínimos considerados en la puesta en marcha del sistema</i> | 37        |
| 3.5.2        | <i>Requerimientos de software del nodo sensor</i>                                | 38        |
| 3.5.3        | <i>Requerimientos de software del nodo máster</i>                                | 38        |
| 3.5.4        | <i>Herramientas de software del sistema</i>                                      | 39        |
| 3.5.4.1      | <i>Software XCTU</i>   | 39        |
| 3.5.4.2      | <i>Android studio</i>  | 40        |
| 3.5.4.3      | <i>Thing speak</i>   | 41        |
| 3.5.5        | <i>Programación de los nodos del sistema</i>                                     | 42        |
| 3.5.5.1      | <i>Diagrama de flujo del nodo sensor</i>   | 42        |
| 3.5.5.2      | <i>Librerías utilizadas en la programación del nodo sensor</i>                   | 43        |
| 3.5.5.3      | <i>Funciones que están incluidas en el sketch del nodo sensor</i>                | 44        |
| 3.5.5.4      | <i>Diagrama de flujo del nodo máster</i>   | 45        |
| 3.5.5.5      | <i>Librerías utilizadas en la programación del nodo máster</i>                   | 46        |
| 3.5.5.6      | <i>Funciones dentro del sketch del nodo máster</i>                               | 47        |
| 3.5.6        | <i>Configuración del módulo XBEE</i>   | 47        |
| 3.5.7        | <i>Presentación y visualización del sistema</i>                                  | 48        |
| 3.5.7.1      | <i>Creación de canales en la plataforma Thing Speak</i>                          | 48        |

|                |   |           |
|----------------|---|-----------|
| <b>3.6</b>     | <b>Análisis y resultados .....</b>                                    | <b>50</b> |
| <b>3.6.1</b>   | <b><i>Presentación del sistema.....</i></b>                           | <b>51</b> |
| <b>3.6.2</b>   | <b><i>Pruebas del nodo sensor .....</i></b>                           | <b>51</b> |
| <b>3.6.2.1</b> | <b><i>Pruebas de mediciones realizadas al nodo sensor .....</i></b>   | <b>51</b> |
| <b>3.6.2.2</b> | <b><i>Comparación de valores.....</i></b>                             | <b>52</b> |
| <b>3.6.2.3</b> | <b><i>Caracterización de las mediciones.....</i></b>                  | <b>53</b> |
| <b>3.6.2.4</b> | <b><i>Repetitividad del nodo sensor.....</i></b>                      | <b>56</b> |
| <b>3.6.2.5</b> | <b><i>Comunicaciones entre dispositivos del nodo sensor .....</i></b> | <b>59</b> |
| <b>3.6.3</b>   | <b><i>Pruebas del nodo máster .....</i></b>                           | <b>61</b> |
| <b>3.6.3.1</b> | <b><i>Pruebas de almacenamiento.....</i></b>                          | <b>62</b> |
| <b>3.6.3.2</b> | <b><i>Prueba de comunicación en el nodo Máster .....</i></b>          | <b>62</b> |
| <b>3.6.3.3</b> | <b><i>Pruebas de Rendimiento de MILU-EMC.....</i></b>                 | <b>63</b> |
| <b>3.6.4</b>   | <b><i>Funcionamiento general del sistema .....</i></b>                | <b>64</b> |

#### **CAPITULO IV**

|                |  |           |
|----------------|--|-----------|
| <b>4.</b>      | <b>GESTIÓN DEL PROYECTO .....</b>          | <b>65</b> |
| <b>4.1</b>     | <b>Cronograma .....</b>                    | <b>65</b> |
| <b>4.2</b>     | <b>Recursos humanos .....</b>              | <b>67</b> |
| <b>4.2.1</b>   | <b><i>Métodos y técnicas .....</i></b>     | <b>67</b> |
| <b>4.2.1.1</b> | <b><i>Métodos .....</i></b>                | <b>67</b> |
| <b>4.2.1.2</b> | <b><i>Técnicas.....</i></b>                | <b>67</b> |
| <b>4.3</b>     | <b>Recursos materiales .....</b>           | <b>67</b> |
| <b>4.3.1</b>   | <b><i>Por parte del Hardware .....</i></b> | <b>67</b> |
| <b>4.3.2</b>   | <b><i>Por parte del software.....</i></b>  | <b>68</b> |
| <b>4.3.3</b>   | <b><i>Presupuesto .....</i></b>            | <b>68</b> |
|                | <b>CONCLUSIONES.....</b>                   | <b>70</b> |
|                | <b>RECOMENDACIONES.....</b>                | <b>72</b> |

#### **BIBLIOGRAFÍA**

#### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

|                    |   |    |
|--------------------|---|----|
| <b>Tabla 1-2:</b>  | Niveles medios de temperatura y de sol durante el año 2020 en el Ecuador.....   | 7  |
| <b>Tabla 2-2:</b>  | Temperaturas y Altitud de las principales ciudades del Ecuador .....            | 8  |
| <b>Tabla 3-2:</b>  | Altitud y presión atmosférica de las principales ciudades agrícolas del Ecuador | 9  |
| <b>Tabla 4-2:</b>  | Niveles de altitud, temperatura y humedad óptimos para el crecimiento .....     | 10 |
| <b>Tabla 5-2:</b>  | Temperaturas del cantón Riobamba durante los meses del año .....                | 12 |
| <b>Tabla 6-2:</b>  | Comparación de tecnologías.....   | 14 |
| <b>Tabla 7-2:</b>  | Ventajas y desventajas de topologías de red .....                               | 15 |
| <b>Tabla 8-2:</b>  | Comparación de topologías .....   | 15 |
| <b>Tabla 9-2:</b>  | Comparación de tecnologías celulares .....                                      | 16 |
| <b>Tabla 10-2:</b> | Cuadro comparativo de tarjetas de desarrollo .....                              | 17 |
| <b>Tabla 11-2:</b> | Comparación entre una página web y una aplicación móvil .....                   | 18 |
| <b>Tabla 1-3:</b>  | Cuadro comparativo de módulos GPRS/GSM .....                                    | 23 |
| <b>Tabla 2-3:</b>  | Características módulo GPRS SIM900 .....  | 24 |
| <b>Tabla 3-3:</b>  | Características sensor WS3000 .....   | 25 |
| <b>Tabla 4-3:</b>  | Características sensor BMP180 .....   | 26 |
| <b>Tabla 5-3:</b>  | Cuadro comparativo de sensor de humedad .....                                   | 27 |
| <b>Tabla 6-3:</b>  | Características sensor DHT11 .....  | 28 |
| <b>Tabla 7-3:</b>  | Características del módulo WIFI ESP8266 .....                                   | 29 |
| <b>Tabla 8-3:</b>  | Características módulo XBEE.....  | 29 |
| <b>Tabla 9-3:</b>  | Comparación de las tarjetas de desarrollo de la familia Arduino.....            | 30 |
| <b>Tabla 10-3:</b> | Características módulo ARDUINO NANO .....                                       | 31 |
| <b>Tabla 11-3:</b> | Características módulo MICRO SD .....   | 32 |
| <b>Tabla 12-3:</b> | Características módulo RTC.....   | 32 |
| <b>Tabla 13-3:</b> | Características regulador LM 7805 .....   | 33 |
| <b>Tabla 14-3:</b> | Características regulador LM7833 .....  | 34 |
| <b>Tabla 15-3:</b> | Características LCD de 16 terminales .....                                      | 34 |
| <b>Tabla 16-3:</b> | Estación Meteorológica Automática “M1036” .....                                 | 53 |
| <b>Tabla 17-3:</b> | Mediciones de presión atmosférica y altitud de MILU-EMC y INAMHI .....          | 54 |
| <b>Tabla 18-3:</b> | Mediciones de temperatura y humedad relativa de MILU-EMC y INAMHI ....          | 55 |
| <b>Tabla 19-3:</b> | Mediciones de velocidad del viento de MILU-EMC y INAMHI.....                    | 56 |
| <b>Tabla 20-3:</b> | Repetitividad de mediciones de Presión Atmosférica y Altitud.....               | 57 |
| <b>Tabla 21-3:</b> | Repetitividad de mediciones de Temperatura y Humedad Relativa.....              | 57 |
| <b>Tabla 22-3:</b> | Repetitividad de mediciones de Velocidad del Viento.....                        | 58 |

|                    |                                       |    |
|--------------------|---------------------------------------|----|
| <b>Tabla 23-3:</b> | Potencia de Consumo de MILU-EMC ..... | 63 |
| <b>Tabla 1-4:</b>  | Presupuesto del prototipo .....       | 68 |



## ÍNDICE DE FIGURAS

|                     |  |    |
|---------------------|--|----|
| <b>Figura 1-2:</b>  | Estación meteorológica de la ESPOCH.....                     | 12 |
| <b>Figura 2-2:</b>  | Sistema de una WSN .....                                     | 13 |
| <b>Figura 1-3:</b>  | Arquitectura general del sistema.....                        | 20 |
| <b>Figura 2-3:</b>  | Arquitectura de Hardware de MILU-EMC.....                    | 21 |
| <b>Figura 3-3:</b>  | Módulo SIM900.....   | 24 |
| <b>Figura 4-3:</b>  | Sensor WS3000.....   | 25 |
| <b>Figura 5-3:</b>  | Sensor BMP180 .....  | 26 |
| <b>Figura 6-3:</b>  | Sensor DHT11 .....   | 28 |
| <b>Figura 7-3:</b>  | Módulo WIFI ESP8266 .....                                    | 28 |
| <b>Figura 8-3:</b>  | Módulo XBEE .....  | 29 |
| <b>Figura 9-3:</b>  | Arduino Nano.....  | 31 |
| <b>Figura 10-3:</b> | Módulo Micro SD.....   | 31 |
| <b>Figura 11-3:</b> | Módulo RTC .....   | 32 |
| <b>Figura 12-3:</b> | LM 7805 .....  | 33 |
| <b>Figura 13-3:</b> | LM 7833 .....  | 33 |
| <b>Figura 14-3:</b> | Display LCD de 16 terminales.....                            | 34 |
| <b>Figura 15-3:</b> | Batería seca .....   | 35 |
| <b>Figura 16-3:</b> | Diagrama de conexiones del módulo del nodo sensor .....      | 36 |
| <b>Figura 17-3:</b> | Diagrama de conexiones del módulo del nodo máster.....       | 37 |
| <b>Figura 18-3:</b> | Ventana de inicio de XCTU.....                               | 39 |
| <b>Figura 19-3:</b> | Ventana de inicio de Android Studio.....                     | 41 |
| <b>Figura 20-3:</b> | Página de inicio Thing Speak.....                            | 42 |
| <b>Figura 21-3:</b> | Configuración del módulo en el nodo sensor.....              | 48 |
| <b>Figura 22-3:</b> | Configuración del módulo en el nodo máster .....             | 48 |
| <b>Figura 23-3:</b> | Creación de canales.....                                     | 49 |
| <b>Figura 24-3:</b> | Canales de visualización en Thing Speak .....                | 49 |
| <b>Figura 25-3:</b> | Localización desde el punto remoto de envío de datos.....    | 50 |
| <b>Figura 26-3:</b> | Tabla de Resultados en Excel .....                           | 50 |
| <b>Figura 27-3:</b> | Sistema en funcionamiento .....                              | 51 |
| <b>Figura 28-3:</b> | Prototipo del nodo sensor.....                               | 52 |
| <b>Figura 29-3:</b> | Valores obtenidos de la estación meteorológica MILU-EMC..... | 52 |
| <b>Figura 30-3:</b> | Valores obtenidos de la estación meteorológica M1036.....    | 53 |
| <b>Figura 31-3:</b> | Comunicación entre el Arduino y el módulo SIM900.....        | 59 |
| <b>Figura 32-3:</b> | Comunicación entre el Arduino y el módulo WIFI ESP8266.....  | 60 |

|                     |   |    |
|---------------------|---|----|
| <b>Figura 33-3:</b> | Información de los sensores y visualizada en Microsoft Excel 2019 ..... | 61 |
| <b>Figura 34-3:</b> | Pruebas de funcionamiento del nodo máster.....                          | 61 |
| <b>Figura 35-3:</b> | Pruebas de almacenamiento .....   | 62 |
| <b>Figura 36-3:</b> | Prueba de comunicación .....  | 63 |
| <b>Figura 37-3:</b> | Funcionamiento general del sistema .....                                | 64 |

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

|                     |   |    |
|---------------------|---|----|
| <b>Gráfico 1-2:</b> | Precipitaciones registradas del mes de febrero y marzo..... | 11 |
| <b>Gráfico 1-3:</b> | Diagrama de bloques del nodo sensor .....                   | 22 |
| <b>Gráfico 2-3:</b> | Diagrama de bloques del nodo máster.....                    | 23 |
| <b>Gráfico 3-3:</b> | Diagrama de flujo del nodo sensor.....                      | 43 |
| <b>Gráfico 4-3:</b> | Diagrama de flujo del nodo máster .....                     | 46 |
| <b>Gráfico 1-4:</b> | Cronograma de trabajo .....                                 | 66 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|                 |   |
|-----------------|---|
| <b>ANEXO A:</b> | CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO SIM 900 SHIELD |
| <b>ANEXO B:</b> | CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR DHT11          |
| <b>ANEXO C:</b> | CARACTERÍSTICAS ARDUINO NANO              |
| <b>ANEXO D:</b> | CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR WS 3000        |
| <b>ANEXO E:</b> | CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR BMP180         |
| <b>ANEXO F:</b> | CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO WIFI ESP8266   |
| <b>ANEXO G:</b> | CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO XBEE           |
| <b>ANEXO H:</b> | CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO MICRO SD       |
| <b>ANEXO I:</b> | CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO RTC            |
| <b>ANEXO J:</b> | CARACTERÍSTICAS LCD 16 TERMINALES         |
| <b>ANEXO K:</b> | LM7805                                    |
| <b>ANEXO L:</b> | LM 7833                                   |
| <b>ANEXO M:</b> | CÓDIGO NODO MÁSTER MILU-EMC               |
| <b>ANEXO N:</b> | CÓDIGO NODO SENSOR MILU-EMC               |
| <b>ANEXO O:</b> | DATOS INAMHI                              |

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

|                   |   |
|-------------------|---|
| <b>INAMHI:</b>    | Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología |
| <b>WPAN:</b>      | Wireless Personal Área Network                  |
| <b>RPL:</b>       | Remote Program Load                             |
| <b>WSN:</b>       | Wileress Sensor Network                         |
| <b>PEA:</b>       | Población Económicamente Activa                 |
| <b>FAO:</b>       | Food and Agriculture Organization               |
| <b>ESPOCH:</b>    | Escuela Superior Politécnica de Chimborazo      |
| <b>UNACH:</b>     | Universidad Nacional de Chimborazo              |
| <b>WIFI:</b>      | Wileress Fidelity                               |
| <b>BLUETOOTH:</b> | Puerto Estándar                                 |
| <b>ZIGBEE:</b>    | Parte de Wpan.                                  |
| <b>WLAN:</b>      | Wileress Local Área Network                     |
| <b>GPRS:</b>      | General Packet Radio Service                    |
| <b>GSM:</b>       | Global Sistem For Mobile                        |
| <b>3G:</b>        | Tercera Generación                              |
| <b>SIM:</b>       | Subscriber Identification Module                |
| <b>ARDUINO:</b>   | Software  |
| <b>SD:</b>        | Secure Digital                                  |
| <b>LCD:</b>       | Liquid Crystal Display                          |
| <b>XBEE:</b>      | Módulos Inalámbricos                            |
| <b>UART:</b>      | Universal Asynchronous Recerverir Transmitter   |
| <b>AT:</b>        | Atmósfera                                       |
| <b>RTC:</b>       | Real Time Connection                            |
| <b>TX:</b>        | Transmisión                                     |
| <b>GND:</b>       | Ground, Tierra, Masa                            |
| <b>°C:</b>        | Grados Centígrados                              |
| <b>RX:</b>        | Recepción de Comunicaciones                     |
| <b>ADC:</b>       | Analog Digital Converter                        |
| <b>IP:</b>        | Internet Protocol                               |
| <b>PWM:</b>       | Pulse Width Modulation                          |
| <b>USB:</b>       | Universal Serial Bus                            |
| <b>LED:</b>       | Light Emitting Diode                            |

|                |                                   |
|----------------|-----------------------------------|
| <b>API:</b>    | Application Programming Interface |
| <b>MATLAB:</b> | Matrix Laboratory                 |
| <b>SDA:</b>    | Software Distribution Network     |
| <b>BPM:</b>    | Business Process Management       |
| <b>MSNM:</b>   | Metros Sobre Nivel del Mar        |

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene como objeto la implementación de un prototipo de red inalámbrica de nodos inteligentes para la supervisión en tiempo real de variaciones climáticas que pueda trabajar en sitios alejados y que sea de bajo costo. El prototipo permite la obtención de datos del clima como la temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, altitud, dirección y velocidad del viento para el monitoreo y control. Para el sistema se lo realizó mediante nodos: el nodo sensor que se encarga de la obtención de las variables del clima en tiempo real mostrados en una pantalla LCD desde el punto de lectura y el nodo master que permite la recolección de los datos que envía el nodo sensor mediante la comunicación inalámbrica ZigBee, la información receptada es visualizada en tiempo real a través de la red Wifi en la plataforma libre Thing Speak determinando el lugar y hora, los parámetros medidos son almacenados en una memoria extraíble presente en el nodo. Para la validación del sistema se realizó en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo con la Estación Meteorológica M1036 perteneciente al Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), donde los resultados de las pruebas dieron que del sensor de temperatura presenta un error del 2°C, el sensor de humedad relativa tiene un 5%, el sensor de presión atmosférica tiene el 1hPa, el sensor de altitud tiene 1 m.s.n.m., para el sensor de velocidad de viento tiene una sensibilidad de 0,96667m/s y para la dirección del viento se lo realiza de manera cualitativa por la variación. Se concluye que los sensores no reflejan error que del mismo instrumento de medición por lo que el sistema es fiable. Se recomienda incorporar paneles solares para evitar la contaminación alcalina proveniente de las baterías recargables y tener un sistema con mayor tiempo de funcionamiento.

**PALABRAS CLAVE:** <TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS>, <RED INALÁMBRICA>, <SENSOR DE TEMPERATURA>, <SENSOR DE HUMEDAD RELATIVA>, <SENSOR DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA>, <SENSOR DE DIRECCIÓN DEL VIENTO>, <ESTACIÓN METEREOLÓGICA>

LUIS  
ALBERTO  
CAMINOS  
VARGAS

Firmado digitalmente por LUIS  
ALBERTO CAMINOS VARGAS  
Nombre de reconocimiento  
(DN): c=EC, l=RIOBAMBA,  
serialNumber=0602766974,  
cn=LUIS ALBERTO CAMINOS  
VARGAS  
Fecha: 2021.04.19 11:36:06  
-05'00'



1033-DBRAI-UTP-2021

## ABSTRACT

The objective of this present graduate research was to implement a wireless network prototype with smart nodes for real-time monitoring of climatic variations that can work in remote places and at low cost. The prototype allows obtaining weather data such as temperature, relative humidity, atmospheric pressure, altitude, direction, and speed of the wind for monitoring and control. For the system it was developed with nodes: the sensor node which is responsible for obtaining the climate variables in real-time displayed on LCD screen from the reading point and the master node allowing data collection that sent by the sensor node through ZigBee wireless communication, the received information is displayed in real-time through the Wifi network on the free Thing Speak platform determining the place and time, the measured parameters are stored in a removable memory available in the node. The system validation was carried out at the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo with the M1036 weather station belonging to the National Institute of Meteorology and Hydrology (INAMHI), where the test results showed that the temperature sensor presents an error of 2 °C, the relative humidity sensor has 5%, the atmospheric pressure sensor has 1hPa, the sensor altitude has 1 m.a.s.l., for the wind speed sensor has a sensitivity of 0.96667m/s and for the wind direction is performed qualitatively due to the variation. It is concluded that sensors do not reflect errors that of the same measuring instrument so the system is reliable. It is recommended solar panels being incorporated to avoid alkaline contamination from rechargeable batteries and have a longer operating time system.

**KEYWORDS:** <WIRELESS TECHNOLOGIES>, <WIRELESS NETWORK>, <TEMPERATURE SENSOR>, <RELATIVE HUMIDITY SENSOR>, <ATMOSPHERIC PRESSURE SENSOR>, <WIND DIRECTION SENSOR>, < WEATHER STATION>

LENIN IVAN Firmado digitalmente por  
LENIN IVAN LARA OLIVO  
Fecha: 2021.04.27  
15:12:07 -05'00'  
LARA OLIVO



# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presenta el planteamiento del problema, realizando una breve revisión de las publicaciones científicas que se han publicado a nivel internacional como nacional que relaciona el tema a tratar.

### 1.1 Antecedentes

La variedad de climas y microclimas en el Ecuador permite desarrollar diversidad de plantaciones con frutos propios de cada región, por lo que la actividad agrícola es una de las mayores fuentes de trabajo para pequeños y grandes productores que invierten mucho tiempo y dinero en desarrollar esta actividad y que por medio del cambio del clima se ven favorecidas o perjudicadas las plantaciones; por lo que las políticas del gobierno nacional han puesto varias estrategias y destinado presupuesto para el mejoramiento de este sector. Por lo que en el objetivo numeral seis de EL PLAN NACIONAL DE DESARROLLO “TODA UNA VIDA” establece que “*Desarrollar las capacidades productivas y del entorno para lograr la soberanía alimentaria y el Buen Vivir Rural*”, por lo que se incentiva al desarrollo de investigaciones para el área del clima como también a la agraria basado en las capacidades y conocimientos de la población para un aprovechamiento en tierras fértiles y según sea la época del año. Realizando enfoques cuantitativos y cualitativos según la matriz productiva para erradicar la pobreza en zonas rurales e incorporar a las cadenas productivas principales del país con métodos modernos que faciliten las labores en este medio (CONSEJO NACIONAL DE PLANIFICACIÓN, 2017).

El sector agropecuario es un alto generador de empleos que ocupa a familias campesinas por completo en donde cada miembro aporta con tareas importantes, en esta actividad es necesario el mejoramiento de los cultivos con métodos modernos que incluyan al clima como principal benefactor en el desarrollo de las plantas. Se conoce que un 61% de las mujeres del área rural se dedican a actividades de agro producción en el país, a través del aporte de mano de obra calificada y trabajo productivo no remunerado (CONSEJO NACIONAL PARA LA IGUALDAD DE GÉNERO, 2018). Por este motivo se han creado organizaciones que prestan servicios informativos de la variabilidad del clima con enfoques a la agricultura que, mediante informes, noticias, foros virtuales para establecer que modelos similares de productividad puedan complementarse y sobresalir de otros. Debido a que los modelos empresariales delimitan a los pequeños campesinos que no cuentan con la economía necesaria para acceder a equipos y técnicas sofisticadas que

permitan realizar pronósticos del clima a la labor de los cultivos para mejores prestaciones e inclusive que puedan realizar trabajos de agroexportación (IPDRS, 2020).

Por consiguiente se requiere varios aspectos para el tratamiento de las tierras y sus cultivos, en lo cual interviene el factor climatológico y en Ecuador está presente con el “INAMHI” Institución científica ecuatoriana responsable de la generación y difusión de la información hidrometeorológica que sirve de sustento para la formulación y evaluación de los planes de desarrollo nacionales y locales con la realización de investigaciones propias o por parte de otros actores para el monitoreo y predicción del clima por lo que están situadas en zonas estratégicas (INAMHI, 2019c), sin embargo existen sectores en donde se requiere establecer el cambio del clima y que no han sido considerados.

Por lo que se han realizado varias investigaciones pertenecientes al cambio de clima y cómo influyen dichos cambios en la agricultura, habiendo varias aplicaciones que se presentan a continuación.

#### UNA RED DE SENSORES INALÁMBRICOS PARA LA AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE RIEGO LOCALIZADO

Esta investigación realizada en la ciudad de Nariño perteneciente al país de Colombia en el departamento de Pasto, el cual consiste en un sistema de riego optimizado, riego de acuerdo con las necesidades particulares del suelo de cultivo. En este trabajo, se describe el diseño e implementación de una red de sensores inalámbricos para tener mediciones de humedad del suelo de diferentes zonas de un cultivo de fresas y, según los datos recogidos, determina el tiempo de riego y la zona particular que se debe regar utilizando el método de goteo. En los requerimientos de agua para los cultivos no se consideraron las condiciones climáticas que incrementen o disminuyan la humedad del suelo provocando que no se tome en cuenta la capacidad de campo y el umbral de riego (CASTRO, 2016).

#### RED DE SENSORES INALÁMBRICOS PARA LAS CASAS DE CULTIVOS PROTEGIDOS “San José”

Esta investigación realizada en el país de Cuba perteneciente a la localidad de Santiago de Cuba, en las casas de cultivo llamado “San José”, el que consiste en una red de sensores inalámbricos para medir en tiempo real temperatura, humedad relativa y radiación solar, Para medir de forma automática estos parámetros se diseñó una red de 24 nodos de sensores, ubicados en cada una de las casas de cultivos y una estación base ubicada en las oficinas de la administración del complejo. No considerando que si se cae el segmento principal todo el segmento también se cae debido a que utilizan una topología de árbol (AMONDARAY, 2018).

## SISTEMA INALÁMBRICO DE MONITORIZACIÓN PARA CULTIVOS EN INVERNADERO

Esta investigación realizada en la ciudad de Medellín propuesto por la facultad de Minas en el país de Colombia para cultivos de invernaderos, en este tipo de cultivos es muy importante la utilización de técnicas avanzadas. Este trabajo presenta un sistema avanzado para la monitorización de variables aplicadas a la agricultura intensiva. El sistema usa una red de sensores inalámbricos que funcionan con 6LoWPAN y RPL. No considerando que estos protocolos tienen limitaciones en capacidad de procesamiento, además de capas extras para fragmentar y rearmar paquetes (CAMA, 2018).

En la parte nacional dentro del Ecuador se presentan varios proyectos enfocados a la agricultura y que emplean tecnología WSN, tal es el caso de:

### ESTUDIO DE LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN ENFOCADO EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE SENSORES INALÁMBRICOS (WSN) PARA EL MONITOREO DE HUMEDAD Y TEMPERATURA DE CULTIVOS CASO DE ESTUDIO HACIENDA CABALINUS UBICADA EN LA PROVINCIA DE LOS RÍOS

Esta investigación se realiza en Ecuador en la provincia de Los Ríos en las instalaciones de la hacienda “CABALINUS”, consiste en la instalación de un sistema de riego automatizado para el ahorro de agua y adicional un sistema base mediante una WSN, que entregue lecturas de humedad del terreno y temperatura ambiental, no se consideraron otras variables del clima en el sistema de riego (VELA, 2016).

## **1.2 Justificación del trabajo de grado**

### **1.2.1 *Justificación teórica***

Actualmente el mundo está inmerso en nuevas tecnologías que se emplean para varios sectores de la sociedad en el beneficio de mejorar la calidad de vida y en otras circunstancias para poder solucionar problemas donde la mano del hombre resulta dificultosa o inclusive imposible de realizarla. En la actualidad el sector agrario una actividad de producción de alimentos que requiere factores predominantes de la naturaleza como son la tierra, el aire y el agua, y estos al verse afectados sus características propias se convierten en un problema para toda una sociedad y el mundo entero cuando se habla de las fuentes alimenticias del ser humano y animales, creando impactos o efectos negativos en los cultivos, como los siguientes (SINERGIA, 2017):

- Disminución de la productividad del suelo
- Acumulación de contaminantes en el suelo

- Falta de agua y humedad
- Aparición de resistencia a los pesticidas en las plagas
- Pérdidas de especies polinizadoras
- Reducción de la diversidad genética por la uniformidad de los cultivos
- Riesgos potenciales para la salud relacionados con la aparición de residuos, en ocasiones tóxicos de los alimentos.

Efectos que se ven reflejados en el sector agrícola, presentando pérdidas de hasta USD 34,8 millones (El COMERCIO, 2019). Lo que genera que cada año exista una inversión mayor para producir los mismos valores de ganancia que existía en épocas pasadas. Pese a ello el tiempo y esfuerzo realizado es insuficiente y a pesar de haber previsto situaciones de riesgo, los cultivos en algunos casos se perdieron en forma parcial o total (DELGADO PEREZ, 2017). Dentro de la rama agrícola, silvícola, caza y pesca que se presume son alrededor de 1258798 habitantes, lo que equivale a 20,66% de la PEA total del país (CONSEJO NACIONAL DE PLANIFICACIÓN, 2017). Situación que genera temor y preocupación cuando los cambios climáticos influyen demasiado en épocas de sembrío y cosecha que se ve afectado directamente a la economía familiar del sector y del país, sin considerar las afecciones a la estabilidad emocional de la población, donde el agricultor pasa también a ser un gestor del medio ambiente.

Mediante el monitoreo de las variaciones climáticas como: la velocidad y dirección del viento, la humedad relativa, la presión atmosférica, altitud, la temperatura, etc. Se realiza un aproximado de la variabilidad que presentan según algunas épocas del año pudiendo ser aprovechadas en beneficio de la sociedad en sus diferentes sectores que se lo aplica.

Por tal razón esta investigación pretende el diseño de un prototipo de una red inalámbrica para la supervisión del clima en tiempo real, como herramienta de ayuda al agricultor en sus procesos de siembra, regadío, aporque, deshierba, fertilización y cosecha. La red propuesta se constituirá por nodos que obtengan información de los sensores que obtendrán datos del clima como: temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, altitud, velocidad y dirección del viento que son emitidos a herramientas de visualización de cada una de las variables enviando la información a la nube para quienes requieran indagar en los datos desde cualquier parte del mundo que tengan conexión a internet. Buscando así brindar información real y oportuna del comportamiento climático de zonas específicas agrarias para la toma de decisiones en beneficio a la probabilidad de culminación con éxito una labor de cultivo con un mejor producto.

### **1.3 Justificación aplicativa**

Por la variación del clima cada año resulta más difícil hacer predicciones en el pronóstico del clima (INAMHI, 2019c)), se realizan métodos con avances tecnológicos que satisfagan los requerimientos de los cultivos para una mejor productividad de los alimentos.

El prototipo implementado se basa en una red inalámbrica de nodos inteligentes para la supervisión en tiempo real de variaciones climáticas, empleando placas de desarrollo, tarjetas de comunicación acordes a los requerimientos que se define en el estudio, así como también se considera la topología de red más adecuada.

### **1.4 Objetivo general**

Implementar un prototipo de red inalámbrica de nodos inteligentes para la supervisión en tiempo real de variaciones climáticas.

#### **1.4.1 *Objetivos específicos***

- Determinar las variables climáticas más relevantes y los valores de fluctuación que presentan en la zona.
- Establecer los requerimientos necesarios que debe cumplir el prototipo de red a implementar.
- Definir la topología de red y la comunicación inalámbrica entre nodos que debe cumplir la red a implementar.
- Seleccionar los requerimientos en hardware y software del prototipo de red a implementar.
- Evaluar si el sistema implementado cumple con los requerimientos establecido al inicio de la investigación y si sus valores se encuentran acordes con equipos comerciales de similares características.

### **1.5 Alcance**

La investigación centra su accionar en el diseño de una red inalámbrica de supervisión del clima en tiempo real que ayude a los agricultores en los procesos de cuidado de sus sembríos, considerando que el poder saber de algunas variables del clima otorguen estabilidad al crecimiento de las plantas en diferentes sectores que necesiten cuidados más estrictos, este sistema se elabora a un bajo costo para que sea accesible a todos quienes lo requieran. El sistema propuesto posee como características principales:

- La obtención de datos en tiempo real.
- La transmisión inalámbrica de los datos.
- Visualización de los datos

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se realiza un estudio de las variables climáticas como son: temperatura, presión atmosférica, humedad relativa, altitud, velocidad y dirección del viento entre sus principales características con menciones en donde se utilizan tanto en la Provincia de Chimborazo y en el Cantón Riobamba, también se realiza un estudio de lo que son redes inalámbricas para su funcionamiento se establece características de las topologías con ventajas y desventajas, se realiza un estudio de tarjetas de desarrollo, tecnologías celulares y tecnologías para la visualización de los datos con cuadros comparativos.

#### 2.1 Variables climatológicas

Se requieren el estudio de variables del clima su unidad de medición y características principales entre las que se tiene las siguientes:

##### 2.1.1 *Velocidad y dirección del viento*

El viento es el aire que se encuentra en movimiento produciendo altos contenidos de energía según las velocidades que alcancen; estas difieren según la cercanía que tengan al suelo, entre más accidentada sea la superficie menor será su velocidad que aumenta con la altura, las unidades de medida pueden variar según el lugar en donde se las mida puede ser metros sobre segundo (m/s). Otras fuerzas que afectan al viento son: la fuerza de gradiente de presión, el efecto Coriolis, las fuerzas de flotabilidad y de fricción. Mientras que la dirección del viento es el punto de horizonte de donde se origina o sopla el viento considerándose a los cuatro puntos cardinales principales y su equivalencia en grados azimuth: Norte (N;  $360,00^0$ ), Sur (S;  $180,00^0$ ), Este (E;  $90,00^0$ ) y Oeste (O;  $270,00^0$ ), se tiene hasta 32 puntos que incluyen los intermedios (ECURED, 2019).

La velocidad del viento afecta en las plantas de manera muy notable en su estructura morfológica hasta su declive como se notan en reducción del crecimiento y rendimiento o a la calidad del producto por lo que al momento del accionar del viento arrasa partículas de arena, piedras del suelo, broza y también agua de lluvia, hielo o una mezcla de ambos. Se dice que si el viento va a una velocidad de 0,7 m/s aumenta el crecimiento aproximadamente un 10% mientras que si va a unos 4,0 m/s reduce significativamente la tasa de crecimiento de los sembríos, la velocidad máxima que pueden soportar las plantas es del 7,2 m/s al 7,4 m/s a nivel del suelo (KIN, y otros, 2018).

La dirección del viento influye en las plantas de manera muy notable, entre ellas se destaca que según la dirección que lleve el viento se realiza la polinización de nuevas especies, ayuda a mejorar la fotosíntesis, se ven destinadas hacia donde se dirigen las plaguicidas, ayuda a la dispersión de insectos benéficos, etc (CLIMAYA, 2018).

### 2.1.2 *Temperatura*

Siendo una de las magnitudes fundamentales de la física la unidad más utilizada es los grados Celsius (°C), la temperatura atmosférica es el nivel de calor que tiene el aire en un determinado lugar en un momento específico cambiando entre el día y la noche, entre estaciones y ubicaciones geográficas (POLANCO ZAMBRANO, 2017).

Las temperaturas en el Ecuador varían según los meses del año con niveles medios de sol mensual como se muestra en la tabla 1-2, como ocurre en la zona interna de la Costa y en la Selva del Oriente, hasta temperaturas muy bajas en las cumbres nevadas de la Cordillera de los Andes. La temperatura media oscila entre los 7°C y los 21°C y sus variaciones que se producen en el mismo día (WORDPRESS, 2019).

En la región litoral se tiene temperaturas con un nivel máximo de 32,2°C y la mínima con 18,0°C. En la región interandina se tiene una temperatura como máxima de 27,1°C y la mínima de 1,8°C. En la región amazónica se tiene una temperatura como máximo de 34,6°C y la mínima de 20,4°C (INAMHI, 2019c).

**Tabla 1-2:** Niveles medios de temperatura y de sol durante el año 2020 en el Ecuador

| Mes        | Temperatura media mensual (°C) | Nivel medio de sol mensual (h) |
|------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Enero      | 18,2                           | 178                            |
| Febrero    | 18,3                           | 186                            |
| Marzo      | 19,0                           | 221                            |
| Abril      | 19,7                           | 237                            |
| Mayo       | 21,0                           | 282                            |
| Junio      | 22,9                           | 306                            |
| Julio      | 25,0                           | 337                            |
| Agosto     | 25,5                           | 319                            |
| Septiembre | 24,9                           | 253                            |
| Octubre    | 23,4                           | 222                            |
| Noviembre  | 21,4                           | 178                            |
| Diciembre  | 19,4                           | 168                            |

Fuente: (INAMHI, 2021a)

Realizado por: Ruiz, Lucia 2021.

Los cambios del clima a nivel global se deben a una serie de eventos meteorológicos que influyen al funcionamiento normal de los ecosistemas naturales entre ellos se manifiesta alteraciones en la productividad y las fuentes de alimentos (SILVERIA BUCKERIDGE, y otros, 2018).

Existen tres tipos de pisos ecológicos principales en el país (PUMISACHO, y otros, 2002):

**Andino.** - Con más de 3600 m.s.n.m. En la parte andina las especies mejor adaptadas son las raíces y los tubérculos, aunque frecuentemente ocurren heladas sobre todo en las hondonadas y planicies también ocurren granizadas, fuertes vientos y aguaceros.

**Subandino.** - Entre los 3200 a 3600 m.s.n.m. se caracteriza por la mayor presencia de granos, como el trigo y la lenteja, esta es una de las zonas con menos problemas climáticos que se tiene en el territorio ecuatoriano.

**Interandino.** - Entre los 2800 a los 3200 m.s.n.m. existen una diversidad de sembríos por el uso de cultivos sin descanso por lo que los riesgos climatológicos son mínimos en esta zona.

Por la latitud del país y los efectos de altitud, las variaciones de temperatura son muy variadas que influyen más en las estaciones donde las diferencias diarias pueden alcanzar hasta los 30°C como se muestra en la tabla 2-2, por lo que el crecimiento de las plantas está determinado por las temperaturas nocturnas mínimas y las frecuentes heladas

**Tabla 2-2:** Temperaturas y Altitud de las principales ciudades del Ecuador

| Ciudad      | Temperatura °C |      |       | Altitud<br>m.s.n.m. |
|-------------|----------------|------|-------|---------------------|
|             | Media          | Min. | Max   |                     |
| San Gabriel | 12,10          | 6,52 | 17,68 | 2850                |
| Otavallo    | 14,4           | -0,5 | 28,2  | 2600                |
| Quito       | 13,4           | 0,2  | 29,9  | 2800                |
| Cotopaxi    | 8,1            | -1,5 | 18,7  | 3560                |
| Ambato      | 12,8           | -0,6 | 25,6  | 2540                |
| Riobamba    | 13,5           | -3,6 | 28,3  | 2796                |
| Cuenca      | 14,8           | -0,2 | 28,0  | 2750                |
| Loja        | 15,50          | 7,2  | 24,5  | 2160                |

Fuente: (PUMISACHO, y otros, 2002)

Realizado por: Ruiz, Lucia, 2021.

En la provincia de Chimborazo la cual tiene la mayor superficie de cultivos a nivel nacional sus expectativas son relativamente bajas a lo esperado donde el clima es heterogéneo, los vientos cálidos de la zona amazónica afectan la franja de la Cordillera Oriental suavizando el clima con las variaciones de altitud entre 2200 a 3600 m.s.n.m. con temperaturas medias entre los 6°C y 15°C (PROMIX, 2021).

### 2.1.3 Altitud

Es la medición en línea vertical desde cualquier punto determinado del planeta Tierra en relación con el nivel del mar. Esta medición se expresa en cifras numéricas y la unidad de medición puede ser metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) (RAFFINO, 2020).



En el Ecuador hay ciudades con climas como: temperado seco que son tierras muy bajas a nivel del mar y hasta los 1200 m de altura en donde la temperatura fluctúa entre los 20°C y los 25°C, el microclima temperatura semihúmeda están los valles interandinos comprendidos entre los 1200 y los 2500m de altura, cuya temperatura oscila entre los 15°C y los 20°C. El microclima temperado medio húmedo se extiende los flancos internos y externos de la cordillera de los Andes comprendido entre los 2500m y los 3200m de altura, cuyas temperaturas están entre los 12°C y los 20°C. El microclima frío húmedo de alta montaña comprende las tierras que se encuentran entre los 3200m y los 4650 metros de altura, cuya temperatura esta entre los 4°C y los 8°C. El microclima glacial gélido que son las altas cumbres de las montañas andinas, desde los 4650m de altura en adelante su temperatura siempre está bajo cero (WORDPRESS, 2019).

Se determinan valores de altitud y presión atmosférica como se muestra en la tabla 3-2, de algunas ciudades productoras del Ecuador.

**Tabla 3-2:** Altitud y presión atmosférica de las principales ciudades agrícolas del Ecuador

| Ciudad      | Provincia  | Altitud<br>(m.s.n.m) | Presión Atmosférica<br>(atm) |
|-------------|------------|----------------------|------------------------------|
| Tisaleo     | Tungurahua | 3254                 | 0,6698                       |
| Cañar       | Cañar      | 3125                 | 0,6809                       |
| Guamote     | Chimborazo | 3060                 | 0,6866                       |
| El Ángel    | Carchi     | 3007                 | 0,6913                       |
| Huaca       | Carchi     | 3000                 | 0,6919                       |
| Pujili      | Cotopaxi   | 2947                 | 0,6965                       |
| Machachi    | Pichincha  | 2945                 | 0,6967                       |
| Tulcán      | Carchi     | 2930                 | 0,6980                       |
| Saquisilí   | Cotopaxi   | 2920                 | 0,6989                       |
| San Gabriel | Carchi     | 2905                 | 0,7003                       |
| Cevallos    | Tungurahua | 2892                 | 0,7014                       |
| Tabacundo   | Pichincha  | 2877                 | 0,7028                       |
| Quito       | Pichincha  | 2850                 | 0,7052                       |
| Cayambe     | Pichincha  | 2830                 | 0,7070                       |
| Riobamba    | Chimborazo | 2764                 | 0,7129                       |
| Latacunga   | Cotopaxi   | 2750                 | 0,7141                       |
| Salcedo     | Cotopaxi   | 2683                 | 0,7202                       |
| Guaranda    | Bolívar    | 2668                 | 0,7216                       |
| Cuenca      | Azuay      | 2550                 | 0,7324                       |
| Azoguez     | Cañar      | 2518                 | 0,7353                       |
| Ambato      | Tungurahua | 2500                 | 0,7370                       |

Fuente: (PUMISACHO, y otros, 2002)

Realizado por: Ruiz, Lucia, 2021.

#### 2.1.4 Presión Atmosférica

También conocida como barométrica que provoca el peso de la masa de aire que está actuando sobre el planeta Tierra, este valor será variable según la altitud que se encuentre como también otros factores atmosféricos que producen corrientes de aire cálido o frío. Se considera que el valor máximo se consigue a nivel del mar donde su valor corresponde a los 1013 milibares (mbar), 760 milímetros de mercurio (mm Hg), una atmósfera (atm) o 101,325 kilo Pascal (kPa) (MUNDO COMPRESOR PORTAL INDUSTRIAL, 2017).

Se conoce que entre mayor presión atmosférica las precipitaciones disminuyen por lo que afecta a los cultivos y para un óptimo crecimiento y desarrollo debe situarse a los 101 kilo Pascal (kPa). La variabilidad de la presión atmosférica depende de la altitud y la temperatura del lugar (PUZHI Milton, 2015).

### 2.1.5 Humedad Relativa

Es el contenido de vapor de agua del aire en relación con su saturación la que se encarga de regular la temperatura, absorbiendo la radiación térmica que proviene del sol y la tierra, el vapor de agua proviene de la evaporación del agua de la superficie de la tierra y este varía de un lugar a otro dependiendo de la temperatura. Puede ser medida mediante el higrómetro donde su unidad viene dada por porcentajes que indica el 0% para identificar el aire completamente seco y el 100% que representa al aire completamente saturado (BRICEÑO, 2018).

En la región del litoral del Ecuador el valor máximo de precipitación acumulada con 76,9 mm siendo muy próximo al valor promedio y el valor máximo por día es de 42,4 mm. En la región interandina el mayor volumen de precipitación con 84,9 mm y el valor máximo por día es de 42,1mm. Para la región amazónica el mayor volumen de precipitación con 289,6 mm y el valor máximo por día es de 73,3 mm (INAMHI, 2021a).

Para algunas cosechas de mayor productividad se requieren valores idóneos para su crecimiento en valores de temperatura y de humedad relativa como se muestra en la tabla 4-2.

**Tabla 4-2:** Niveles de altitud, temperatura y humedad óptimos para el crecimiento

| Producto | Altitud (m.s.n.m.) | Temperatura (°C)       | Humedad Relativa (%) |
|----------|--------------------|------------------------|----------------------|
| Frejol   | 1200-2400          | 10- 12 a 30-32         | 16 a 20%             |
| Arveja   | 1700 3000          | 10 a 25                | menos de 13%         |
| Haba     | 2600-3000          | 7 a 14                 | menos de 13%         |
| Papa     | 2600-3500          | 13 a 18                |                      |
| Lenteja  | 2000-2800          | 13 y 17                | 16.18%               |
| Chocho   | 2000-3500          | 7-14                   | menos del 12         |
| Trigo    | 800- 3000          | 8-14 a 30              | menos del 14%        |
| Cebada   | 2400-3300          | 8-15 a 30              | menos del 17         |
| Maíz     | 2200-2800          | 10-20 a 30-32          | menos del 13         |
| Quinoa   | 2600-3500          | 9 a 16 y heladas de -5 | menos del 14         |
| Amaranto | 1500- 2800         | menos del 15           | menos de 14          |
| Mellico  | 2500-3000          | de 7 a 10              | menos del 10         |
| Oca      | 2750- 3000         | de 7 a 10              | menos del 10         |

Fuente: (BASANTES MORALES, 2018)

Realizado por: Ruiz, Lucia., 2021.

## 2.2 Estaciones meteorológicas

Es el lugar donde se realizan mediciones y observaciones de los diferentes parámetros meteorológicos, utilizando los instrumentos adecuados para poder saber el comportamiento del

clima. La información que brindan se difunde en los centros mundiales. El propósito es realizar modelos globales y locales de las variaciones climatológicas. En servicios como la aviación que se usan para advertir sobre problemas en los vuelos, en la agricultura para la realización de la vida y desarrollo de plantas entre otras funciones, etc (PCE IBÉRICA S.L., 2018).

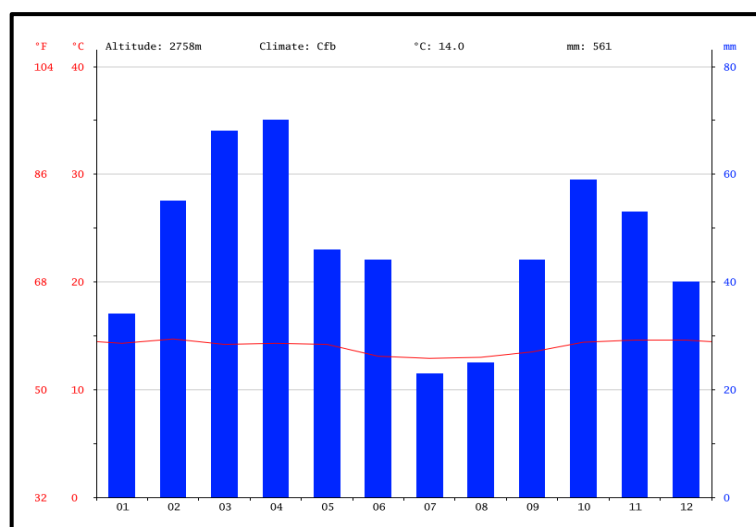
En Ecuador la institución encargada de proporcionar información es el INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA (INAMHI), es responsable de emitir información referente al cambio del clima (INAMHI, 2021a).

### 2.2.1 En la provincia de Chimborazo

Chimborazo tiene una superficie cercana a los 6500 km en donde la agricultura está entre las principales ocupaciones de la población, casi el 31,9% de su población trabaja en esta actividad, y en el caso de la mujer el porcentaje sube al 35,1% (MARQUEZ, 2017).

Sin embargo, teniendo el 3,27% de Labor Agrícola a nivel nacional, existen pérdidas en su producción principalmente por no conocer datos puntuales como la humedad propicia del terreno, temperaturas bajas hasta llegar a las heladas entre otros factores. El clima del cantón Riobamba se caracteriza por pasar de cálido – templado a tener precipitaciones significativas incluso en el mes más seco hay fuertes aguaceros. La temperatura está en un promedio de 14°C y sus precipitaciones están en el rango de 561mm. Durante el año 2018, tuvo la menor cantidad de lluvias registradas por los meses de junio y julio con un promedio de 23mm. La mayor cantidad de precipitaciones se registraron en el mes de abril con 70mm (CLIMATE-DATA, 2018).

El gráfico 1-2 muestra las precipitaciones registradas en el mes de febrero y marzo en la ciudad de Riobamba.



**Gráfico 1-2:** Precipitaciones registradas del mes de febrero y marzo

Fuente: (CLIMATE-DATA, 2018)

Con variación de temperaturas por los meses de febrero y marzo donde asciende de 14,7°C, mientras que por el mes de Julio descendiendo en un promedio del 12,9°C. Desglosando los datos mostrados en el gráfico 1-2 se tiene la tabla 5-2 que muestran las temperaturas del cantón Riobamba durante el año según cada mes, en grados Celsius.

**Tabla 5-2:** Temperaturas del cantón Riobamba durante los meses del año

| Temperatura °C | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|----------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| Media          | 14,3  | 14,7    | 14,2  | 1,3   | 14,2 | 13,1  | 12,9  | 13     | 13,5       | 14,4    | 14,6      | 14,6      |
| Mínima         | 8,4   | 8,9     | 8,7   | 8,8   | 8,7  | 7,7   | 7,1   | 6,8    | 7,3        | 8,2     | 8         | 8,2       |
| Máxima         | 20,3  | 20,5    | 19,8  | 19,9  | 19,8 | 18,6  | 18,7  | 19,2   | 19,8       | 20,6    | 21,2      | 21        |

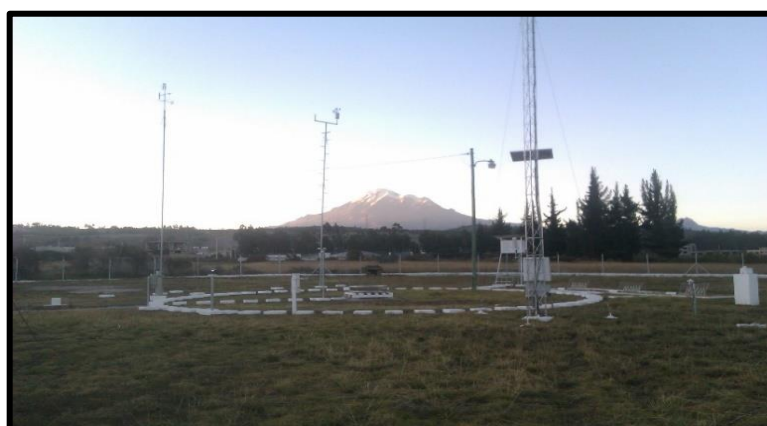
Fuente: (INAMHI, 2021a)

Realizado por: Ruiz, Lucia, 2021.

### 2.2.2 Estaciones meteorológicas del cantón Riobamba

Dentro de la provincia de Chimborazo se han implementado una red integral de monitoreo Hidrometeorológica con ayuda del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), el Gobierno Provincial Descentralizado de Chimborazo y con la colaboración de los ministerios del Ambiente (MAE), Agricultura y Ganadería (Magap), Secretaria del Agua (Senagua), Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) y el Centro de Estudios Superiores del Agua (CESA) (INAMHI, 2021b).

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo cuenta con una estación meteorológica como se muestra en la figura 1-2, mediante un sistema de monitoreo del clima ofrecen información de radiación solar, precipitación, humedad relativa, presión atmosférica, evapotranspiración entre otros. Información necesaria que puede ser utilizada en el sector agropecuario (ESTACION METEOROLÓGICA ESPOCH, 2017).



**Figura 1-2:** Estación meteorológica de la ESPOCH

Fuente: Ruiz, Lucia, 2021.

## 2.3 Redes inalámbricas

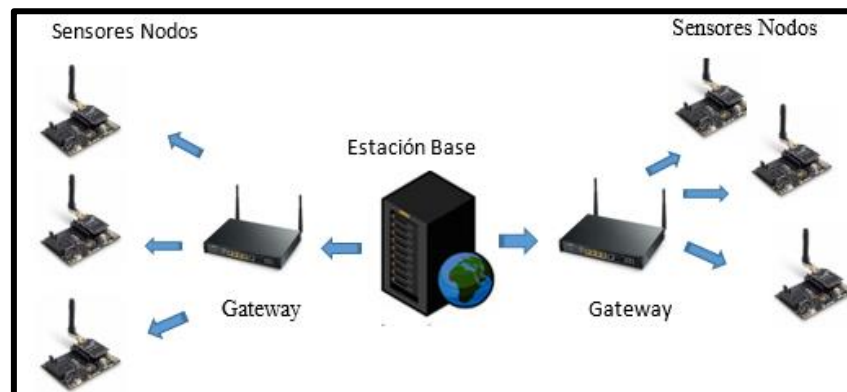
Son redes que conectan equipos sin la necesidad de utilizar cables de red, estos equipos utilizan comunicación por radio para enviar datos entre sí y comunicarse directamente con los demás equipos inalámbricos o a una red ya existente por medio de un punto de acceso inalámbrico (INTEL, 2017b).

### 2.3.1 Redes de sensores inalámbricos

Es un conjunto de sensores autónomos y actuadores con una infraestructura de comunicaciones inalámbricas. Destinados a monitorear, controlar las condiciones físicas o ambientales en diversas ubicaciones y a transmitir de forma cooperativa los datos a una ubicación principal (FUENTES, 2018).

Consiste en dispositivos de bajo costo y alto tiempo de duración, distribuidos espaciadamente, autónomos que utilizan sensores para monitorear condiciones físicas o ambientales y a estos se los llaman nodos. El sistema es una red de sensores inalámbricos denominados WSN (Wireless Sensor Networks, sus siglas en inglés) (GUAÑA MOYA, 2016 págs. 8-11).

Este sistema incorpora un Gateway los nodos sensores y la estación base. Cada uno de los componentes se muestra en la figura 2-2.



**Figura 2-2:** Sistema de una WSN

Fuente: Ruiz, Lucia, 2021.

Dentro de la constitución de sensores se aprecian los siguientes (NATIONAL INSTRUMENTS, 2020):

- **Sensor:** Es un dispositivo que determina una acción externa de medición. La elaboración y los materiales de los que se encuentra compuesto depende de la magnitud a medir para la que fue diseñado, su función la realiza tomando la información del medio y la convierte en señales eléctricas de esta forma son más adecuadas para su análisis (REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, 2021)..

- **Motas:** Son la agrupación de sensores y otros dispositivos electrónicos, encargados de realizar la comunicación entre el nodo sensor y la estación base (PÉREZ PORTO, y otros, 2021).
- **Nodos de Sensor:** Estos se encuentran configurados tanto en hardware como software, permitiendo obtener la información de su entorno a través de sus puertas de datos, y envían la información a la estación base (GARCÍA TROYA, 2019 pág. 2).
- **Gateway:** Conocida como puerta de enlace, actúa como interfaz en la conexión entre la red de sensores y una red TCP/IP (INFOTECS, 2019).
- **Estación Base:** Encargada del transporte de la recolección de datos (CANADIAN RADIO-TELEVISION AND TELECOMMUNICATIONS COMMISSION).

## 2.4 Bases teóricas

En este acápite se realiza una revisión bibliográfica de los aspectos teóricos necesarios para este proyecto los que a continuación se detallan:

### 2.4.1 Tecnologías inalámbricas

Son tecnologías que nos permiten conectar aparatos o dispositivos de forma inalámbrica como son las tecnologías del wifi, bluetooth, zigbee o z-wave (ADSLZONE, 2020).

En la actualidad existen varias tecnologías que presentan el mismo servicio de realizar una comunicación inalámbrica eficiente, de largo alcance y durabilidad. En la tabla 6-2 se muestra las comparaciones de estas tecnologías.

**Tabla 6-2:** Comparación de tecnologías

| Tecnologías            | Wi-Fi                                    | Bluetooth                                 | ZigBee                                 |
|------------------------|--|---|--|
| Técnica de propagación | DSS (Direct sequence spread spectrum)    | FHSS (frequency shopping spread spectrum) | DSS (Direct sequence spread spectrum)  |
| Velocidad              | 54 Mbps                                  | 24 Mbps                                   | 250 Kbps                               |
| Nº de nodos            | 32                                       | 7   | 64000                                  |
| Latencia               | Up to 3 s                                | Up to 10 s                                | 30 ms                                  |
| Tipo de datos          | Video, audio, grafico, película, archivo | Audio, gráficos, película, archivos       | Datos                                  |
| Alcance (m)            | 100                                      | 50-150 (Smart/Le)                         | 70-100                                 |
| Expansión              | Roaming                                  | No  | Si                                     |
| Complejidad            | Complejo                                 | Muy complejo                              | Sencillo                               |
| Aplicación principal   | WLAN                                     | WPAN                                      | Control y monitorización               |
| Memoria necesaria      | 1 Mb +                                   | 25 Kb +                                   | 4 Kb – 32 Kb                           |
| Parámetros importantes | Velocidad y flexibilidad                 | Costes y perfiles de aplicación           | Flexibilidad, bajo consumo, bajo coste |
| Consumo de potencia    | 400 mA transmitiendo<br>20 mA en reposo  | 40 mA transmitiendo<br>0,2 mA en reposo   | 30 mA transmitiendo<br>3 mA en reposo  |

Fuente: (MFBARCELL, 2017)

Realizado por: Ruiz, Lucia, 2021.

En el diseño de la red inalámbrica de nodos inteligentes para la supervisión en tiempo real de variaciones climáticas se escogió la tecnología ZigBee por tratarse de una red que envía datos, con latencia baja de 30 ms y de menor complejidad para su programación.

## 2.5 Topologías

Están diseñadas para poder compartir recursos entre varios aparatos o dispositivos electrónicos sin la necesidad de compartir físicamente el espacio, permitiendo tener información almacenada en algún servidor. El optar por una tecnología es para hacer el trabajo lo más sencillo posible, de baja potencia y evitar la redundancia en la propia red (GUAÑA MOYA, 2016 págs. 11-15). Para un mejor entendimiento se muestra en la tabla 7-2, una descripción de ventajas y desventajas de las topologías. Y una comparativa de cada una de ellas se muestra en la tabla 8-2.

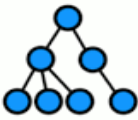
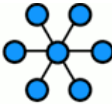

**Tabla 7-2:** Ventajas y desventajas de topologías de red

| Topología de red | Árbol  | Estrella   | Malla   |
|------------------|--|--|---|
| Características  |  |  |   |
| Ventajas         | Mayor rapidez.<br>Facilidad para resolver problemas.<br>Soportado por múltiples vendedores de Software y Hardware.   | Se pueden agregar nuevos equipos fácilmente.<br>Centraliza la red.<br>Fácil de encontrar fallas<br>Posee una reconfiguración rápida.         | Reduce el riesgo de fallos<br>Un error en un nodo no implica la caída de toda la red  |
| Desventajas      | Se requiere mucho cableado y es algo costoso<br>Si se cae el segmento troncal toda la red caerá<br>Presenta una configuración sumamente compleja<br>Si se cae un nodo, todos los que estén conectados a él caerán también. | Si falla el nodo central (centro de operaciones/switch) toda la red caerá<br>Costosa porque requiere más cableado que la topología en anillo | Muy costosa ya que conectar todos los nodos entre si requiere una gran cantidad de cables<br>Utilizan una gran cantidad de recursos |

Fuente: (MEJIA ALMEIDA, y otros, 2014)

Realizado por: Ruiz, Lucia, 2021.

**Tabla 8-2:** Comparación de topologías

| Topología de red | Árbol   | Estrella   | Malla   |
|------------------|---|--|---|
| Características  |   |  |   |
| Gráfico          |  |  |  |
| Tráfico          | Difícil configuración.  | Es muy sencillo y fácil de controlar.  | En caso de averías, el tráfico se reorienta a caminos alternativos.                   |
| Cableado         | Punto a punto para segmentos individuales.  | Par trenzado pues no hay problemas de tráfico.                                       | Fibra óptica sería ideal, par trenzado aceptable.                                     |
| Costo            | Alto.   | Alto. (gran cantidad de cables y hubs).  | Muy alto debido a la redundancia en cableado, brindes, routers, etc.                  |

|                             |   |  |  |
|-----------------------------|---|--|--|
| Facilidad de añadir equipos | Facilita el crecimiento de la red.  | Depende de la cantidad de puertos del hub. | Es complicado, por la estructura del cableado tan abundante. |
| Desventaja                  | Si se viene abajo el segmento principal todo el segmento se viene abajo con él. | Se debe usar un cable para cada terminal.  | Poco económica, aunque el costo trae beneficios mayores.     |

**Fuente:** (MEJIA ALMEIDA, y otros, 2014)

**Realizado por:** Ruiz, Lucia, 2021.

Mediante el análisis de las tablas 7-2 y 8-2 de los tipos de topologías se concluye que la mejor topología a implementar es la que se realiza en malla como mejor optimización de los recursos que se proveen utilizar en cada sección.

## 2.6 Tecnologías celulares

Son medios que permiten la interacción entre dispositivos sin la intervención de cables, que establecen una comunicación bidireccional como la entrega y recepción de mensajes de audio, texto, video, etc; por medio de ondas electromagnéticas (TESAURO, 2018). Existen una gran variedad de tecnologías en comunicación precisa y eficaz, por lo que para elegir la que mejor se adapte al requerimiento del prototipo se elaboró en la tabla 9-2 una comparación entre tecnologías GSM/GPRS, EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) y 3G (tecnología inalámbrica de tercera generación).

**Tabla 9-2:** Comparación de tecnologías celulares

| TECNOLOGIA                        | GSM/GPRS       | (EDGE)          | 3G           |
|-----------------------------------|----------------|-----------------|--------------|
| Frecuencia de operación           | 0,8/1,7/1,8GHz | 0,8/1,7/1,8 GHz | 1,7/2,1 GHz  |
| Licenciado                        | Si             | Si              | Si           |
| Factor de canalización            | 200 kHz        | 200 kHz         | 5 MHz        |
| Velocidad de transmisión de datos | Hasta 114 Kbps | Hasta 473 Kbps  | Hasta 2 Mbps |
| Rango de cobertura                | 5 km o menos   | 5 km o menos    | 5 km o menos |

**Fuente:** (VILORIA, 2009)

**Realizado por:** Ruiz, Lucia, 2021.

La transmisión celular por su gran cobertura es un recurso indispensable en la actualidad por lo que se utiliza la red GSM/GPRS para el requerimiento del prototipo en él envió de mensajes de texto

## 2.7 Tarjetas de desarrollo

Es un elemento empleado en sistemas digitales y analógicos, muy útil para el mejoramiento de los procesos de diseño (GONZÁLEZ CÁRDENAS, y otros, 2013 pág. 2). Al realizar proyectos cada vez más sofisticados también se exige que sus materiales soporten mayores expectativas con mejor rendimiento y mayor velocidad por lo que las tarjetas de desarrollo son las indicadas para realizar



programaciones con entradas analógicas y salidas digitales permitiendo crear varias tareas a su vez (HERRERO HERRANZ, y otros, 2015).

Se abordan las principales marcas reconocidas en el mercado donde se muestra las principales características de las familias: Arduino, Raspberry y Galileo mostradas en la tabla 10-2.

**Tabla 10-2:** Cuadro comparativo de tarjetas de desarrollo

| Familia                  | Arduino                              | Raspberry  | Galileo   |
|--------------------------|--------------------------------------|--|---|
| Características          |                                      |  |   |
| Composición              | Microcontrolador                     | Mini PC  | Board Arduino   |
| Funciona con batería     | Si                                   | No   | No  |
| Ejecución de programas   | Un único programa una y otra vez     | Ejecuta múltiples programas al mismo tiempo          | Ejecuta múltiples programas al mismo tiempo   |
| Sistema operativo        | No tiene                             | Raspbian   | Linux libre que contiene las librerías de Arduino   |
| Acceso a internet        | Necesita Shield                      | Tiene puerto de comunicación ethernet                | Puerto ethernet   |
| Salidas                  | USB<br>19 terminales GPIO            | USB, HDMI, RCA<br>Audio 3,5 mm<br>40 terminales GPIO | Ranura mini-PCI, puerto serial RS-232, puerto USB Host, puerto USB client, 14 terminales de E/S Digital de estos 6 proveen salida PWM y flash NOR de 8MB. |
| Almacenamiento           | Integrado                            | Usando ranura micro SD                               | Micro SD  |
| Procesador               | Utiliza un procesador de familia AVR | Utiliza procesadores ARM                             | Intel Quark SoC X1000   |
| Lenguaje de programación | Solo utiliza Arduino y C/C++         | Recomendado Python, pero puede usar C, C++ y Ruby    | De código abierto basado en lenguaje de programación C, Python y otros.   |
| Costo                    | Es accesible                         | Es caro en relación con Arduino                      | Caro en relación con Arduino y raspberry  |

Fuente: (ALONSO, 2020), (LEANTEC, 2018), (INTEL, 2020a)

Realizado por: Ruiz, Lucia, 2021.



Por el trabajo a realizarse se necesita una tarjeta de desarrollo de fácil programación con almacenamiento integrado, con costos accesibles y disponibilidad del dispositivo en el mercado por lo que se elige la tarjeta Arduino.

## 2.8 Tecnología visual

Esta tecnología es utilizada en la recepción, procesamiento, almacenamiento y envío de la información a manera auditiva, textual y numérica (SÁEZ VACA, 1983). Las tecnologías visuales son aplicaciones móviles y páginas en línea que siguen en innovación realizando un mundo más digitalizado en donde las compras online, los juegos en línea y el teletrabajo se ha convertido en la nueva normalidad por lo que se requiere el uso del internet y la visualización al instante de los resultados de los proyectos que son de interés para ciertos grupos de personas que necesiten la información (QUEIRUGA, 2020).

Su principal uso es dar a conocer datos relevantes al usuario y dependiendo de su tipo requiere algunas características como las mostradas en la tabla 11-2.

**Tabla 11-2:** Comparación entre una página web y una aplicación móvil

| Tipo Características           | Página WEB  | Aplicación móvil  |
|--------------------------------|---|---|
| Gráfico                        |  |  |
| Medio de utilización           | Pc, smartphones y tablets   | Pc, smartphones y tablets   |
| Acceso                         | Mediante navegador, no necesita descargar de las AppStores                        | Después de instalación  |
| Interfaz                       | Estático de navegación  | Interactivo con el usuario  |
| Conectividad                   | Requiere conexión a internet  | Disponible offline  |
| Uso de características propias | Limitadas   | Todas las que permita el dispositivo  |
| Actualización                  | Depende del sitio web principal   | Puede utilizar Geolocalización  |
| Coste de desarrollo            | Bajo  | Alto  |

Fuente: (AUZ COBA, 2016)

Realizado por: Ruiz, Lucia, 2021.

La página web por ser un prototipo de bajo costo que emplea recursos de la misma índole es una plataforma usada de varias maneras, su diseño no registra costos elevados y presenta un ambiente dinámico de fácil manejo, que el usuario pueda familiarizarse con la plataforma y su uso.

## CAPTULO III

### 3. METODOLOGÍA

En el presente capítulo se presenta la descripción metodológica del diseño del prototipo de una red inalámbrica de nodos inteligentes para la supervisión en tiempo real de variaciones del clima la cual se la ha denominado “MILU-EMC” con la descripción de cada bloque, elementos considerados para su funcionamiento con la programación respectiva de cada nodo.

#### 3.1 Requerimientos del sistema

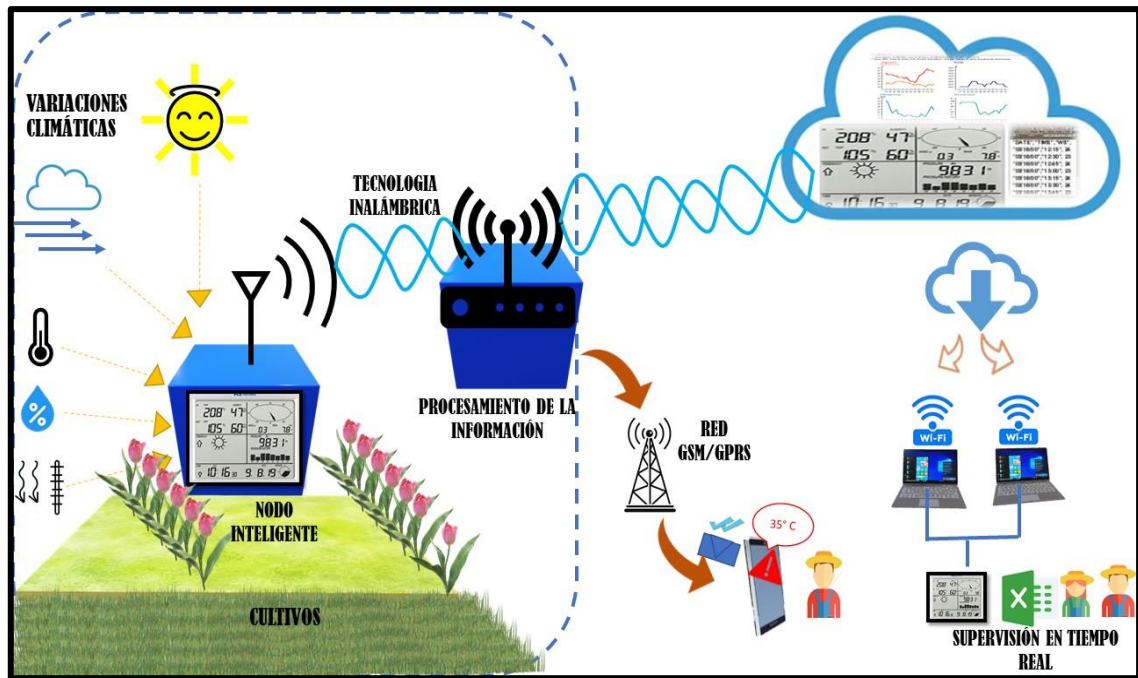
En base al análisis realizado en el capítulo anterior se identificaron los requerimientos necesarios para implementar el sistema MILU-EMC como se describe a continuación:

- Ser un sistema de bajo costo de fácil manejo y ubicación
- Monitorear y recolectar datos de las variables de temperatura, presión atmosférica, humedad relativa, altitud, velocidad y dirección del viento.
- Visualizar los datos de las variables climáticas en tiempo real.
- Observar los datos en el punto de lectura.
- Los nodos deben realizar una comunicación inalámbrica.
- Enviar los datos a través de una red inalámbrica hacia una plataforma web.
- Almacenar los datos de las lecturas de los sensores en una memoria extraíble con fecha y hora.

#### 3.2 Consolidación general de MILU-EMC

Está compuesto por nodos que permiten la recepción de datos provenientes de los sensores para luego ser reflejados en las diferentes formas de visualización como se muestra en la figura 1-3.

Para el nodo sensor se establece los sensores de medición de la temperatura, humedad relativa, altitud, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento con la visualización de estos mediante una pantalla LCD y para el nodo máster se dispone módulos que permitan enviar la información de manera inalámbrica hacia la plataforma del ThingSpeak.



**Figura 1-3:** Arquitectura general del sistema

Realizado por: Ruiz, Lucia, 2021.

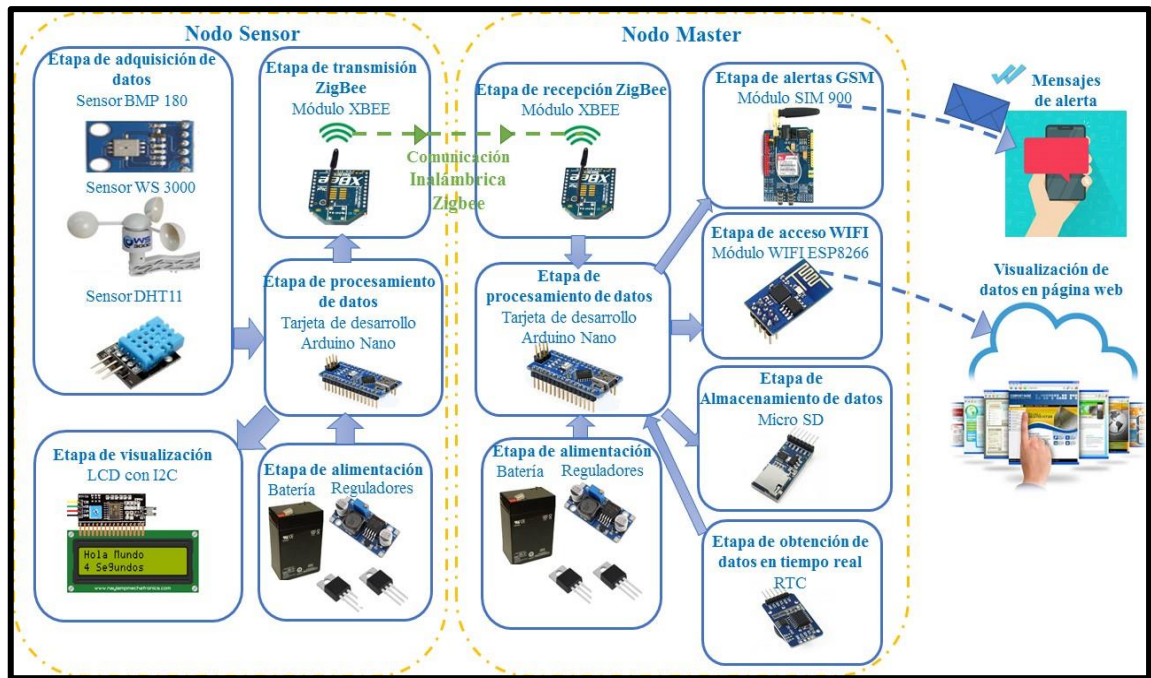
### 3.3 Arquitectura del hardware para MILU-EMC

Mediante el estudio realizado en el capítulo anterior, se determinaron los requerimientos del Hardware para la implementación de un prototipo de red inalámbrica de nodos inteligentes para la supervisión en tiempo real de variaciones climáticas MILU-EMC.

Los requerimientos se detallan a continuación:

- Implementar un prototipo de bajo costo cuyos requerimientos sean de fácil manejo y que pueda ser utilizado en cualquier lugar que se lo requiera.
- Censar parámetros como: la velocidad y dirección del viento, temperatura, altitud, humedad relativa y presión atmosférica.
- Realizar las mediciones en espacios abiertos y de complejidad del terreno para medir variables del clima que correspondan en tiempo real.
- Visualizar las variables del clima en una plataforma web al unisonó en el tiempo.
- Brindar un sistema que emita alertas con mensajes de texto como manera de prevención en los cambios del clima que se generen al momento de las mediciones.

Los elementos que componen la arquitectura del Hardware del MILU-EMC se muestran en la figura 2-3.



**Figura 2-3:** Arquitectura de Hardware de MILU-EMC

Realizado por: Ruiz, Lucia, 2021.

**Nodo sensor:** En este nodo se incorpora todos los sensores que presenta el sistema como son: presión atmosférica, temperatura, humedad relativa, altitud, velocidad y dirección del viento en un sector seleccionado para la adquisición de estos datos de manera fácil y donde sean necesarios con mayor exactitud saber la variabilidad del clima, visualizando los datos obtenidos en los primeros resultados que arrojan los valores de los sensores en una pantalla LCD presente en el equipo.

El dispositivo es alimentado mediante una batería y para la adquisición de los datos los sensores están conectados a una tarjeta de desarrollo encargada de recibir datos analógicos para poder ser enviados de manera inalámbrica usando la tecnología ZigBee, el que requiere de un módulo XBee que es el encargado de la transmisión de los datos.

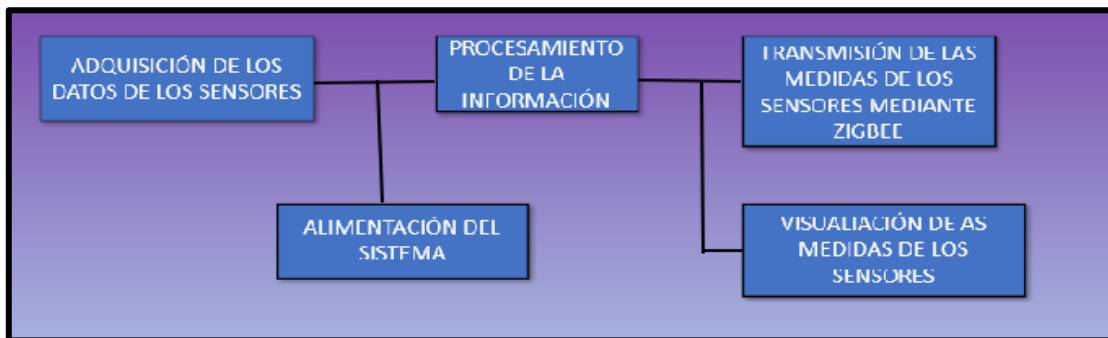
**Nodo de procesamiento y transmisión de datos denominado máster:** Este nodo recolecta toda la información de los sensores de temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, altitud, dirección y velocidad del viento provenientes del nodo sensor. Actúa como centro de operaciones en la recepción de los datos, a su vez genera la orden para el envío de mensajes de alerta y la emisión de la información que se sube a la página web con la cual se visualizan los datos de forma simultánea al momento de la recolección de estos.

### 3.4 Diseño de la arquitectura del “MILU-EMC”

Definidos los requerimientos del sistema, se detallan la arquitectura de cada uno de los nodos considerados en el diseño.

### 3.4.1 *Diagrama de bloques del nodo sensor*

Cada uno de los elementos que compone este nodo se indica en el gráfico 1-3. En este nodo cuenta con cinco bloques que determinan su funcionamiento empezando con la adquisición de los datos mediante los sensores de presión atmosférica, altitud, temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección de viento que se dirigen a un bloque de procesamiento de la información mediante una tarjeta de desarrollo como es el Arduino que se encarga de realizar la transmisión inalámbrica de las tramas mediante la tecnología ZigBee que requiere de un módulo transmisor XBee para establecer comunicación con el nodo master, los datos que son medidos por los sensores son visualizados mediante una pantalla LCD incorporada en el equipo. Además, cuenta con un sistema de alimentación proveniente de una batería que suministra la energía necesaria al equipo.



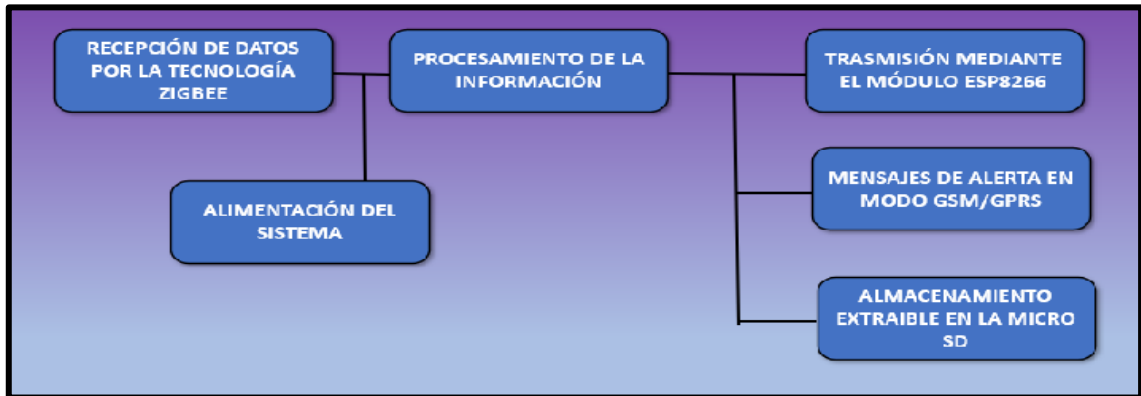
**Gráfico 1-3:** Diagrama de bloques del nodo sensor

Fuente: Ruiz, Lucia, 2021.

### 3.4.2 *Diagrama de bloques del nodo máster*

Mediante el diagrama de bloques mostrado en la gráfico 2-3 se puede especificar la funcionalidad del sistema con cada proceso interno que debe cumplir para lograr el acometido del prototipo, consta de seis bloques que determinan la utilidad de cada elemento, un bloque de recepción de los datos de los sensores enviados inalámbricamente por medio de la tecnología de comunicación del ZigBee que requiere de un módulo XBee para llevar la comunicación desde el nodo sensor hasta el nodo master mediante una tarjeta de desarrollo Arduino que se encarga de procesar la información ya que posee entradas analógicas y digitales para su procesamiento, el bloque de transmisión wifi que envía la información a un servidor en internet llamado *Thing Speak* que visualiza las tramas de los datos enviados en tiempo real, cuenta con un bloque de alimentación que se encarga de suministrar la energía necesaria a todo el equipo, el bloque de almacenamiento hace uso de una tarjeta de memoria extraíble micro SD que almacena toda la información presentada en una hoja de cálculo y un bloque de transmisión GSM/GPRS que permite enviar

mensajes de texto llamados “mensajes de alerta” los cuales serán enviados siempre y cuando sobre pasen los valores establecidos por el usuario.



**Gráfico 2-3:** Diagrama de bloques del nodo máster

Fuente: Ruiz, Lucia, 2021.

### 3.4.3 Selección de los elementos hardware para la construcción del “MILU-EMC”

Después de ser analizados los requerimientos, la funcionalidad de los bloques y determinar los procesos a realizar de MILU-EMC, en esta sección se determina los componentes adecuados para la implementación del prototipo.




Por cada elemento se describe sus principales características a continuación:

#### 3.4.3.1 Módulos GPRS/GSM

Es un estándar de comunicaciones que a medida del paso del tiempo ha ido mejorando en sus tecnologías con mayor capacidad empezando la GSM entre los 900 MHz y los 1800MHz. (ADRIAN DE LA CAMARA, 2017)

Para la selección de los dispositivos se realizó una tabla comparativa para cada uno de ellos, en estas se aborda los principales dispositivos en el mercado y se incluye características de cada una de ellas. Las comparaciones realizadas entre los diferentes módulos GSM se muestra en la tabla 1-3.

**Tabla 1-3:** Cuadro comparativo de módulos GPRS/GSM

| Módulo GSM/GPRS | Sim 900 Shield  | Sim 808 Shield   | Sim 800L  |
|-----------------|---|--|---|
| Características |   |  |   |
| Gráfico         |  |  |  |
| Precio          | \$ 45   | \$ 60  | \$ 25   |
| Chip sim        | 900   | 808  | 800   |



|                      |                 |                   |                    |
|----------------------|-----------------|-------------------|--------------------|
| Banda de operación   | 850 a 1900 MHz  | 850 a 1900 MHz    | 850 a 1900 MHz     |
| Dimensiones          | 8,5 x 5,7 x 2cm | 6,5 x 5,4 x 1,3cm | 1,5 x 1,8 x 0,25cm |
| Voltaje de operación | 5 V             | 5 V               | 5 V                |
| Comunicación         | Serial          | Serial            | Serial             |
| Red                  | GSM/GPRS        | GSM/GPRS          | GSM/GPRS           |

**Fuente:** (OÑATE, 2020)

**Realizado por:** Ruiz, Lucia. 2021

Para la emisión de los datos durante el proceso de mensajes de alerta se considera idónea el módulo SIM900 por la cobertura que se tiene en él envió de los mismos y su alta estabilidad a diferencia de sus similares.

### 3.4.3.2 Módulo SIM900

También llamada Shield es una placa que se conecta al Arduino mediante un acoplamiento de sus terminales (ARDUINO & MCI ELECTRONICS, 2020).

Tarjeta ultra compacta que se indica en la figura 3-3, se comunica inalámbricamente y es compatible con todos los modelos de Arduino. Este modelo está configurado y controlado por vía UART usando comandos AT para comunicarse por lo que se conecta al microcontrolador. En sistemas remotos, comunicación recursiva, puntos de control, mandar mensajes de texto a celulares, etc (SIMCOM, 2017 pág. 17).



**Figura 3-3:** Módulo SIM900

**Fuente:** Ruiz, Lucia, 2021.

Se establecen las siguientes características por lo que fue escogido este módulo GPRS SIM900, estas se muestran en la tabla 2-3, ver Anexo A.

**Tabla 2-3:** Características módulo GPRS SIM900

| Características                    | Descripción                     |
|------------------------------------|---------------------------------|
| Compatibilidad con modelos Arduino | Totalmente compatible           |
| Módulo cuatribanda                 | GSM de 850/ 900/ 1800/ 1900 MHz |



|   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| GPRS multi-slot                         | clase 10/8 estación móvil clase B |
| Control                                 | Mediante comandos AT              |
| Temperatura de operación                | -40 °C a 85 °C                    |
| Sockets para operaciones de comandos AT | Si TCP/IP                         |
| Soporta RTC                             | Si                                |
| Bajo consumo de corriente               | 15 mA en modo "sleep"             |

**Fuente:** (GEEKFACTORY, 2021)

**Realizado por:** Ruiz, Lucia. 2021

### 3.4.4 Dispositivos de obtención de datos

Estos dispositivos permiten medir las variables meteorológicas como: temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, altitud, velocidad y dirección del viento.

#### 3.4.4.1 Sensor WS3000

Es un dispositivo que realiza mediciones de la velocidad del viento mediante la rotación de tres cazoletas que generan una señal de tensión de onda sinusoidal que se mueven según la cantidad de viento que se produzca independientemente de la dirección que tengan, son sensores de alta sensibilidad y resistentes a la corrosión (DURAN ELECTRÓNICA, 2019).

Además, en la figura 4-3, se observa una veleta en forma de flecha con la que emite señales eléctricas que determina la dirección del viento tomando los puntos cardinales principales y cuatro adicionales que resulta de la combinación de los puntos principales, teniendo ocho direcciones que se visualizan según el recorrido del viento.



**Figura 4-3:** Sensor WS3000

**Fuente:** Ruiz, Lucia, 2021.

Se establecen las siguientes características por lo que fue escogido este sensor WS3000, estas se muestran en la tabla 3-3, ver Anexo D.

**Tabla 3-3:** Características sensor WS3000

| Características Anemómetro    | Descripción     |
|-------------------------------|-----------------|
| Sensibilidad                  | 2,4 Km/h/vuelta |
| Rango de velocidad del viento | 0 ~ 240 Km/h    |
| Altura del anemómetro         | 7,1 cm          |

|                                  |                              |
|----------------------------------|------------------------------|
| Longitud del brazo               | 8,9 cm                       |
| Conector                         | RJ11                         |
| Características Veleta de viento |                              |
| Altura                           | 8,9 cm                       |
| Longitud                         | 17,8 cm                      |
| Precisión máxima                 | 22,5°                        |
| Rango de resistencia             | 688 $\Omega$ ~ 120K $\Omega$ |

**Fuente:** (WASP MOTE, 2018)

**Realizado por:** Ruiz, Lucia, 2021.

#### 3.4.4.2 Sensor BMP180

Es un dispositivo de alta precisión con un bajo consumo de potencia que mide la presión barométrica, la altitud, la presión atmosférica y la temperatura, su comunicación es compatible con otros dispositivos que son de uso frecuente, además vienen incorporados en módulos que se conectan de forma muy accesible a la placa del Arduino y en su mayoría incluye un regulador de voltaje que alimenta directamente a 5V. Como se muestra en la figura 5-3 (LLAMAS, 2016a).



**Figura 5-3:** Sensor BMP180

**Fuente:** Ruiz, Lucia, 2021.

Se establecen las siguientes características por lo que fue escogido este sensor BMP180, estas se muestran en la tabla 4-3, ver Anexo E:

**Tabla 4-3:** Características sensor BMP180

| Características           | Descripción                   |
|---------------------------|-------------------------------|
| Voltaje de operación      | 3,3 V – 5V DC                 |
| Rango de presión          | 300 a 1100 hPa (0,3 – 1,1bar) |
| Resolución                | 1 Pa                          |
| Precisión absoluta        | 1 hPa                         |
| Resolución de temperatura | 0,1 °C                        |
| Precisión temperatura     | 1 °C                          |
| Frecuencia de muestreo    | 120 Hz (máx.)                 |
| Rango de altura medible   | 0 – 9100 metros               |
| Consumo de energía        | Bajo                          |

**Fuente:** (NAYLAMP MECHATRONICS, 2020a)

**Realizado por:** Ruiz, Lucia. 2021




#### 3.4.4.3 Sensor de humedad

Instrumento de medición de la humedad relativa o la absoluta siendo uno de los parámetros ambientales más difícil de controlar porque depende de la temperatura y la presión de vapor de

saturación en el cual tiene un efecto significativo sobre la humedad relativa. Antes de tomar la medición se requiere estabilizar las condiciones de temperatura como de humedad por esa razón no hay mediciones precisas (REIMONDO, 2018).

Empleado en interiores o exteriores para medir uno de los parámetros más difíciles de controlar en los sistemas ambientales, entre los principales se consideran los siguientes que se muestran en la tabla 5-3.

**Tabla 5-3:** Cuadro comparativo de sensor de humedad

| Tipo de sensor<br>Características | FC-28   | Funduino   | DHT11   |
|-----------------------------------|---|--|---|
| Gráfico                           |  |  |  |
| Fuente de alimentación            | 3,3 V - 5V DC   | 3,3 V o 5V DC  | 3-5,5 V DC  |
| Corriente de funcionamiento       | 35 mA   | Menos de 20 mA   | 2.5 mA durante la conversión  |
| Voltaje de salida                 | 0 a Vcc   | 0 – 2,3 V<br>(2,3 V cuando está sumergido todo en agua)                            | 0 a Vcc   |
| Tipo de sensor                    | Salida analógica, salida digital  | Salida analógica   | Salida digital  |
| Precio                            | \$2   | \$ 3   | \$ 2  |

Fuente: (BOLAÑOS, 2018)

Realizado por: Ruiz, Lucia, 2021.

En base a la tabla 5-3 se selecciona el sensor DHT11 como sensor de humedad y temperatura para la elaboración del prototipo. Elegido por su bajo costo y bajo consumo de energía durante su funcionamiento.

#### 3.4.4.4 *Sensor DHT11*

Dispositivo de bajo costo usado para obtener datos de la temperatura y humedad relativa. Emplea un sensor capacitivo para la medición de la humedad y un termistor para conocer la temperatura. A nivel de hardware y software es de fácil uso porque permite su conexión con varias plataformas. Para su uso solo necesita emplear sus librerías de acuerdo con el software que se use. Este sensor se indica en la figura 6-3 (NAYLAMP MECHATRONICS, 2019b).



**Figura 6-3:** Sensor DHT11

Fuente: Ruiz, Lucia. 2021

Se establecen las siguientes características por lo que fue escogido este sensor DHT11, esto se muestra en la tabla 6-3, ver anexo B:

**Tabla 6-3:** Características sensor DHT11

| Características                      | Descripción  |
|--------------------------------------|--------------|
| Voltaje de operación                 | 3 V – 5V DC  |
| Rango de medición de temperatura     | 0 a 50 °C    |
| Precisión de medición de temperatura | ±2,0 °C      |
| Resolución Temperatura               | 0,1 °C       |
| Rango de medición de humedad         | 20% a 90% RH |
| Precisión de medición de humedad     | 5% RH        |
| Resolución Humedad                   | 1% RH        |
| Tiempo de censado                    | 1 segundo    |

Fuente: (NAYLAMP MECHATRONICS, 2019b)

Realizado por: Ruiz, Lucia. 2021

#### 3.4.4.5 Módulo WIFI ESP8266

Es un módulo sencillo de muy bajo costo en el mercado y su función es conectarse a un punto de acceso Wifi mediante comandos de texto AT. Permite configurarse en diferentes velocidades y enviar información a una dirección IP o al puerto que se requiera (BOLAÑOS, 2018). Este módulo se muestra en la figura 7-3.



**Figura 7-3:** Módulo WIFI ESP8266

Fuente: Ruiz, Lucia. 2021

Se establecen las siguientes características por lo que fue escogido este módulo WIFI ESP8266, esto se muestra en la tabla 7-3, ver anexo B:

**Tabla 7-3:** Características del módulo WIFI ESP8266

| Características          | Descripción   |
|--------------------------|---|
| Voltaje de operación     | 3,3 V DC  |
| Conectores               | SDIO 2, UART, GPIO, salida PWM, sensor de temperatura interno |
| CPU                      | Tensilica XtensaL106 32-bit RISC 80 Mhz                       |
| RAM                      | 64KB i /96 KB d   |
| Comunicación serial      | TX/RX   |
| Consumo                  | 0,0005 a 170 mA según la potencia de la señal                 |
| Temperatura de operación | -40 a 125 °C  |
| Modos                    | (Activo, dormido, sueño profundo) afectan al consumo          |

Fuente: (HARDWARELIBRE, 2020)

Realizado por: Ruiz, Lucia. 2021

#### 3.4.4.6 Módulo XBEE

Elaborado por la empresa Digi International es un módulo de comunicación inalámbrica que emplea tecnología ZigBee (EDICIONES-ENI, 2019). La comunicación es de manera inalámbrica entre sí y son capaces de reemplazar los cables en una comunicación serial mediante el protocolo de red llamado 802.15.4 que crea redes FAST POINT-TO-MULTIPOINT o para redes PEER-TO-PEER son utilizados para aplicaciones de diseños de alto tráfico de datos, baja latencia y una sincronización de comunicación predecible (APRENDIENDOARDUINO, 2016b). Este módulo se muestra en la figura 8-3.

**Figura 8-3:** Módulo XBEE

Fuente: Ruiz, Lucia. 2021

Se establecen las siguientes características por lo que fue escogido este módulo XBEE, esto se muestra en la tabla 8-3, ver anexo G:

**Tabla 8-3:** Características módulo XBEE

| Características           | Descripción           |
|---------------------------|-----------------------|
| Voltaje de operación      | 2,7 ~ 3,6 V DC        |
| Frecuencia de trabajo     | 2,4 GHz               |
| Velocidad de datos (máx.) | 250,000b/s            |
| Rango de alcance          | Hasta 3200 m          |
| Sensibilidad              | -101 dBm              |
| Interfaz de comunicación  | SPI, UART             |
| Capacidad de memoria      | 32 kB Flash, 2 kB RAM |
| Temperatura de operación  | -40 °C ~ 85 °C        |

Fuente: XBEE (DIGI, 2019a)




Realizado por: Ruiz, Lucia. 2021

### 3.4.4.7 Tarjetas de desarrollo Arduino

La familia Arduino de código abierto con hardware y software libre de fácil utilización con la que se puede crear diferentes tipos de microordenadores en una sola placa con una variedad de usos en varias áreas de la electrónica (DESCUBREARDUINO, 2020).

Por lo que se tiene varias presentaciones como se muestra en la tabla 9-3, donde se muestran algunas de sus características principales.

**Tabla 9-3:** Comparación de las tarjetas de desarrollo de la familia Arduino

| Tarjeta de desarrollo       | Arduino UNO   | Arduino MEGA   | Arduino NANO  |
|-----------------------------|---|--|---|
| Características             |   |  |   |
| Gráfico                     |  |  |  |
| Microcontrolador            | ATmega 328  | ATmega 2560  | ATmega 328  |
| Voltaje operativo           | 5V  | 5V   | 5V  |
| Tensión de entrada          | 7-12V   | 7-12V  | 7-12V   |
| Voltaje de entrada (límite) | 6-20V   | 6-20V  | 6-20V   |
| Terminales digitales        | 14  | 54   | 22  |
| Terminales análogos         | 6   | 16   | 8   |
| Corriente DC por pin        | 40 mA   | 40 mA  | 40 mA   |
| Corriente DC                | 50 mA   | 50 mA  | 19 mA   |
| Capacidad de memoria        | 32 KB   | 256KB  | 32 KB   |
| SRAM                        | 2 KB  | 8 KB   | 2 KB  |
| EEPROM                      | 1KB   | 4 KB   | 1 KB  |
| Clock Speed                 | 16 MHz  | 16 MHz   | 16 MHz  |
| Precio                      | \$ 10   | \$ 19  | \$ 10   |

Fuente: (OÑATE, 2020)

Realizado por: Ruiz, Lucia. 2021

Por las características que se muestran en la tabla anterior y el funcionamiento que se requiere para el proyecto se designa al Arduino Nano como la tarjeta de desarrollo a utilizar.

### 3.4.4.8 Arduino Nano

Es una de las placas de Arduino denominada NANO porque se basa en la tecnología ATmega 328 de dimensión pequeña a diferencia de los otras placas, tiene la principal diferencia de la familia del Arduino al no tener incorporado una toma de alimentación en DC sino que a su vez contiene un pequeño puerto “Mini-USB” el cual puede ser utilizado como para la programación o como también para la monitorización en serie (DESCUBREARDUINO, 2020). Este módulo se muestra en la figura 9-3.



**Figura 9-3:** Arduino Nano

Fuente: Ruiz, Lucia. 2021

Se establecen las siguientes características por lo que fue escogido este módulo ARDUINO NANO, esto se muestra en la tabla 10-3, ver anexo C:

**Tabla 10-3:** Características módulo ARDUINO NANO

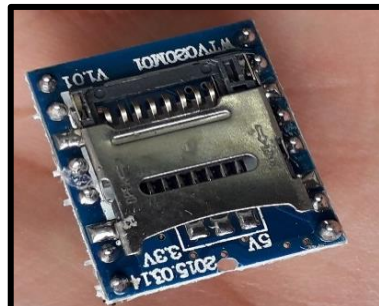
| Características             | Descripción           |
|-----------------------------|-----------------------|
| Voltaje de operación        | 5 V DC                |
| Microcontrolador            | Arduino ATmega328     |
| Velocidad de reloj          | 16 MHz                |
| Pines de E/S analógicas     | 8                     |
| Terminales de E/S digitales | 22                    |
| Salida PWM                  | 6                     |
| Capacidad de memoria        | 32 kB Flash, 2 kB RAM |
| Consumo de energía          | 19 mA                 |

Fuente: (ELECTROGEEK, 2020)

Realizado por: Ruiz, Lucia. 2021

#### 3.4.4.9 Módulo Micro SD

Es un dispositivo empleado para el almacenamiento de datos, de fácil manejo y su reducido tamaño. Son módulos que pueden trabajar con Arduino ya que poseen librerías con el IDE del Arduino y solo se requiere incluir esta librería al inicio del código. Vienen en varias presentaciones con adaptadores que utilizan sockets de diferentes tamaños llegando a tener el mismo funcionamiento se comunican por SPI que trabaja con 3,3 V (NAYLAMP MECHATRONICS, 2018d). Este módulo se muestra en la figura 10-3.



**Figura 10-3:** Módulo Micro SD

Fuente: Ruiz, Lucia. 2021

Se establecen las siguientes características por lo que fue escogido este módulo MICRO SD, esto se muestra en la tabla 11-3, ver anexo H:

**Tabla 11-3:** Características módulo MICRO SD

| Características                  | Descripción  |
|----------------------------------|--------------|
| Voltaje de operación             | 3,3 o 5 V DC |
| Regulador de tensión incorporado | 3,3 V        |
| Corriente de consumo             | < 200 mA     |
| Interfaz                         | SPI          |

Fuente: (NAYLAMP MECHATRONICS, 2019b)

Realizado por: Ruiz, Lucia. 2021

#### 3.4.4.10 Módulo RTC

La denominación de RTC se hizo para diferenciarlos de los relojes usuales, las siglas significan Reloj de Tiempo Real y es considerado un elemento electrónico que mide el tiempo en unidades cotidianas de un reloj normal (LLAMAS, 2016b). Este módulo se muestra en la figura 11-3.



**Figura 11-3:** Módulo RTC

Fuente: Ruiz, Lucia. 2021

Se establecen las siguientes características por lo que fue escogido este módulo RTC, esto se muestra en la tabla 12-3, ver anexo I:

**Tabla 12-3:** Características módulo RTC

| Características          | Descripción  |
|--------------------------|--|
| Voltaje de operación     | 3,3 ~ 5 V DC   |
| Exactitud de reloj       | 2 ppm  |
| Modelo                   | DS3231 con oscilador interno                             |
| Dirección I2C del DS3132 | Read(11010001) Write(11010000)                           |
| Memoria                  | EEPROM AT24C32 (4K * 8bit = 32Kbit = 4KByte)             |
| Comunicación             | I2C  |
| Funcionamiento           | La batería puede mantener al RTC funcionando por 10 años |

Fuente: (NAYLAMP MECHATRONICS, 2018c)

Realizado por: Ruiz, Lucia. 2021

#### 3.4.4.11 Regulador de voltaje LM 7805

Como su nombre lo indica es el encargado de disminuir a un valor determinado la alimentación de entrada. El LM 7805 regula un voltaje de entrada a 5V. El identificador 78 nos



indica que es un regulador de tensión que genera tensión positiva, este es un circuito integrado que consta de tres terminales. El terminal uno es el de entrada que recibe el voltaje de corriente continua entrante al regulador, el terminal dos es usado para suministrar tierra en el regulador y finalmente en el terminal tres se obtiene la tensión de salida regulada (TAITRON, 2016). Este elemento se muestra en la figura 12-3.



**Figura 12-3:** LM 7805

**Fuente:** Ruiz, Lucia. 2021

Se establecen las siguientes características por lo que fue escogido este regulador LM 7805, esto se muestra en la tabla 13-3, ver anexo L:

**Tabla 13-3:** Características regulador LM 7805

| Características            | Descripción |
|----------------------------|-------------|
| Voltaje de salida          | 5 V         |
| Corriente máxima de salida | 1 A         |
| Voltaje de entrada máximo  | 35 V        |
| Tolerancia                 | ± 2%        |
| Encapsulado                | TO-220      |

**Fuente:** (TAITRON, 2016)

**Realizado por:** Ruiz, Lucia. 2021

#### 3.4.4.12 Regulador de voltaje LM 7833

Es el encargado de disminuir a un valor determinado la alimentación de entrada. Regula un voltaje de entrada a 3,3V (TAITRON, 2016). Este elemento se muestra en la figura 13-3.



**Figura 13-3:** LM 7833

**Fuente:** Ruiz, Lucia, 2021.

Se establecen las siguientes características por lo que fue escogido este regulador LM 7833, esto se muestra en la tabla 14-3, ver anexo M:

**Tabla 14-3:** Características regulador LM7833

| Características            | Descripción |
|----------------------------|-------------|
| Voltaje de salida          | 3,3 V       |
| Corriente máxima de salida | 1 A         |
| Voltaje de entrada máximo  | 35 V        |
| Tolerancia                 | ± 2%        |
| Encapsulado                | TO-220      |

Fuente: (TAITRON, 2016)

Realizado por: Ruiz, Lucia. 2021

#### 3.4.4.13 Display LCD de 16 terminales

Dispositivo electrónico para la visualización de datos, con bajo consumo de energía siendo accesible y de fácil utilización. Se alimenta con 5 voltios, incluyendo la alimentación de la iluminación led (BARRERA VALDIVIA, 2016). En la figura 14-3 se presenta un LCD de 16 terminales.



**Figura 14-3:** Display LCD de 16 terminales

Fuente: Ruiz, Lucia. 2021

Se establecen las siguientes características por lo que fue escogido este LCD de 16 terminales, esto se muestra en la tabla 15-3, ver anexo J:

**Tabla 15-3:** Características LCD de 16 terminales

| Características                 | Descripción  |
|---------------------------------|--|
| Voltaje de alimentación         | 5 V  |
| Caracteres                      | 16 caracteres x 2 líneas   |
| Tamaño de carácter              | 5,23 x 3 mm  |
| Tipos de caracteres que muestra | Letras, números, caracteres especiales y hasta 8 caracteres creados por el usuario |

Fuente: (TAITRON, 2016)

Realizado por: Ruiz, Lucia. 2021

#### 3.4.4.14 Batería seca

Es un acumulador constituido por varias celdas por lo que su capacidad es amplia en este tipo de dispositivos. Convierte la energía química almacenada en corriente eléctrica que alcanza 12 V (CDMX ELECTRONICA, 2018). Este elemento se muestra en la figura 15-3.



**Figura 15-3:** Batería seca

Fuente: (CDMX ELECTRONICA, 2018)

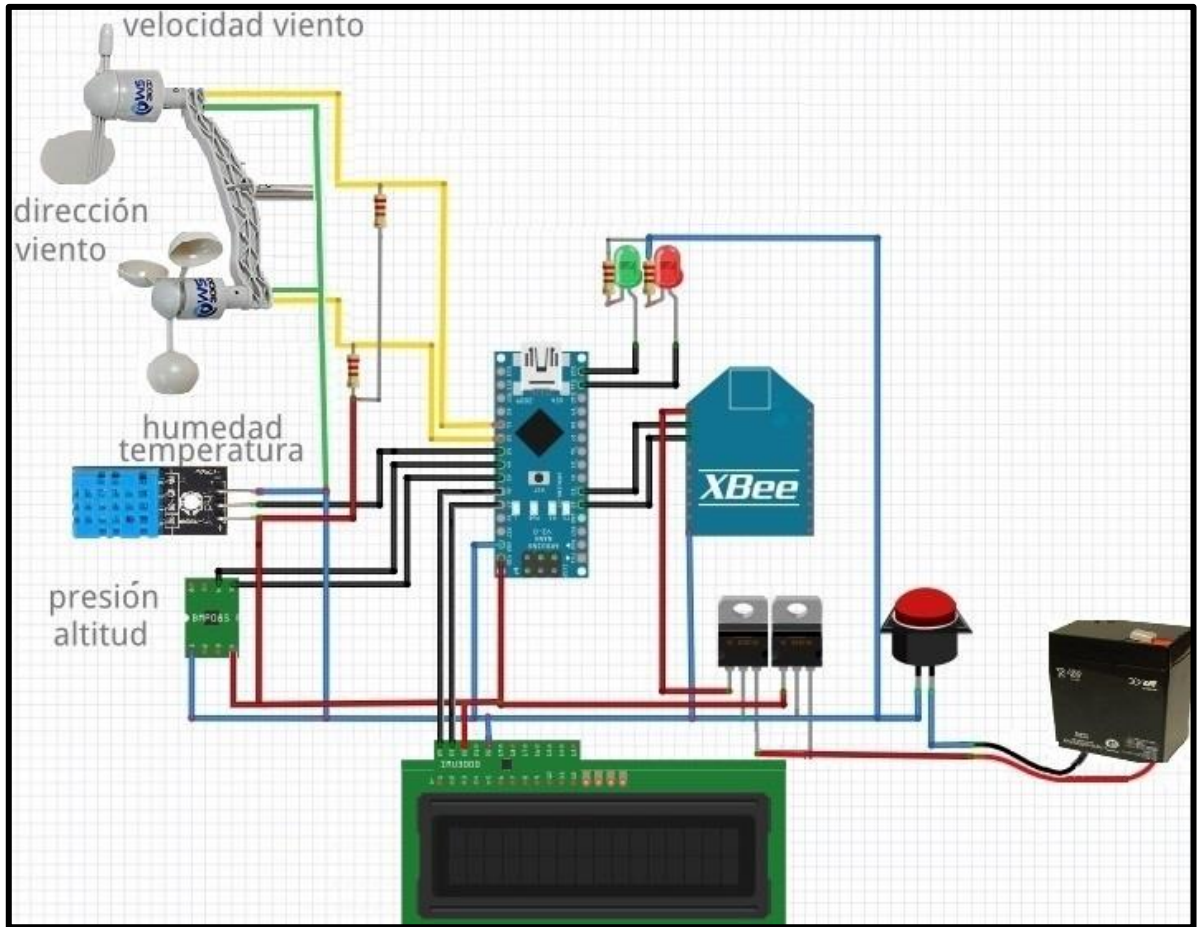
### 3.4.5 Esquema de conexión del sistema inalámbrico

Se detallan los elementos de cada nodo que conforman el sistema inalámbrico MILU-EMC en diagramas de conexiones.

#### 3.4.5.1 Diagrama de conexión del nodo sensor

Se muestran las conexiones del nodo sensor en la figura 16-3, para este módulo se utilizó el Arduino Nano que presenta la siguiente conexión con los demás elementos:

- El sensor de velocidad y dirección del viento está conectado a una resistencia de 220  $\Omega$  utilizada para suministra la alimentación de 5V y en paralelo a los terminales A1 y A2. Los otros terminales se conectan al GND.
- El sensor de humedad y temperatura DHT11 está conectado su terminal de VCC a la alimentación de 5V, su terminal de datos D0 con el terminal A3 y su terminal de GND con el GND general del dispositivo.
- El sensor de presión atmosférica y de altitud están conectado su terminal de VIN a la alimentación de 5V, su terminal de SCL al A4, su terminal de SDA al A5 y su terminal de GND con el GND general del dispositivo.
- El módulo XBee está conectado su terminal de VCC a la alimentación de 3,3V, su terminal DOUT al D3, su terminal DIN al D2 y su terminal de GND con el GND general del dispositivo.
- La pantalla LCD está conectado su terminal de VCC a la alimentación de 5V, su terminal SDA al A6, su terminal SCL al A7 y su terminal de GND con el GND general del dispositivo.
- Se tiene dos diodos LED que funcionan como indicadores, el led verde para indicar el inicio está conectado al terminal D12 y el led rojo de apagado al terminal D11 y sus terminales negativos están conectados con el GND general del dispositivo.
- Dos reguladores de voltaje que se conecta desde la batería hasta el Arduino y el Xbee.



**Figura 16-3:** Diagrama de conexiones del módulo del nodo sensor

Realizado por: Ruiz, Lucia, 2021.

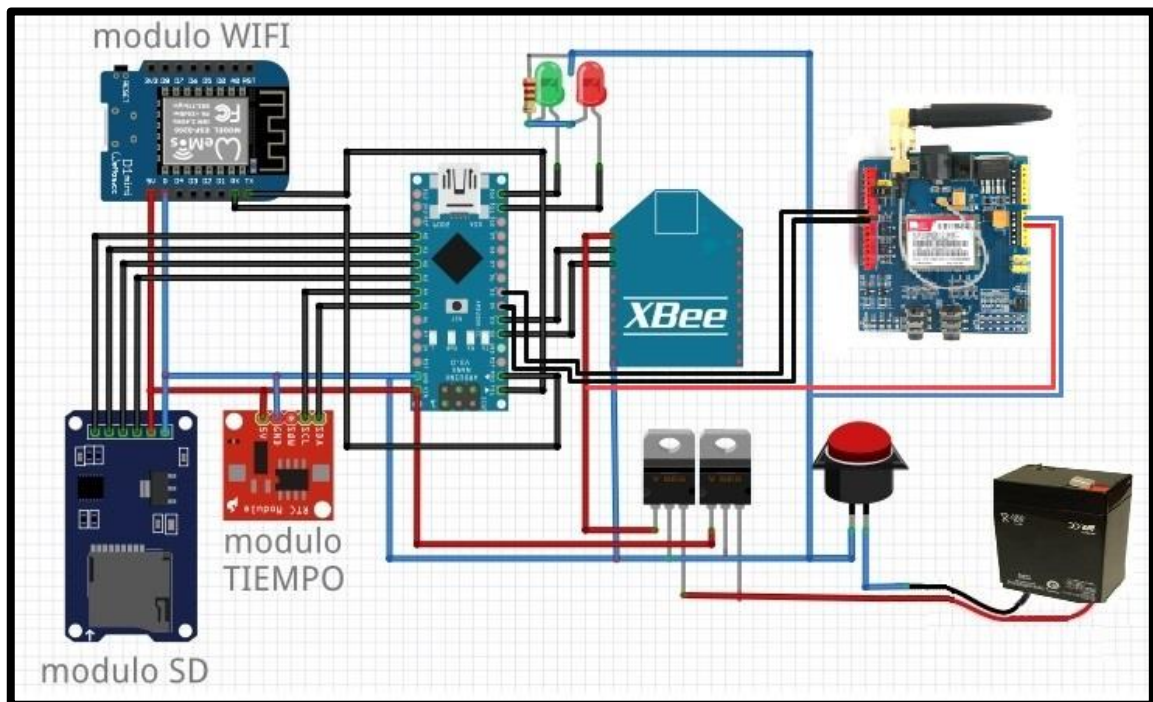
### 3.4.5.2 Diagrama de conexión del módulo del nodo máster

El Nodo máster funciona con el Arduino Nano para el procesamiento el módulo de trasmisor Wifi ESP82-66, un módulo receptor XBee, un módulo de almacenamiento Micro SD y el reloj del RTC, cada una de sus conexiones especificadas a continuación se muestran en la figura 17-3.

Las conexiones del nodo se distribuyen de la siguiente manera:

- El módulo XBee está conectado su terminal de VCC a la alimentación de 3,3V, su terminal DOUT al D3, su terminal DIN al D2 y su terminal de GND con el GND general del dispositivo.
- El módulo RTC está conectado su terminal de VCC a la alimentación de 5V, su terminal SDA al A5, su terminal SCL al A4 y su terminal de GND con el GND general del dispositivo.
- El módulo Micro SD está conectado su terminal de VCC a la alimentación de 5V, su terminal MISD al A3, su terminal MOSI al A2, su terminal SCK al A1, su terminal CS al A0 y su terminal de GND con el GND general del dispositivo.

- El módulo ESP8266 está conectado su terminal de VCC a la alimentación de 5V, su terminal D0 al TX, su terminal D1 al RX0 y su terminal de GND con el GND general del dispositivo.
- Se tiene dos diodos LED que funcionan como indicadores, el led verde para indicar el inicio está conectado al terminal D12 y el led rojo de apagado al terminal D11 y sus terminales negativos están conectados con el GND general del dispositivo.
- Dos reguladores de voltaje que se conecta desde la batería hasta el Arduino y el Xbee.



**Figura 17-3:** Diagrama de conexiones del módulo del nodo máster

Realizado por: Ruiz, Lucía, 2021.

### 3.5 Requerimientos de software para el MILU-EMC

En esta parte se describen los requerimientos del software necesarios para la implementación del sistema.

#### 3.5.1 Valores máximos y mínimos considerados en la puesta en marcha del sistema

Datos de los valores máximos y mínimos de los sensores, para determinar los mensajes de alerta que se envían al dispositivo móvil mediante mensajes de texto.

**Velocidad del viento:** El valor máximo que puede obtener en las mediciones del sensor para un óptimo crecimiento y desarrollo de las plantas es de 7,2 m/s

**Humedad relativa:** Los valores máximos y mínimos están determinados a partir de la tabla 4-2, según los requerimientos del usuario.

Valor mínimo: 20%

**Altitud:** Para los valores críticos dependerá del ejecutor del sistema que determinará los valores de cuidado en cada ocasión, por lo que se podrá regir en la tabla 4-2, en donde se especifica datos necesarios en los sembríos.

Valor máximo: 3000 m.s.n.m

Valor mínimo: 2500 m.s.n.m

**Temperatura:** Para los valores críticos dependerá del ejecutor del sistema que determinará los valores de cuidado en cada ocasión, por lo que se podrá regir en la tabla 4-2, en donde se especifica datos necesarios en los sembríos.

Valor máximo: 30 °C

Valor mínimo: 7°C

**Presión:** Para los valores críticos dependerá del ejecutor del sistema que determinará los valores de cuidado en cada ocasión, por lo que se podrá regir en la tabla 4-2, en donde se especifica datos necesarios en los sembríos.

Valor máximo: 701 hPa

Valor mínimo: 746 hPa

### **3.5.2 *Requerimientos de software del nodo sensor***

- Se toman los valores provenientes de los sensores de temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, altitud, velocidad y dirección del viento de manera simultánea en tiempo real.
- Visualizar los datos de temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, altitud, dirección y velocidad del viento mediante la pantalla LCD.
- Enviar los valores de los sensores de: temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, altitud, velocidad y dirección del viento al nodo máster para el procesamiento respectivo de la información mediante la tecnología ZigBee utilizando el módulo XBee

### **3.5.3 *Requerimientos de software del nodo máster***

- La recepción de la información con los datos de los sensores provenientes del nodo sensor mediante la comunicación ZigBee.



- El almacenamiento de los datos tomados en tiempo real por la memoria interna del módulo Micro SD.
- La presentación de la información en la salida del módulo del Micro SD mediante un documento de texto, que contiene la fecha del día que se toman los datos, los valores de los sensores de temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, altitud, velocidad y dirección del viento.
- El envío de mensajes de texto se realiza mediante la tecnología GSM/GPRS cuando los valores de los sensores antes citados sobrepasen los valores que establezca el usuario como críticos, serán mensajes de alerta en tiempo real.
- Visualización de los valores provenientes de los sensores en la plataforma Thing Speak de tiempo real mediante el módulo wifi ESP8266

### 3.5.4 Herramientas de software del sistema

Para el desarrollo del sistema se utilizan herramientas que ejecutan funciones, librerías y una programación estructurada. Las herramientas se detallan a continuación:

#### 3.5.4.1 Software XCTU

Multiplataforma de acceso libre muy accesible siendo una herramienta utilizada en varias redes por su efectividad en la administración de los dispositivos independientemente del tamaño de red y el número de nodos que se encuentran activos (DIGI, 2018b).

En la figura 18-3 se muestra la ventana de inicio del programa.

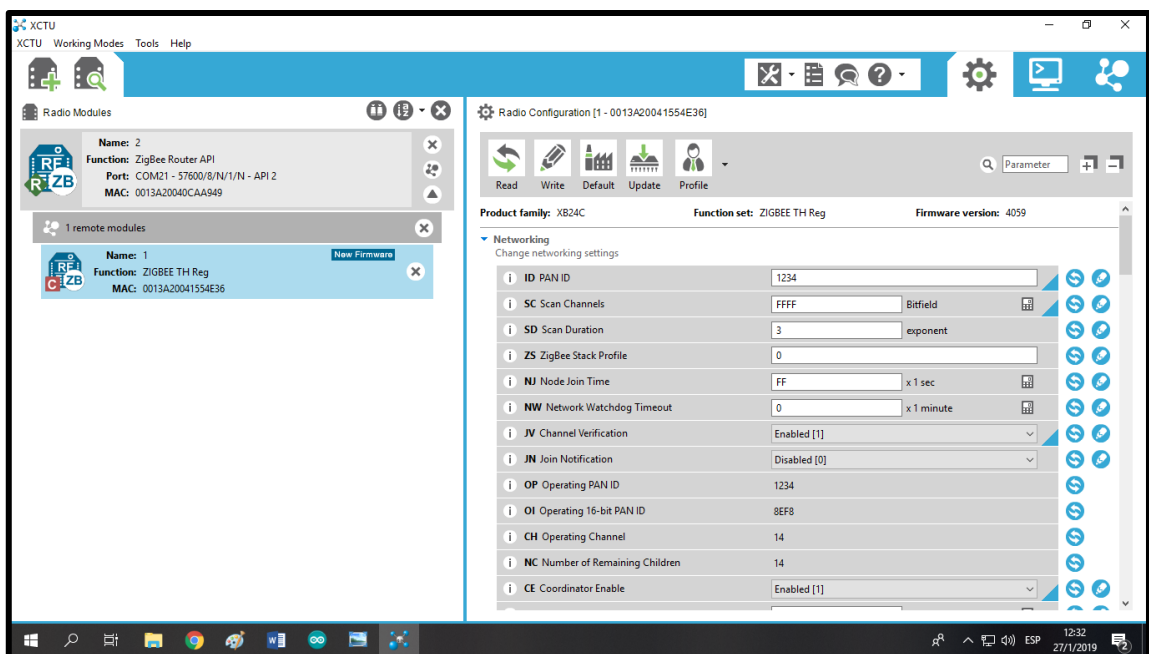


Figura 18-3: Ventana de inicio de XCTU

Fuente: Ruiz, Lucia, 2021.

#### 3.5.4.2 *Android studio*

Este sistema operativo es de código abierto, está presente en los dispositivos móviles y principalmente está programado en Java. El núcleo se encuentra basado en el Lenguaje Operativo de Linux para el manejo de memorias, procesos y hardware (CCIA, 2018).

Descripción del Sistema (CCIA, 2018):

- Posee bibliotecas como SQLite, WebKit, OpenGL, open source para el desarrollo de aplicaciones.
- Tiene un entorno de ejecución para la aplicación de Android.
- Un sistema de framework para acceder a las aplicaciones y servicios del sistema.
- Una interfaz para pantallas táctiles y entradas adicionales.
- Un Kit de desarrollo de software SDK.
- Tiene algunas aplicaciones instaladas que son propias del sistema.
- Una comunidad de desarrolladores que constantemente suben contenido con código libre al sistema.

Entre los principales motivos para su uso se tiene:

- Pertenece a una comunidad de desarrollo donde se pueden aportar nuevas y novedosas aplicaciones.
- Se desarrolla desde cualquier plataforma como Mac, Windows, Linux, etc.
- Es un Sistema Operativo para cualquier tipo de dispositivo móvil donde pueden adaptarlo y expandirlo según se lo requiera.
- Sistema Operativo de acceso libre en cualquiera de sus plataformas.

En la siguiente figura 19-3, se tiene la ventana de inicio de Android Studio





**Figura 19-3:** Ventana de inicio de Android Studio

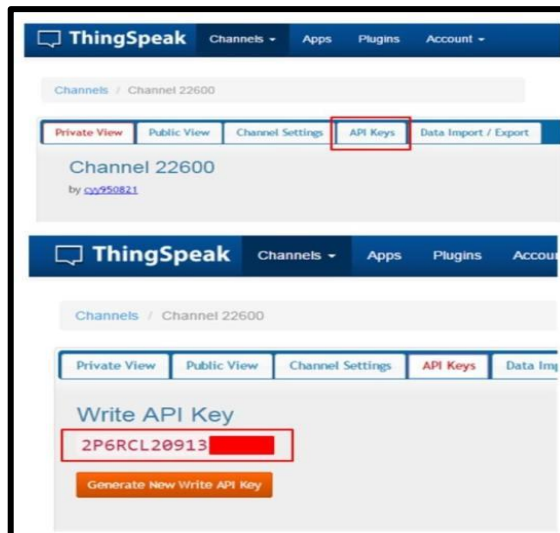
**Fuente:** Ruiz, Lucia, 2021.

#### 3.5.4.3 *Thing speak*

Es una plataforma digital que puede integrarse con Raspberry Pi, Arduino, Electric imp entre otras, como también con aplicaciones móviles, sitios Web con redes sociales y un adicional como es el análisis de datos desde MATLAB utilizando protocolos IO, siendo una plataforma que permite agregar, visualizar y analizar flujos de datos en directo en la nube (tiempo real). La característica principal de *ThingSpeak* es un “*Canal ThingSpeak*” en donde almacena los datos que se envían a través de la red como se ve en la figura 20-3 (DA, 2020).

Características del Canal (DESCUBREARDUINO, 2020):

- Posee ocho campos para almacenar datos de cualquier tipo
- Tiene tres campos de ubicación que generalmente son utilizados para almacenar latitud, longitud y elevación desde donde se obtiene los datos
- Tiene un campo de estado muy corto que se utiliza para describir sobre los datos almacenados



**Figura 20-3:** Página de inicio Thing Speak

Fuente: Thing Speak, 2020.

### 3.5.5 Programación de los nodos del sistema

Para la programación de cada uno de los nodos se detallan en el Anexo M y N, mediante el software de desarrollo IDE 1.8.2. Se describen las librerías, funciones, variables y diagramas de flujo a utilizarse por cada nodo.

#### 3.5.5.1 Diagrama de flujo del nodo sensor

Para la ejecución del programa del nodo sensor se lo realiza mediante instrucciones que satisfagan los requerimientos del sistema MILU-EMC como se indican a continuación:

Inicialización del programa con la declaración de variables:

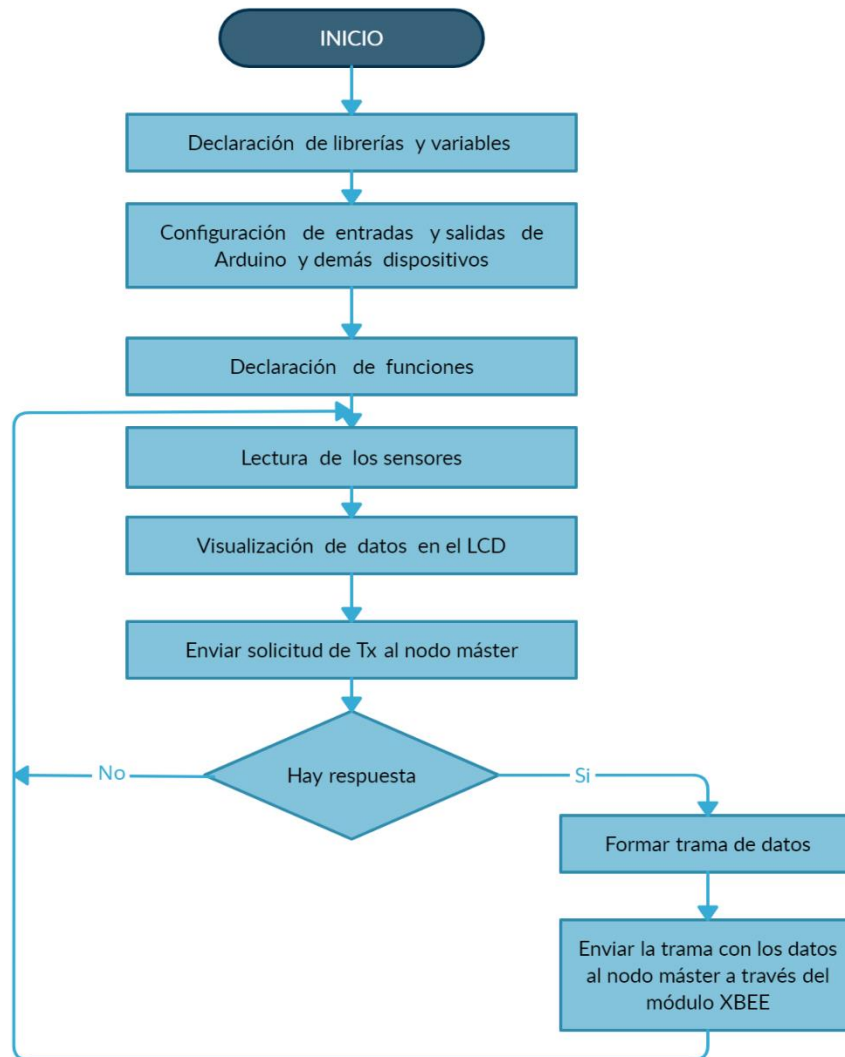
- Declaración de variables e inclusión de librerías
- Disposición de entradas y salidas del Arduino NANO para los requerimientos del sistema
- Declaración de las funciones a utilizar de acuerdo con los procesos necesarios para la implementación.
- Por medio de la función **TextoLCD()** se presenta mensajes en la pantalla del LCD.

Procesos repetitivos de manera indefinida

- La lectura de los sensores se lo realiza usando la función **get\_temp()** en el sensor de temperatura, **get\_hum()** para el sensor de humedad relativa, **get\_vel()** para la velocidad del viento, **get\_pos()** para la dirección del viento, **get\_pre()** para la presión atmosférica y **get\_alt()** para la altitud.

- Los valores extraídos por los sensores se visualizan en la pantalla LCD usando la función **lcd.print()**.
- En el módulo XBee se utiliza la función **xbee.getResponse()** para solicitar la transmisión y para la entrega de datos usando la función **txStatus.getDeliveryStatus()**.

En el gráfico 3-3, se establece el diagrama de flujo por parte del nodo sensor:



**Gráfico 3-3:** Diagrama de flujo del nodo sensor

Realizado por: Ruiz, Lucía, 2021.

### 3.5.5.2 Librerías utilizadas en la programación del nodo sensor

- **XBee.h:** Permite la comunicación inalámbrica con el Arduino, usa la tecnología ZigBee para encapsular datos en una trama API. Una vez recibido la trama el receptor emplea esta librería para extraer los datos y almacenarlos localmente. Esta librería presenta diferentes paquetes: TX, RX, Remote AT y AT command entre otros (MONTESINOS NAVARRO, 2013 pág. 28).

- **SoftwareSerial.h:** Como su nombre lo indica esta librería utiliza software para replicar la funcionalidad serial, lo que hace es habilitar la comunicación en serie entre los terminales digitales del Arduino que estén trabajando (ARDUINO, 2019).
- **DHT.h:** Esta permite configurar la lectura de datos de temperatura y humedad a través de un pin digital (PARDO, 2021).
- **SFE-BMP180.h:** Esta librería es usada para habilitar la comunicación entre el sensor y el Arduino NANO concediendo así la obtención de datos del sensor BMP180 (JONSHON KOCHIFAS, 2014 pág. 52).
- **LiquidCrystal.h:** Es una librería que permite al Arduino realizar la comunicación con el módulo LCD (JONSHON KOCHIFAS, 2014 pág. 39).

### 3.5.5.3 *Funciones que están incluidas en el sketch del nodo sensor*

**GET:** Función encargada de adquirir los valores de una cierta variable e indicarlos como flotantes en la ventana del software de Arduino (HETPRO, 2018b).

- **get\_temp():** Lee los datos enviados por el sensor de temperatura.
- **get\_hum():** Lee los datos enviados por el sensor de humedad relativa.
- **get\_vel():** Lee los datos enviados por el sensor de velocidad del viento.
- **get\_pos():** Lee los datos enviados por el sensor de dirección del viento.
- **get\_pre():** Lee los datos enviados por el sensor de presión atmosférica.
- **get\_alt():** Lee los datos enviados por el sensor de altitud.

**Print:** Función de Arduino empleada para escribir datos en el puerto serial (HETPRO, 2021a).

- **Lcd.print():** Permite la visualización en una pantalla LCD de 16x2 de los valores de lecturas de los sensores.

**Send:** Encargada de enviar tramas (HETPRO, 2021a).

- **xBee.send():** Encargada del envío de la trama de datos empleando la tecnología ZigBee hacia los demás nodos.
- **xBee.getResponse():** Esta función se encarga de determinar si existe un paquete listo para transmitir al otro nodo mediante la tecnología ZigBee (GITHUB, 2016).
- **txStatus.getDeliveryStatus():** Devuelve un estado de entrega después de realizar el envío de la trama (GITHUB, 2016).

#### 3.5.5.4 Diagrama de flujo del nodo máster

Para la ejecución del programa del nodo máster se lo realiza mediante instrucciones que satisfagan los requerimientos del sistema MILU-EMC el sketch de la programación esta detallado a continuación:

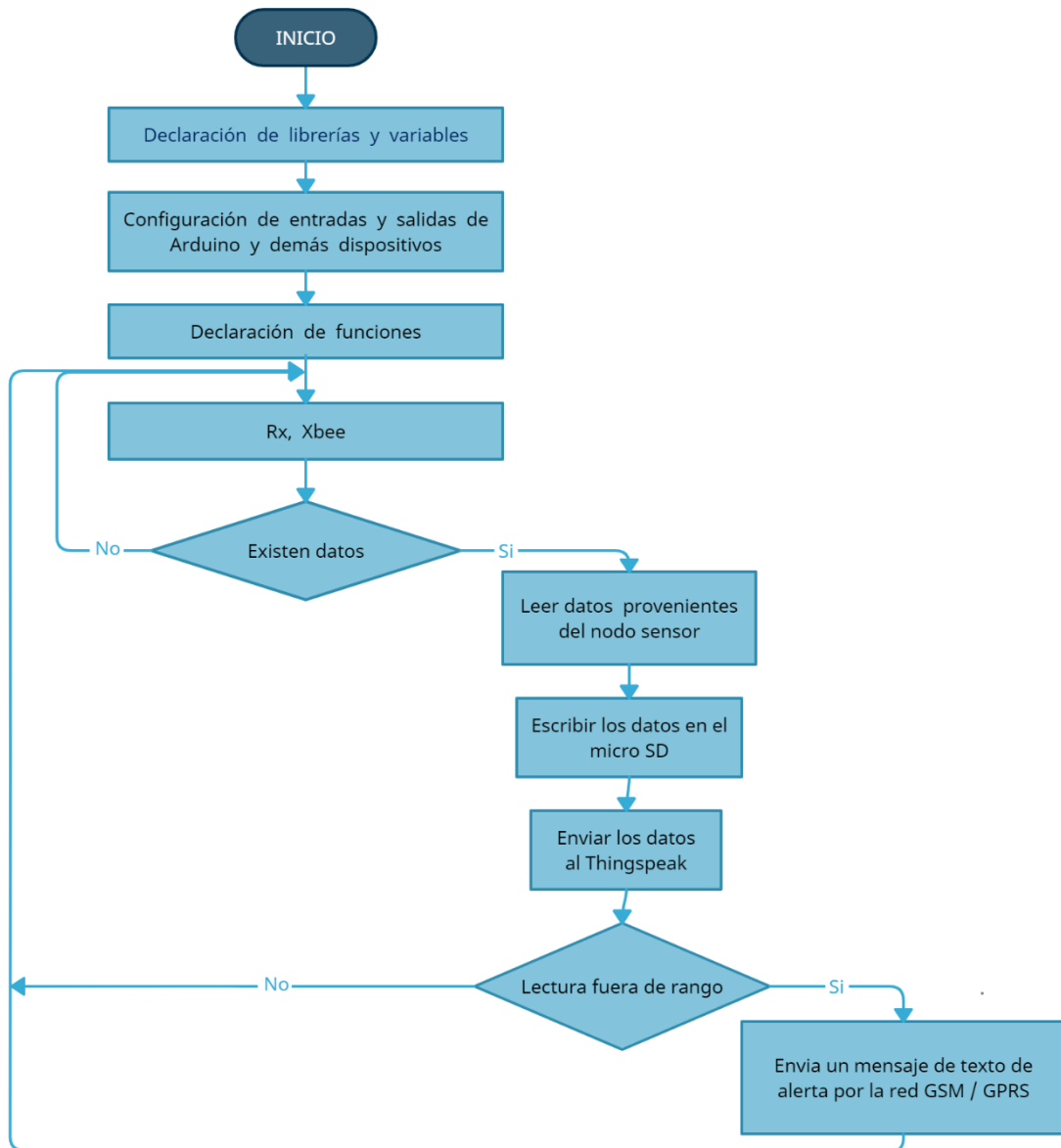
Declaración de variables e inicialización

- Declaración de las variables e inclusión de las librerías necesarias.
- Configuración de entradas y salidas a ser usadas por el Arduino.
- Declaración de las funciones a utilizar.
- Habilitar el puerto serial usando la función **serial. Begin(9600)**.

Procesos repetitivos de manera indefinida

- Creación de un objeto XBee usando la función **Xbee()**.
- Las tramas y la lectura de su contenido del nodo sensor se lo hace usando la función **xbee.readPacket()**.
- La habilitación de los terminales digitales del Arduino usando la función **SD.begin()**.
- Usando la función **SD.open()** se crea un archivo en la tarjeta de almacenamiento de la Micro SD, si ya existe algún archivo se lo reescribe.
- La función **LowPower.powerDown()** permite establecer el parámetro para que el Arduino entre en modo sleep durante un tiempo (PROMETEC, 2018).

En el gráfico 4-3, se muestra el diagrama de flujo perteneciente a la programación del nodo máster, ver Anexo L



**Gráfico 4-3:** Diagrama de flujo del nodo máster

Fuente: Ruiz, Lucia, 2021.

### 3.5.5.5 Librerías utilizadas en la programación del nodo máster

- **XBee.h:** Se describe en el nodo anterior
- **SoftwareSerial.h:** Se describe en el nodo anterior.
- **SD.h:** Es una librería permite la lectura y escritura en tarjetas SD.
- **Wire.h:** Librería usada para la comunicación con dispositivos usando I2C/tWL con Arduino.
- **SPI.h:** Esta librería usa un protocolo para transmitir datos de forma síncrona permitiendo tener una comunicación rápida (DESCUBREARDUINO, 2020).
- **RTClib.h:** Esta librería permite habilitar el control y usar el RTC interno del Arduino.

- **LowPower.h:** Librería que permite poner al Arduino en modo Sleep por un tiempo determinado (PROMETEC, 2018).

#### 3.5.5.6 *Funciones dentro del sketch del nodo máster*

- **Serial.begin(9600):** Esta función permite que se habilite el puerto serial para el envío de datos.
- **xBee():** Se encarga de crear objetos XBee.
- **XBee.readPacket():** Esta función realiza la lectura de las tramas de datos recibidas desde el nodo sensor.
- **SD.begin():** Inicia la librería SD iniciando la tarjeta
- **SD.open():** Abre el archivo de la tarjeta del módulo Micro SD.

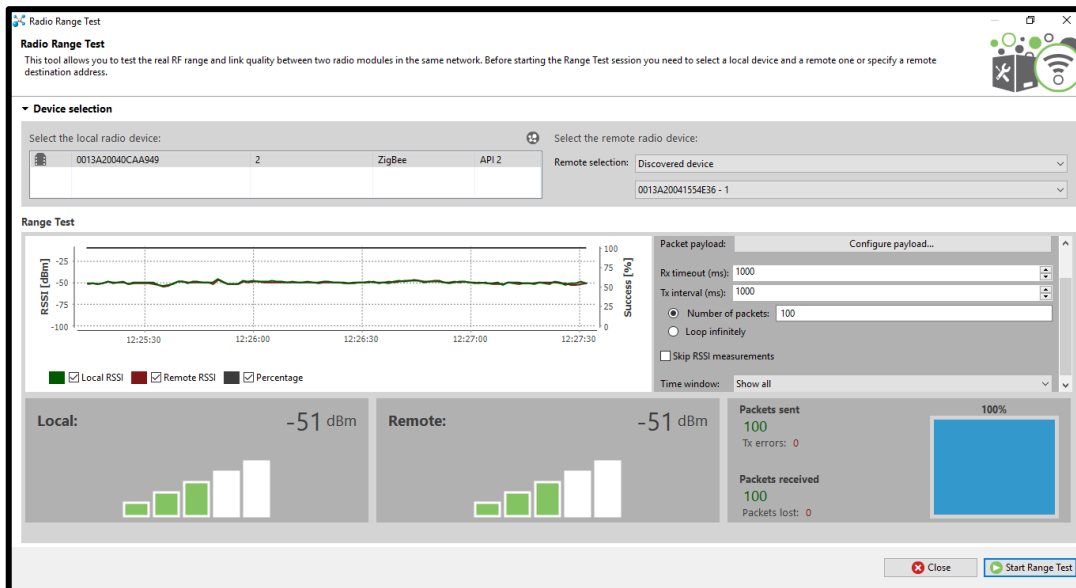
#### 3.5.6 *Configuración del módulo XBEE*

Para el módulo XBee se utiliza un cable USB directamente al computador y a la tarjeta, programado mediante el software XCTU.

Estos dispositivos se comunican de manera inalámbrica, para que realicen la transmisión deben mantener la misma frecuencia y la red, el módulo es el encargado de crear la red tomando en consideración los siguientes parámetros (APRENDIENDOARDUINO, 2016b):

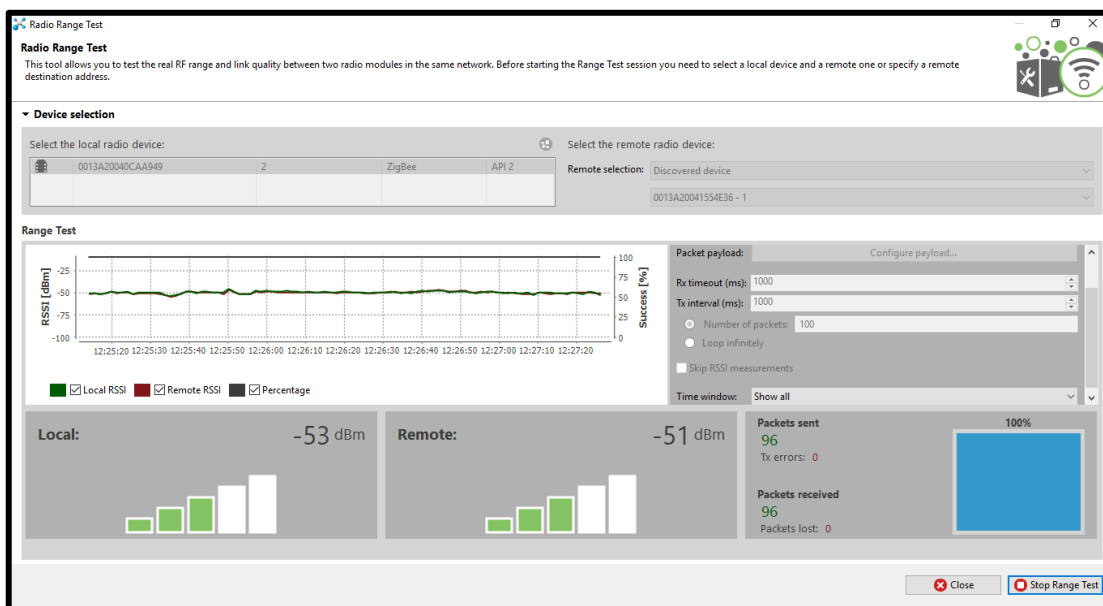
- **Canal (CH):** Es el canal que utiliza para generar la red, para el sistema se utiliza el canal B.
- **Identificador (ID):** Es un número que designa que red están utilizando, para el sistema se utiliza la red id: 1234.

Estos módulos son creados para transmitir y recibir datos cuando establecen el mismo identificador y canal. Para la configuración del módulo en el nodo sensor se muestra en la figura 21-3; y para la configuración del módulo en el nodo máster se indica en la figura 22-3.



**Figura 21-3:** Configuración del módulo en el nodo sensor

Fuente: Ruiz, Lucia, 2021.



**Figura 22-3:** Configuración del módulo en el nodo máster

Fuente: Ruiz, Lucia, 2021.

### 3.5.7 Presentación y visualización del sistema

En esta sección se realiza la descripción para la presentación y visualización de los datos provenientes de los sensores, para lo cual se lo realiza mediante la plataforma virtual de manejo fácil y de rápido acceso como es el Thing Speak.

#### 3.5.7.1 Creación de canales en la plataforma Thing Speak

Es una plataforma Web de software libre que permite crear canales, uno para cada sensor como son de: HUMEDAD RELATIVA, TEMPERATURA, PRESION ATMOSFÉRICA, ALTITUD,



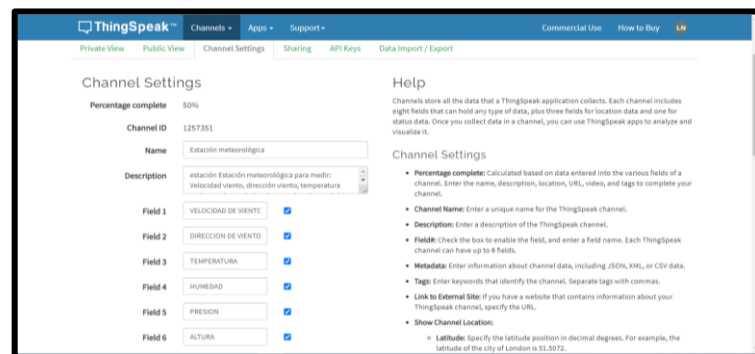
VELOCIDAD Y DIRECCION DEL VIENTO; con los cuales se monitorea los valores (APRENDIENDOARDUINO, 2018a), estos se muestran en la figura 23-3.



**Figura 23-3:** Creación de canales

Fuente: Ruiz, Lucia, 2021.

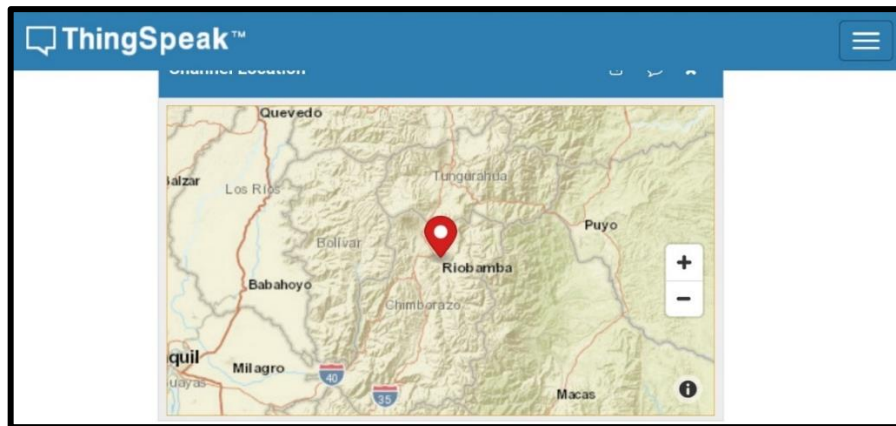
Este software genera una ID del canal que es asignado a los módulos Wifi ESP8266 estableciendo una comunicación única, para su acceso es necesario tener un usuario y contraseña. Para poder visualizar los canales creados se asignan los nombres a cada campo configurado para cada canal como se muestra en la figura 24-3.



**Figura 24-3:** Canales de visualización en Thing Speak

Fuente: Ruiz, Lucia, 2021.

Además, este software ofrece ventanas que se pueden visualizar de manera gráfica cada uno de los sensores, además presenta la opción de incluir la ubicación exacta desde donde se transmiten los datos con la ayuda del Google maps, como se muestra en la figura 25-3.



**Figura 25-3:** Localización desde el punto remoto de envío de datos

Fuente: Ruiz, Lucia, 2021.

Esta plataforma ofrece poder exportar los datos que se almacenan en cada canal, los datos están disponibles en formato csv que se visualizan en Microsoft Excel 2019, como se muestra en la figura 26-3.

| Column1 | Column2 | Column3 | Column4 | Column5 | Column6 | Column7  | Column8  | Column9   | Column10 | Column11 |        |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|-----------|----------|----------|--------|
| 2       | Dia     | Mes     | Year    | Hora    | Minutos | vel_vien | dir_vien | temperatu | humedad  | presion  | altura |
| 3       | 04      | 01      | 2021    | 13      | 21      | 0        | 0        | 0         | 0        | 0        | 0      |
| 4       | 04      | 01      | 2021    | 13      | 21      | 01       | 647      | 17        | 44       | 726      | 2849   |
| 5       | 04      | 01      | 2021    | 13      | 21      | 01       | 647      | 17        | 44       | 726      | 2849   |
| 6       | 04      | 01      | 2021    | 13      | 21      | 01       | 647      | 17        | 44       | 726      | 2849   |
| 7       | 04      | 01      | 2021    | 13      | 22      | 03       | 300      | 18        | 15       | 726      | 2850   |
| 8       | 04      | 01      | 2021    | 13      | 22      | 05       | 300      | 18        | 15       | 726      | 2853   |
| 9       | 04      | 01      | 2021    | 13      | 23      | 05       | 300      | 18        | 15       | 726      | 2853   |
| 10      | 04      | 01      | 2021    | 13      | 23      | 04       | 300      | 18        | 14       | 724      | 2853   |
| 11      | 04      | 01      | 2021    | 13      | 24      | 04       | 300      | 18        | 14       | 724      | 2853   |
| 12      | 04      | 01      | 2021    | 13      | 24      | 04       | 300      | 18        | 14       | 724      | 2853   |
| 13      | 04      | 01      | 2021    | 13      | 25      | 02       | 647      | 18        | 13       | 724      | 2853   |
| 14      | 04      | 01      | 2021    | 13      | 25      | 02       | 647      | 17        | 14       | 726      | 2853   |
| 15      | 04      | 01      | 2021    | 13      | 26      | 02       | 647      | 17        | 14       | 726      | 2853   |
| 16      | 04      | 01      | 2021    | 13      | 26      | 02       | 647      | 17        | 44       | 726      | 2853   |
| 17      | 04      | 01      | 2021    | 13      | 27      | 03       | 300      | 18        | 43       | 726      | 2853   |
| 18      | 04      | 01      | 2021    | 13      | 27      | 03       | 300      | 18        | 42       | 726      | 2852   |
| 19      | 04      | 01      | 2021    | 13      | 28      | 03       | 300      | 18        | 42       | 726      | 2852   |
| 20      | 04      | 01      | 2021    | 13      | 28      | 03       | 300      | 18        | 44       | 724      | 2852   |
| 21      | 04      | 01      | 2021    | 13      | 29      | 03       | 300      | 18        | 44       | 724      | 2852   |
| 22      | 04      | 01      | 2021    | 13      | 29      | 03       | 300      | 18        | 44       | 724      | 2852   |
| 23      | 04      | 01      | 2021    | 13      | 30      | 03       | 647      | 16        | 43       | 724      | 2852   |
| 24      | 04      | 01      | 2021    | 13      | 30      | 03       | 647      | 16        | 44       | 726      | 2852   |
| 25      | 04      | 01      | 2021    | 13      | 31      | 03       | 647      | 16        | 44       | 726      | 2852   |

**Figura 26-3:** Tabla de Resultados en Excel

Fuente: Ruiz, Lucia, 2021.

### 3.6 Análisis y resultados

Para la realización de la validación de los datos obtenidos de MILU-EMC se realizaron pruebas en las diferentes etapas del sistema evaluando a cada sensor y a los nodos; tomando en cuenta los requerimientos establecidos para el prototipo.

Las pruebas se realizaron en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en las instalaciones de la Estación Meteorológica juntamente con la Estación Meteorológica automática “M1036” de uso exclusivo del INAMHI

### 3.6.1 *Presentación del sistema*

En esta sección se determina el funcionamiento del sistema, determinando el lugar para la toma de muestras y la realización de las pruebas al nodo sensor y al nodo máster.

En la figura 27-3, se presenta la implementación y puesto en marcha del sistema MILU-EMC.



**Figura 27-3:** Sistema en funcionamiento

Fuente: Ruiz, Lucia, 2021.

### 3.6.2 *Pruebas del nodo sensor*

Para la verificación del funcionamiento del nodo sensor se realizaron pruebas de lectura de los sensores en comparación a los valores obtenidos mediante la estación Meteorológica del INAMHI, la toma de muestras en un determinado lapso de tiempo para la verificación de errores y la repetitividad de los datos.

#### 3.6.2.1 *Pruebas de mediciones realizadas al nodo sensor*

Para las pruebas al nodo sensor se verifica la implementación de cada uno de los elementos necesarios para los requerimientos antes estimados y el correcto funcionamiento.

Como se muestra en la figura 28-3, se observa el prototipo del nodo sensor en la placa de funcionamiento y la visualización de encendido.



**Figura 28-3:** Prototipo del nodo sensor

Fuente: Ruiz, Lucia, 2021.

### 3.6.2.2 Comparación de valores

Para la validación del sistema MILU-EMC se realizaron las comparaciones con la Estación Meteorológica Automática “M1036” que pertenece al INAMHI, en los datos provenientes a los sensores de altitud, presión atmosférica, humedad relativa, temperatura, velocidad y dirección del viento.

En la figura 29-3 se muestra el nodo sensor con los datos medidos el 5 de Enero del 2021 a las 12:00 pm y se los compara con el reporte enviado por el INAMHI (ver anexo Q), para el valor de la altitud se lo realiza con la ubicación que se encuentra en la página principal que se encuentra en el sitio web que corresponde a la Estación Meteorológica “M1036” mostrado en la figura 30-3.



**Figura 29-3:** Valores obtenidos de la estación meteorológica MILU-EMC

Fuente: Ruiz, Lucia, 2021.





**Figura 30-3:** Valores obtenidos de la estación meteorológica M1036

Fuente: Ruiz, Lucia, 2021.

Los datos obtenidos de la estación meteorológica M1036 mostrados en la figura 30-3 se indican detalladamente en la tabla 16-3.

**Tabla 16-3:** Estación Meteorológica Automática “M1036”

| Fecha y hora      | Humedad relativa (%) | Presion atmosferica (hPa) | Temperatura (°C) | Velocidad del viento (m/s) | Altura (m.s.n.m) |
|-------------------|----------------------|---------------------------|------------------|----------------------------|------------------|
| 5/1/2021 12:00 pm | 47,2                 | 724,9                     | 17,4             | 2,9                        | 2850             |

Al realizar las comparaciones de las mediciones entre las Estaciones Meteorológicas “M1036” perteneciente al INAMHI con MILU-EMC se verifica que las mediciones son favorables por lo tanto sus valores medidos son válidos.

Se muestra una variación en los valores de los sensores como: humedad relativa con una diferencia de 0,2 %, para la presión atmosférica tiene una diferencia de 0.9 hPa, para la temperatura tiene una diferencia de 0,4 °C, para la velocidad del viento tiene una diferencia de 0,9 m/s, para la altitud tiene una diferencia de 0 m.s.n.m y se considera para la dirección del viento un valor cualitativo que por la variación que muestra no se considera hacer una validación.

### 3.6.2.3 Caracterización de las mediciones

Esta prueba se realiza para determinar si no existe variabilidad en las mediciones de los sensores del sistema MILU-EMC, por lo cual se tomaron 18 muestras con el sistema MILU-EMC y se lo compara con la Estación Meteorológica M1036. Con lo cual se establece que el sistema no presenta más error del generado por el propio sensor y poder determinar si cumplen con los requerimientos del sistema

En la tabla 17-3, 18-3 y tabla 19-3 se muestran las caracterizaciones de las mediciones realizadas por los sensores.

## Mediciones para la presión atmosférica y altitud

Para esta prueba se toman las medidas de la presión atmosférica y altitud en referencia con el reporte del INAMHI. En la tabla 17-3, se muestra los resultados de las comparaciones con las mediciones del sensor BMP180, ver anexo P.

**Tabla 17-3:** Mediciones de presión atmosférica y altitud de MILU-EMC y INAMHI

| N° de muestra | Presión atmosférica<br>(hPa) |          | Error absoluto de la Presión | Altitud<br>(m.s.n.m.) |          | Error absoluto de la Altitud |
|---------------|------------------------------|----------|------------------------------|-----------------------|----------|------------------------------|
|               | INAMHI                       | MILU-EMC |                              | INAMHI                | MILU-EMC |                              |
|               | M1036                        | BMP180   |                              | M1036                 | BMP180   |                              |
| 1             | 724                          | 724      | 0                            | 2850                  | 2850     | 0                            |
| 2             | 724                          | 724      | 0                            | 2850                  | 2850     | 0                            |
| 3             | 724                          | 724      | 0                            | 2850                  | 2850     | 0                            |
| 4             | 724                          | 724      | 0                            | 2850                  | 2850     | 0                            |
| 5             | 724                          | 724      | 0                            | 2850                  | 2850     | 0                            |
| 6             | 726,2                        | 726      | 0,2                          | 2850                  | 2850     | 0                            |
| 7             | 726,2                        | 726      | 0,2                          | 2850                  | 2850     | 0                            |
| 8             | 726,2                        | 726      | 0,2                          | 2850                  | 2850     | 0                            |
| 9             | 726,2                        | 726      | 0,2                          | 2850                  | 2850     | 0                            |
| 10            | 726,2                        | 726      | 0,2                          | 2850                  | 2850     | 0                            |
| 11            | 724,6                        | 724      | 0,6                          | 2850                  | 2850     | 0                            |
| 12            | 724,6                        | 724      | 0,6                          | 2850                  | 2850     | 0                            |
| 13            | 724,6                        | 724      | 0,6                          | 2850                  | 2850     | 0                            |
| 14            | 724,6                        | 724      | 0,6                          | 2850                  | 2850     | 0                            |
| 15            | 724,6                        | 724      | 0,6                          | 2850                  | 2850     | 0                            |
| 16            | 724,6                        | 724      | 0,6                          | 2850                  | 2850     | 0                            |
| 17            | 724,6                        | 724      | 0,6                          | 2850                  | 2850     | 0                            |
| 18            | 724,6                        | 724      | 0,6                          | 2850                  | 2850     | 0                            |

Realizado por: Ruiz, Lucia, 2021.

En la tabla 17-3, se muestran los resultados de las comparaciones de las estaciones meteorológicas INAMHI con la del sistema MILU-EMC, pudiendo establecer que del sensor de presión atmosférica posee un error de 1 hPa, y del sensor de altitud presenta un error de 1 m.s.n.m.; por lo cual se concluye que el sistema satisface con los requerimientos del diseño.

## Mediciones para la temperatura y humedad relativa

Para esta prueba se toman las medidas de la temperatura y humedad relativa con el sensor DTH11 en referencia con el reporte del INAMHI. En la tabla 18-3, se muestra los resultados de las comparaciones, ver anexo P.

**Tabla 18-3:** Mediciones de temperatura y humedad relativa de MILU-EMC y INAMHI

| N° de muestra | Temperatura (°C) |          | Error absoluto de la Temperatura | Humedad relativa (%) |          | Error absoluto de la Humedad Relativa |
|---------------|------------------|----------|----------------------------------|----------------------|----------|---------------------------------------|
|               | INAMHI           | MILU-EMC |                                  | INAMHI               | MILU-EMC |                                       |
|               | M1036            | DTH11    |                                  | M1036                | DTH11    |                                       |
| 1             | 20               | 20       | 0                                | 44,3                 | 44       | 0,3                                   |
| 2             | 20               | 20       | 0                                | 44,3                 | 44       | 0,3                                   |
| 3             | 20               | 20       | 0                                | 44,3                 | 44       | 0,3                                   |
| 4             | 20               | 20       | 0                                | 44,3                 | 44       | 0,3                                   |
| 5             | 20               | 20       | 0                                | 44,3                 | 44       | 0,3                                   |
| 6             | 16,5             | 16       | 0,5                              | 55                   | 55       | 0                                     |
| 7             | 16,5             | 16       | 0,5                              | 55                   | 55       | 0                                     |
| 8             | 16,5             | 16       | 0,5                              | 55                   | 55       | 0                                     |
| 9             | 16,5             | 16       | 0,5                              | 55                   | 55       | 0                                     |
| 10            | 16,5             | 16       | 0,5                              | 55                   | 55       | 0                                     |
| 11            | 18,4             | 18       | 0,4                              | 57,1                 | 57       | 0,1                                   |
| 12            | 18,4             | 18       | 0,4                              | 57,1                 | 57       | 0,1                                   |
| 13            | 18,4             | 18       | 0,4                              | 57,1                 | 57       | 0,1                                   |
| 14            | 18,4             | 18       | 0,4                              | 57,1                 | 55       | 0,1                                   |
| 15            | 18,4             | 18       | 0,4                              | 57,1                 | 55       | 0,1                                   |
| 16            | 18,4             | 18       | 0,4                              | 57,1                 | 57       | 0,1                                   |
| 17            | 18,4             | 18       | 0,4                              | 57,1                 | 57       | 0,1                                   |
| 18            | 18,4             | 18       | 0,4                              | 57,1                 | 57       | 0,1                                   |

Realizado por: Ruiz, Lucia, 2021.

En la tabla 18-3, se muestran los resultados de las comparaciones de las estaciones meteorológicas M1036 del INAMHI con la del sistema MILU-EMC, pudiendo establecer que del sensor de temperatura posee un error máximo del  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  y del sensor de humedad relativa presenta un error máximo del  $\pm 5\%$ ; por lo cual se concluye que el sistema satisface con los requerimientos del diseño.

### Mediciones para la velocidad del viento

Para esta prueba se toman las medidas de la velocidad del viento con el sensor WS3000 en referencia con el reporte del INAMHI. En la tabla 19-3, se muestra los resultados de las comparaciones, ver anexo P.

**Tabla 19-3:** Mediciones de velocidad del viento de MILU-EMC y INAMHI

| N° de muestra | Velocidad del viento<br>(m/s) |          | Error absoluto de la Presión |
|---------------|-------------------------------|----------|------------------------------|
|               | INAMHI                        | MILU-EMC |                              |
|               | M1036                         | WS3000   |                              |
| 1             | 2,4                           | 2        | 0,4                          |
| 2             | 2,4                           | 2        | 0,4                          |
| 3             | 2,4                           | 2        | 0,4                          |
| 4             | 2,4                           | 2        | 0,4                          |
| 5             | 2,4                           | 2        | 0,4                          |
| 6             | 3,9                           | 3        | 0,9                          |
| 7             | 3,9                           | 3        | 0,9                          |
| 8             | 3,9                           | 3        | 0,9                          |
| 9             | 3,9                           | 3        | 0,9                          |
| 10            | 3,9                           | 3        | 0,9                          |
| 11            | 4                             | 4        | 0                            |
| 12            | 4                             | 4        | 0                            |
| 13            | 4                             | 4        | 0                            |
| 14            | 4                             | 4        | 0                            |
| 15            | 4                             | 4        | 0                            |
| 16            | 4                             | 4        | 0                            |
| 17            | 4                             | 4        | 0                            |
| 18            | 4                             | 4        | 0                            |

**Realizado por:** Ruiz, Lucia, 2021.

Se muestran los resultados de la comparación de las estaciones meteorológicas M1036 del INAMHI, con la del sistema MILU-EMC, pudiendo establecer que del sensor de velocidad del viento posee un error de 2,4 km/h que corresponde a 0,96667m/s; por lo cual se concluye que el sistema satisface con los requerimientos del diseño.

#### 3.6.2.4 Repetitividad del nodo sensor

Para la repetitividad en un sensor se establece midiendo la misma característica y en la misma pieza en corto plazos de tiempo y bajo las mismas condiciones de medición que determina la dispersión de los datos (INFAS, 2019). Para la ejecución de esta prueba se tomaron 20 muestras con cada sensor en un lapso de tiempo, con estas lecturas se realiza un análisis de la media aritmética, la desviación estándar y el coeficiente de variación mediante el uso de Microsoft Excel se hacen los cálculos.

#### Sensores de presión atmosférica y altitud



En la tabla 20-3, se toman 20 muestras con el sensor BMP180 que mide valores de presión atmosférica y de altitud, para su debido análisis.

**Tabla 20-3:** Repetitividad de mediciones de Presión Atmosférica y Altitud

| N° de muestra                    | Hora     | Valor actual de la Presión Atmosférica (hPa) | Valor actual de la Altitud (m.s.n.m.) |
|----------------------------------|----------|--|---------------------------------------|
| 1                                | 13:59:19 | 724  | 2850                                  |
| 2                                | 13:59:20 | 724  | 2850                                  |
| 3                                | 13:59:21 | 724  | 2850                                  |
| 4                                | 13:59:22 | 724  | 2850                                  |
| 5                                | 13:59:23 | 724  | 2850                                  |
| 6                                | 13:59:24 | 724  | 2850                                  |
| 7                                | 13:59:25 | 724  | 2850                                  |
| 8                                | 13:59:26 | 725  | 2850                                  |
| 9                                | 13:59:27 | 725  | 2850                                  |
| 10                               | 13:59:28 | 725  | 2850                                  |
| 11                               | 13:59:29 | 725  | 2850                                  |
| 12                               | 13:59:30 | 724  | 2850                                  |
| 13                               | 13:59:31 | 724  | 2850                                  |
| 14                               | 13:59:32 | 724  | 2850                                  |
| 15                               | 13:59:33 | 724  | 2850                                  |
| 16                               | 13:59:34 | 724  | 2850                                  |
| 17                               | 13:59:35 | 724  | 2850                                  |
| 18                               | 13:59:36 | 724  | 2850                                  |
| 19                               | 13:59:37 | 724  | 2850                                  |
| 20                               | 13:59:38 | 724  | 2850                                  |
| Media                            |          | 724,2  | 2850                                  |
| Desviación Estándar ( $\sigma$ ) |          | 0,410391341                                  | 0                                     |
| Coeficiente de Variación         |          | 0,06%  | 0,00%                                 |

**Realizado por:** Ruiz, Lucia, 2021.

Se muestran las mediciones del sensor de presión atmosférica que en su mayoría fueron constantes teniendo un coeficiente de variación del 0,06%, y en el sensor de altitud se observa el 0,0% de coeficiente de variación llegando a determinar que las mediciones tienen un error mínimo por lo que representa un sistema estable.

### Sensores de temperatura y humedad relativa

En la tabla 21-3, se toman 20 muestras con el sensor DHT11 que mide valores de temperatura y humedad relativa, para su debido análisis.

**Tabla 21-3:** Repetitividad de mediciones de Temperatura y Humedad Relativa

| N° de muestra | Hora     | Valor actual de la Temperatura (°C) | Valor actual de la Humedad Relativa (%) |
|---------------|----------|-------------------------------------|---|
| 1             | 13:59:19 | 17                                  | 55                                      |
| 2             | 13:59:20 | 17                                  | 55                                      |

|                                  |          |             |           |
|----------------------------------|----------|-------------|-----------|
| 3                                | 13:59:21 | 17          | 55        |
| 4                                | 13:59:22 | 17          | 57        |
| 5                                | 13:59:23 | 17          | 57        |
| 6                                | 13:59:24 | 17          | 57        |
| 7                                | 13:59:25 | 17          | 57        |
| 8                                | 13:59:26 | 17          | 57        |
| 9                                | 13:59:27 | 17          | 57        |
| 10                               | 13:59:28 | 17          | 57        |
| 11                               | 13:59:29 | 17          | 57        |
| 12                               | 13:59:30 | 16          | 56        |
| 13                               | 13:59:31 | 16          | 56        |
| 14                               | 13:59:32 | 16          | 56        |
| 15                               | 13:59:33 | 16          | 56        |
| 16                               | 13:59:34 | 17          | 57        |
| 17                               | 13:59:35 | 17          | 57        |
| 18                               | 13:59:36 | 17          | 57        |
| 19                               | 13:59:37 | 16          | 57        |
| 20                               | 13:59:38 | 16          | 57        |
| Media                            |          | 16,7        | 56,5      |
| Desviación Estándar ( $\sigma$ ) |          | 0,470162346 | 0,7608859 |
| Coeficiente de Variación         |          | 2,82%       | 1,35%     |

**Realizado por:** Ruiz, Lucía, 2021.

Se muestran las mediciones del sensor de temperatura que en su mayoría fueron constantes teniendo un coeficiente de variación del 2,82%, y en el sensor de humedad relativa se observa el 1,35% de coeficiente de variación llegando a determinar que las mediciones tienen un error mínimo por lo que representa un sistema estable.

### Sensor de velocidad del viento

En la tabla 22-3, se toman 20 muestras con el sensor WS3000 que mide valores de velocidad del viento, para su debido análisis.

**Tabla 22-3:** Repetitividad de mediciones de Velocidad del Viento

| Nº de muestra | Hora     | Valor actual de la velocidad del viento (m/s) |
|---------------|----------|---|
| 1             | 13:59:19 | 3   |
| 2             | 13:59:20 | 3   |
| 3             | 13:59:21 | 3   |
| 4             | 13:59:22 | 3   |
| 5             | 13:59:23 | 4   |
| 6             | 13:59:24 | 4   |
| 7             | 13:59:25 | 4   |
| 8             | 13:59:26 | 4   |
| 9             | 13:59:27 | 4   |
| 10            | 13:59:28 | 4   |
| 11            | 13:59:29 | 4   |
| 12            | 13:59:30 | 5   |
| 13            | 13:59:31 | 5   |
| 14            | 13:59:32 | 4   |
| 15            | 13:59:33 | 4   |
| 16            | 13:59:34 | 4   |
| 17            | 13:59:35 | 4   |

|                                  |          |             |
|----------------------------------|----------|-------------|
| 18                               | 13:59:36 | 4           |
| 19                               | 13:59:37 | 4           |
| 20                               | 13:59:38 | 4           |
| Media                            |          | 3,9         |
| Desviación Estándar ( $\sigma$ ) |          | 0,552506251 |
| Coeficiente de Variación         |          | 14,17%      |

**Realizado por:** Ruiz, Lucía, 2021.

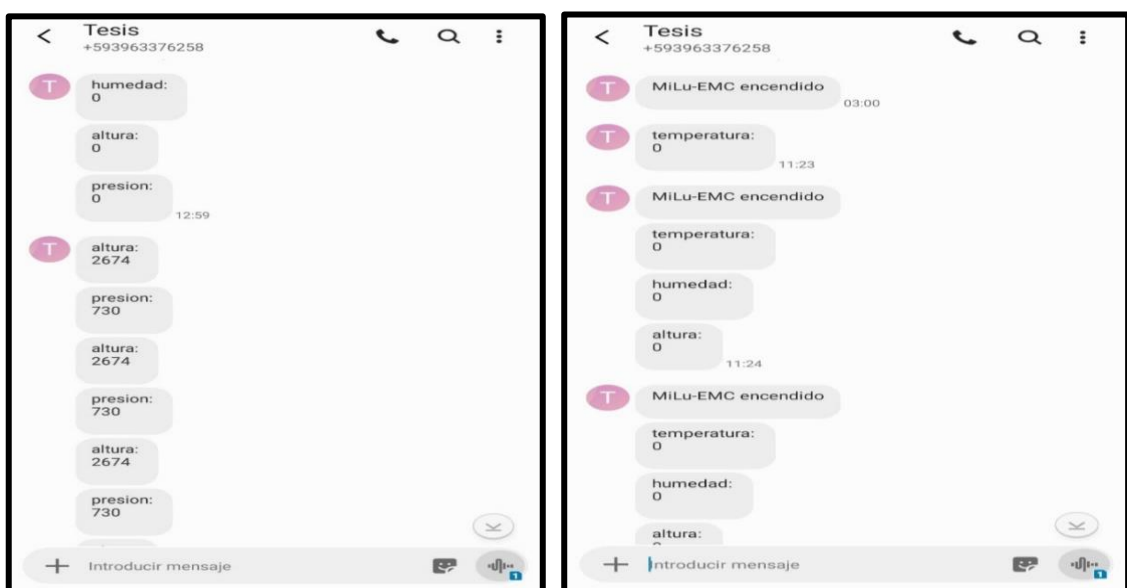
Se muestran las mediciones del sensor de velocidad del viento que en su mayoría fueron constantes teniendo un coeficiente de variación del 14,1%, llegando a determinar que las mediciones tienen un error mínimo por lo que representa un sistema estable.

### 3.6.2.5 Comunicaciones entre dispositivos del nodo sensor

Para la realización de las pruebas de comunicación se lo hace mediante una evaluación al Nodo Sensor que se establece la comunicación entre el Arduino NANO y el módulo SIM900, como también la comunicación del Arduino NANO y el módulo WIFI ESP8266.

### Comunicación entre el Arduino y el módulo SIM900

Para la evaluación de la comunicación del sistema GPRS/GSM se lo realiza mediante el módulo SIM900 que es el encargado de enviar los mensajes de alerta cuando los valores de la temperatura, presión atmosférica, altitud y humedad relativa cambien según los requerimientos del usuario antes establecidos como se muestra en la figura 31-3, este mensaje se visualiza cuando el nodo comienza a trabajar con un mensaje de “MILU-EMC encendido”, su tiempo de latencia es de alrededor de ocho segundos desde el envío de la orden.



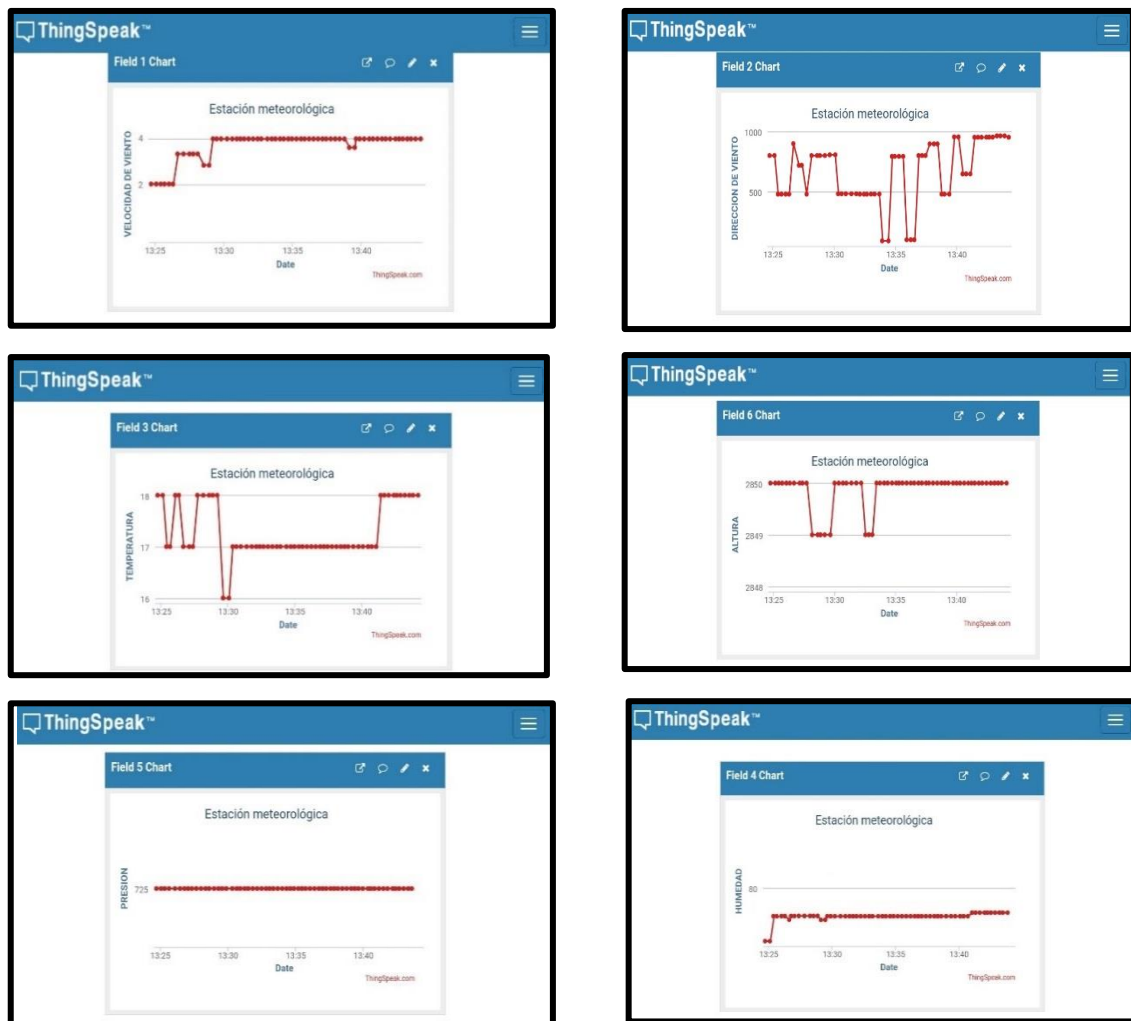
**Figura 31-3:** Comunicación entre el Arduino y el módulo SIM900

**Fuente:** Ruiz, Lucía, 2021.

Al realizar las pruebas de comunicación entre el Arduino NANO y el módulo SIM900 se aprecia que si hay una comunicación donde se verifica el encendido del nodo y los mensajes de texto con la variabilidad de los datos que están fuera de condiciones estables que establece el usuario.

### Comunicación del Arduino y el módulo WIFI ESP8266

El módulo Wifi ESP8266 que se encuentra conectado al nodo Master que es el encargado de enviar toda la trama de los sensores hacia la nube en la plataforma libre Thing Speak, donde la información almacenada se muestra en un gráfico dependiendo de los valores que lleguen como se muestra en la figura 32-3.



**Figura 32-3:** Comunicación entre el Arduino y el módulo WIFI ESP8266

Fuente: Ruiz, Lucia, 2021.

Se concluye que mediante la plataforma del Thing Speak se visualizan los canales de los sensores que corresponden a las mediciones que se realizaron por medio del nodo sensor y transmitidos por el nodo máster desde el punto de lectura que fue en la ciudad de Riobamba en la estación Meteorológica de la ESPOCH, por lo cual se verifican los datos correctos de los sensores.

La información que proporciona de los sensores se puede visualizar mediante Microsoft Excel 2019 como se muestra en la figura 33-3.

| Día | Mes | Year | Hora | Minutos | vel_vien | dir_vien | temperatu | humedad | presion | altura |
|-----|-----|------|------|---------|----------|----------|-----------|---------|---------|--------|
| 14  | 1   | 2021 | 14   | 18      | 0        | 0        | 0         | 0       | 0       | 0      |
| 14  | 1   | 2021 | 14   | 19      | 0        | 0        | 0         | 0       | 0       | 0      |
| 14  | 1   | 2021 | 14   | 19      | 0        | 0        | 0         | 0       | 0       | 0      |
| 14  | 1   | 2021 | 14   | 20      | 21       | 897      | 22        | 55      | 729     | 2681   |
| 14  | 1   | 2021 | 14   | 20      | 21       | 897      | 22        | 55      | 729     | 2681   |
| 14  | 1   | 2021 | 14   | 20      | 21       | 897      | 22        | 55      | 730     | 2681   |
| 14  | 1   | 2021 | 14   | 21      | 21       | 897      | 22        | 55      | 729     | 2681   |
| 14  | 1   | 2021 | 14   | 21      | 15       | 908      | 22        | 58      | 729     | 2681   |
| 14  | 1   | 2021 | 14   | 22      | 15       | 908      | 22        | 55      | 730     | 2681   |
| 14  | 1   | 2021 | 14   | 22      | 9        | 916      | 21        | 57      | 729     | 2681   |
| 14  | 1   | 2021 | 14   | 23      | 9        | 916      | 21        | 57      | 729     | 2681   |
| 14  | 1   | 2021 | 14   | 23      | 9        | 916      | 21        | 57      | 729     | 2680   |
| 14  | 1   | 2021 | 14   | 24      | 14       | 895      | 21        | 59      | 730     | 2681   |
| 14  | 1   | 2021 | 14   | 24      | 12       | 952      | 21        | 61      | 730     | 2680   |
| 14  | 1   | 2021 | 14   | 25      | 12       | 952      | 21        | 61      | 730     | 2680   |
| 14  | 1   | 2021 | 14   | 25      | 12       | 952      | 21        | 61      | 730     | 2680   |
| 14  | 1   | 2021 | 14   | 26      | 11       | 887      | 21        | 64      | 730     | 2680   |
| 14  | 1   | 2021 | 14   | 26      | 11       | 887      | 21        | 64      | 730     | 2680   |
| 14  | 1   | 2021 | 14   | 27      | 15       | 799      | 20        | 67      | 730     | 2680   |
| 14  | 1   | 2021 | 14   | 27      | 15       | 799      | 20        | 67      | 730     | 2680   |
| 14  | 1   | 2021 | 14   | 28      | 15       | 799      | 20        | 67      | 730     | 2681   |
| 14  | 1   | 2021 | 14   | 28      | 14       | 896      | 20        | 77      | 730     | 2681   |
| 14  | 1   | 2021 | 14   | 29      | 14       | 896      | 20        | 77      | 730     | 2681   |
| 14  | 1   | 2021 | 14   | 29      | 14       | 896      | 20        | 77      | 730     | 2681   |
| 14  | 1   | 2021 | 14   | 30      | 8        | 800      | 20        | 80      | 729     | 2682   |
| 14  | 1   | 2021 | 14   | 30      | 16       | 952      | 19        | 83      | 730     | 2680   |

**Figura 33-3:** Información de los sensores y visualizada en Microsoft Excel 2019

Fuente: Ruiz, Lucia, 2021.

En la tabla anterior se verifican los datos extraídos desde la memoria extraíble de almacenamiento perteneciente a la microSD en una hoja de cálculo en Microsoft Excel, en donde se observa la veracidad de estos que corresponden a las lecturas que se visualizan desde la plataforma Thing Speak y las mediciones vistas desde el nodo sensor.

### 3.6.3 Pruebas del nodo máster

Este Nodo es el encargado de todo el funcionamiento del sistema actuando como el coordinador y creador de la red que trabajan los demás elementos, juntamente con el módulo XBee agrega a los demás módulos en un correcto funcionamiento como se muestra en la figura 34-3.



**Figura 34-3:** Pruebas de funcionamiento del nodo máster

Fuente: Ruiz, Lucia, 2021.

### 3.6.3.1 Pruebas de almacenamiento

En el nodo máster cuenta con el módulo Micro SD que es el encargado del almacenamiento de la información receptada por los sensores que se encuentran presentes en el nodo sensor, la visualización de los datos puede ser vista mediante una tabla de valores generada desde Microsoft Excel 2019, como se muestra en la figura 35-3.

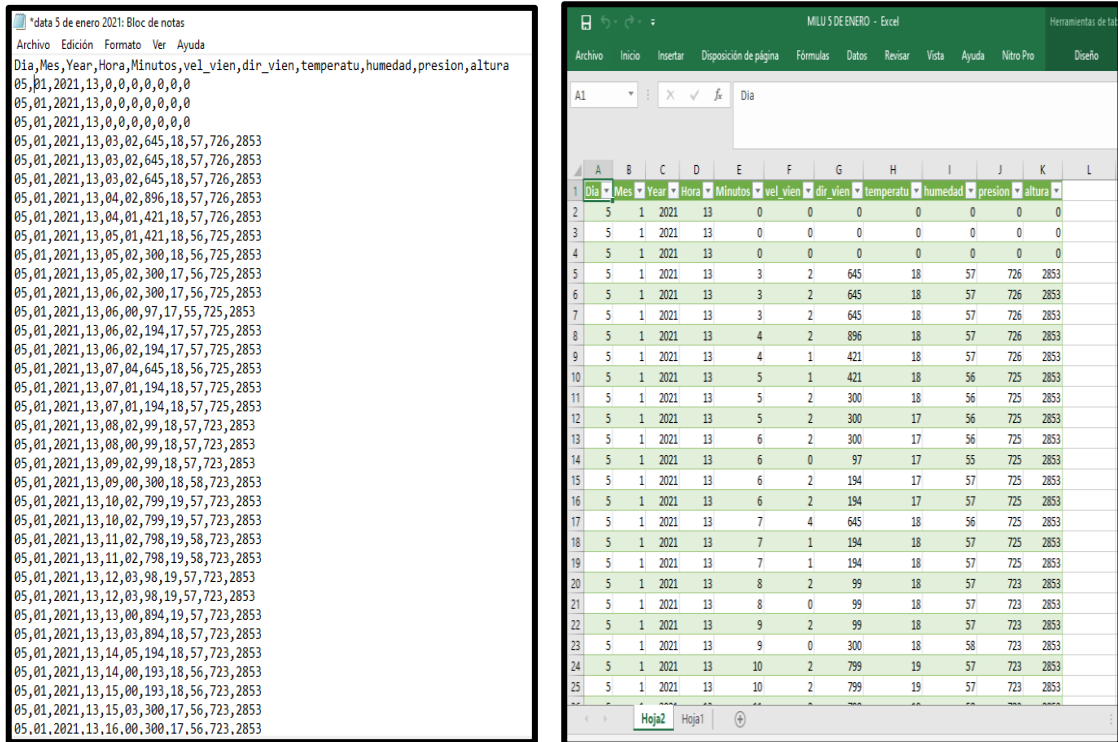
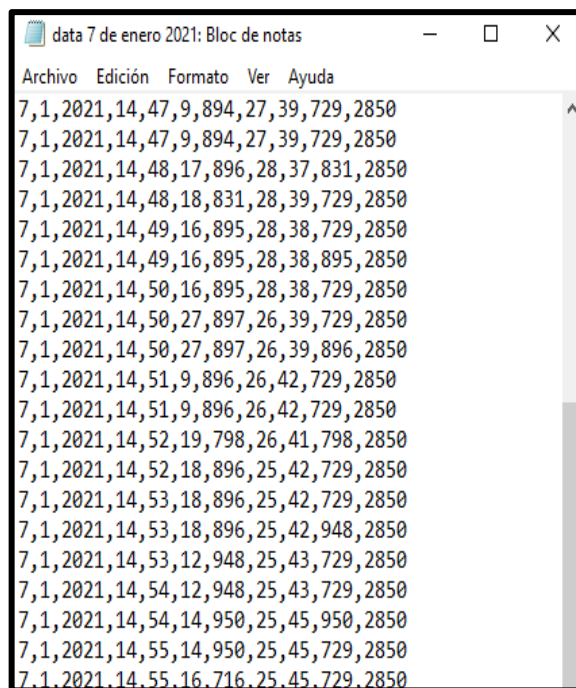


Figura 35-3: Pruebas de almacenamiento

Fuente: Ruiz, Lucia, 2021.

### 3.6.3.2 Prueba de comunicación en el nodo Máster

Para la prueba de comunicación entre los nodos se dispuso a determinar la distancia máxima de trasmisión entre el emisor y el receptor del sistema, dejando en un punto fijo al nodo máster y alejando al nodo sensor en la que se utilizó un flexómetro para medir la longitud entre ambos nodos, como se muestra en la figura 36-3.



**Figura 36-3:** Prueba de comunicación

Fuente: Ruiz, Lucia, 2021.

Con la ayuda de la herramienta XCTU se establece una comunicación estable y sin pérdida de datos en una distancia prevista de 300 metros para el sistema en línea de vista directa, sin embargo; al determinar una distancia mayor presenta retrasos de 2 a 5 segundos sin pérdida de la información.

### 3.6.3.3 Pruebas de Rendimiento de MILU-EMC

Para poder saber el consumo de potencia que genera el sistema se realizó la tabla 3-11 en donde se detallan los voltajes, las corrientes y las potencias en cada nodo.

**Tabla 23-3:** Potencia de Consumo de MILU-EMC

| Componentes                               | Elementos                | Voltaje (V) | Corriente (A)   | Potencia (W)    |
|---|--------------------------|-------------|-----------------|-----------------|
| NODO MÁSTER                               | Módulo SIM900            | 5           | 0,0022          | 0,011           |
|   | Módulo ESP8266           | 3,3         | 0,00001         | 0,000033        |
|   | Módulo Micro SD          | 5           | 0,2             | 1               |
|   | RTC                      | 5           | 0,0015          | 0,0075          |
|   | Módulo XBEE              | 3,3         | 0,040           | 0,132           |
|   | Arduino NANO             | 5           | 0,040           | 0,2             |
|   | <b>TOTAL NODO MÁSTER</b> | <b>26,6</b> | <b>0,28371</b>  | <b>1,350533</b> |
| NODO SENSOR                               | Sensor BMP 180           | 5           | 0,00065         | 0,00325         |
|   | Sensor WS 3000           | 5           | 0,000001        | 0,000005        |
|   | Sensor DHT11             | 5,5         | 0,0025          | 0,01375         |
|   | LCD con I2C              | 5           | 0,025           | 0,125           |
|   | Arduino NANO             | 5           | 0,040           | 0,2             |
|   | Módulo XBEE              | 3,3         | 0,040           | 0,132           |
|   | <b>TOTAL NODO SENSOR</b> | <b>28,8</b> | <b>0,108151</b> | <b>0,474005</b> |
| <b>CONSUMO DE POTENCIA TOTAL MILU-EMC</b> |                          |             |                 | <b>1,824538</b> |

Realizado por: Ruiz, Lucia, 2021.



Por la tabla estimada de consumo de potencia detallada entre el nodo sensor y el nodo máster se establece el valor consumido de voltaje y corriente siendo loable para baterías que hay en el mercado y que permiten la alimentación del sistema sin ningún inconveniente teniendo en cuenta que se trabaja con un modo de apagado automático dentro de la programación y que economía la energía del sistema.

### 3.6.4 Funcionamiento general del sistema

Al someterlo a las pruebas en cada etapa del diseño se verifico el correcto funcionamiento de los nodos con sus respectivos elementos dando así una integridad optima de los datos transmitidos a través de la comunicación inalámbrica hasta sus usuarios. En la figura 37-3, se muestra el sistema en su correcto funcionamiento.

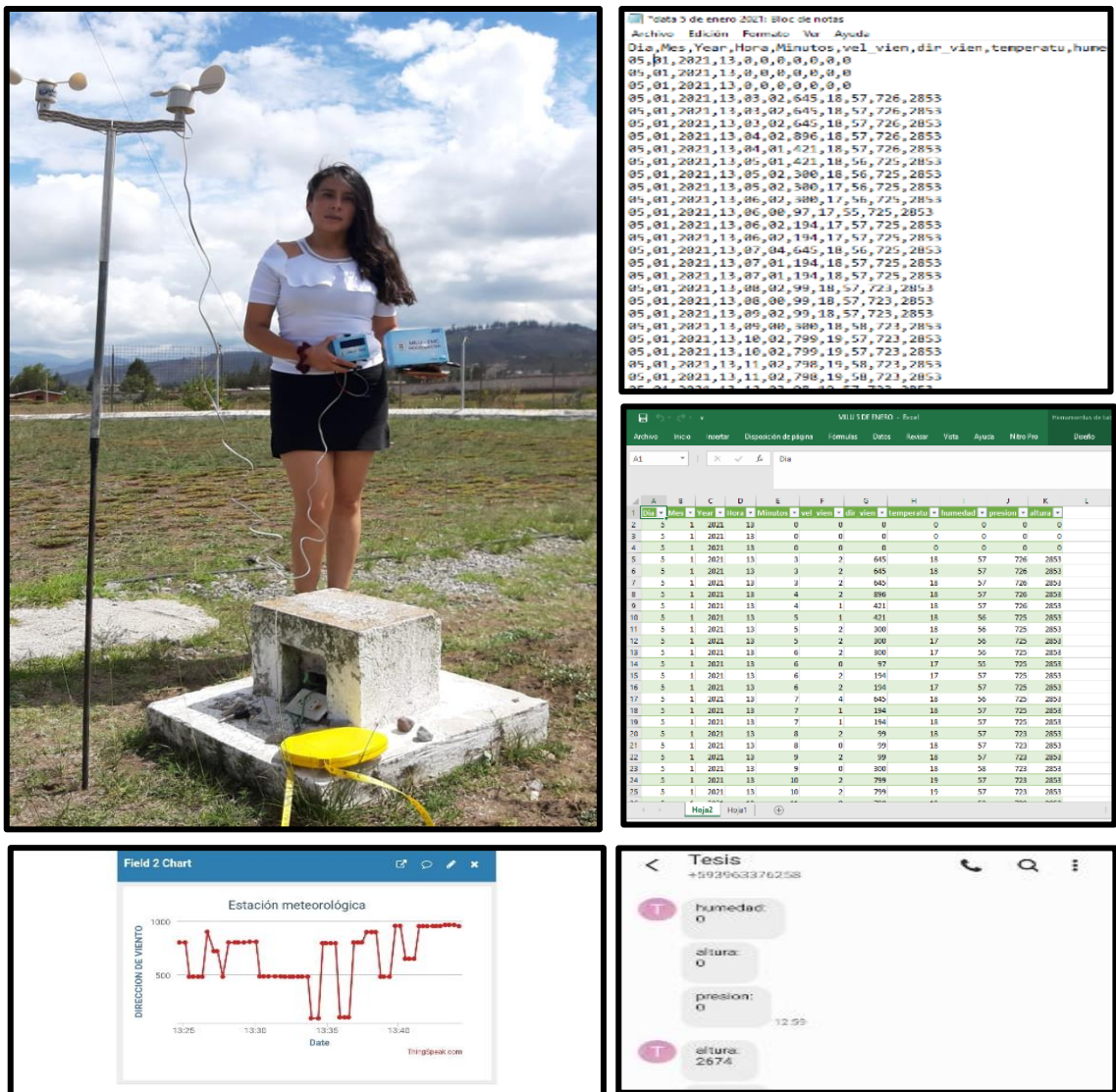


Figura 37-3: Funcionamiento general del sistema

Fuente: Ruiz, Lucia, 2021.



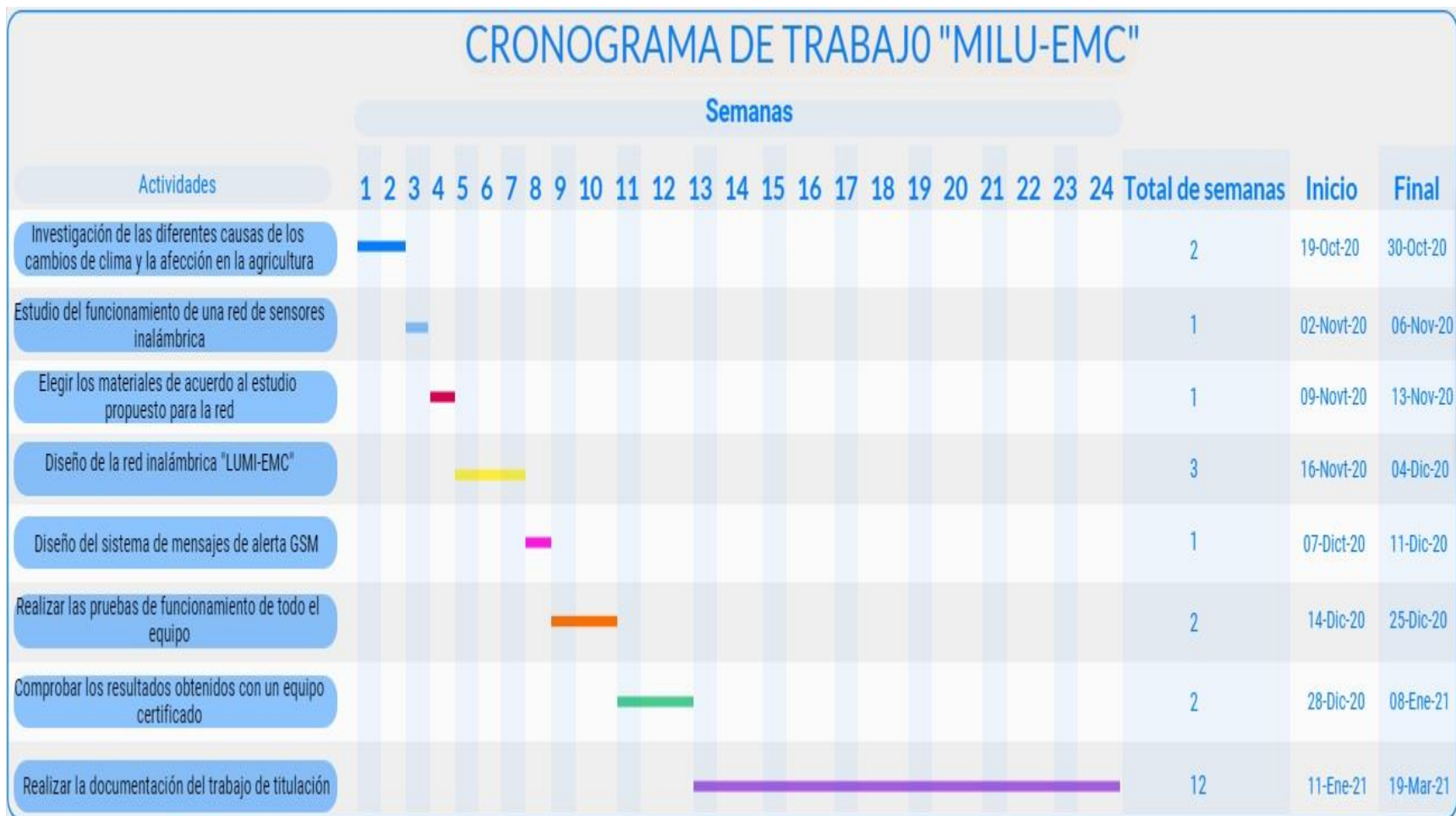
## **CAPITULO IV**

### **4. GESTIÓN DEL PROYECTO**

En este capítulo se detallan las actividades realizadas por parte del estudiante durante el desarrollo del proyecto, con relación al tiempo dedicado para cada actividad a realizarse, todos los materiales físicos y humanos empleados como también al presupuesto general que ha sido utilizado para la implementación de “MILU-EMC”.

#### **4.1 Cronograma**

Las actividades realizadas en este trabajo de titulación se encuentran detalladas en el gráfico 1-4.



**Gráfico 1-4:** Cronograma de trabajo

**Realizado por:** Ruiz, Lucia, 2021.

## **4.2 Recursos humanos**

Se considera la parte intelectual que se utilizó en el desarrollo de “LUMI-EMC”, como técnicas y métodos de enseñanzas por parte del estudiante.

### **4.2.1 Métodos y técnicas**

#### *4.2.1.1 Métodos*

Tipo de investigación de campo, descriptiva abordado en el siguiente protocolo de investigación:

- Método exploratorio: Es de gran utilidad pues se investiga acerca del problema planteado y sus características y de esta manera obtener un mayor conocimiento.
- Método experimental: Implementar la red de sensores inalámbricos para la monitorización del cambio de clima en tiempo real y evaluar su desempeño.
- Método inductivo: Una vez obtenidos los resultados podremos evaluar la eficiencia del sistema y establecer conclusiones acerca del riesgo y los daños causados por los cambios climáticos.

#### *4.2.1.2 Técnicas*

Las técnicas utilizadas en la elaboración de este proyecto investigación, son las siguientes:

- Por medio de consultas e investigaciones en fuentes bibliográficas, las cuales implican libros, publicaciones, estudios pasados realizados en la ciudad.
- Consultas en páginas web de Internet.
- Aporte de documentación por parte de docentes expertos en el área de control para los cambios climáticos en tiempo real.

## **4.3 Recursos materiales**

### **4.3.1 Por parte del Hardware**

- Computadoras personales
- Disco duro externo
- Dispositivos Android
- Transmisores y receptores inalámbricos
- Sensores
- Tarjetas de desarrollo
- Pantalla grafica

- Elementos electrónicos

#### 4.3.2 *Por parte del software*

- Windows 10
- Google Chrome
- Software de desarrollo
- Hojas de calculo
- Procesador de texto
- Lenguajes de comunicación

#### OTROS MATERIALES

- Útiles de oficina
- Impresoras
- Memoria USB

#### 4.3.3 *Presupuesto*

Dentro del presupuesto designado para la elaboración de la investigación y de la implementación del prototipo de una red inalámbrica de nodos inteligentes para la supervisión en tiempo real de las variaciones climáticas se realizó un presupuesto estimado el cual está presente en la tabla 4-1.

**Tabla 1-4:** Presupuesto del prototipo

| COMPONENTES           | ELEMENTOS           | CANTIDAD | VALOR (USD) |
|-----------------------|---------------------|----------|-------------|
| NODO SENSOR           | MODULO BMP180       | 1        | \$8,00      |
|                       | MODULO DTH-11       | 1        | \$11,00     |
|                       | SENSOR WS3000       | 1        | \$65,00     |
|                       | ARDUINO NANO        | 1        | \$10,00     |
|                       | ANTENA EXTERNA XBEE | 1        | \$8,93      |
|                       | MODULO XBEE         | 1        | \$42,86     |
|                       | BATERIA             | 1        | \$45,00     |
|                       | LCD 16X2            | 1        | \$10,71     |
|                       | REGULADORES         | 2        | \$8,00      |
|                       | ACCESORIOS          |          | \$35,00     |
|                       | ARMAZON             |          | \$40,00     |
| TOTAL DEL NODO SENSOR |                     |          | \$284,50    |
| NODO MÁSTER           | MODULO XBEE         | 1        | \$42,86     |
|                       | ARDUINO NANO        | 1        | \$10,00     |
|                       | RTC                 | 1        | \$5,36      |
|                       | MODULO SIM900       | 1        | \$55,00     |
|                       | MODULO ESP8266      | 1        | \$12,00     |

|                        |                             |           |          |
|------------------------|-----------------------------|-----------|----------|
|                        | MODULO MICRO SD             | 1         | \$5,02   |
|                        | REGULADORES                 | 2         | \$8,00   |
|                        | CHIP TELEFONIA CELULAR      | 1         | \$5,00   |
|                        | ACCESORIOS                  |           | \$35,00  |
|                        | ARMAZON                     |           | \$40,00  |
|                        | TOTAL DEL NODO MÁSTER       |           |          |
| ADICIONALES            | TRANSPORTE                  | 10 (DIAS) | \$70,00  |
|                        | ESTADIA                     | 5 (DIAS)  | \$70,00  |
|                        | ALIMENTACION                | 5 (DIAS)  | \$50,00  |
|                        | TOTAL DE COSTOS ADICIONALES |           |          |
| COSTO TOTAL DEL EQUIPO |                             |           | \$692,74 |

**Realizado por:** Ruiz, Lucía, 2021.

De acuerdo con los valores determinados en la tabla 1-4, se determinó que el sistema MILU-EMC de la tabla anterior se verifica con un costo bajo en comparación a otros sistemas metrológicos que existen en el mercado que presentan las mismas prestaciones en las mediciones del clima, con un ahorro del 41,98% que representa un ahorro significativo para el sector en el cual se pretende llegar.

## CONCLUSIONES

- Se implementó un prototipo electrónico de una red inalámbrica con nodos inteligentes para la supervisión, manejo y control de las variaciones climáticas en tiempo real que puede ser trasladado a zonas alejadas. Con el uso de varias tecnologías de comunicación inalámbrica como la ZigBee, la red GSM/GPRS y la red Wifi aplicado a la agricultura.
- Se diseñó un sistema de sensores inalámbricos que supervisen en tiempo real las variaciones del clima en función a la temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, altitud, velocidad y dirección del viento, determinado en dos nodos. El primer nodo cumple con la función de la adquisición de todos los datos de los sensores haciendo una presentación de las mediciones en una pantalla LCD y el segundo nodo mediante la comunicación ZigBee envía las tramas de los sensores hacia la nube donde pueden ser visualizados en cualquier momento adicional hay un módulo de almacenamiento interno extraíble que puede ser utilizado para estudios relacionados con dichas medidas
- Al realizar la validación del sistema MILU-EMC con la Estación Meteorológica M1036 se verifica que las mediciones son favorables con un error del:  $\pm 5\%$  en la humedad relativa, el 1 hPa en el valor de la presión atmosférica, el  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  en temperatura, el 0,9667 m/s para la velocidad del viento, el 1 m.s.n.m, representando diferencias mínimas a las estimadas con referencia a los dispositivos que se utilizaron, por lo que se concluye que el sistema es válido.
- En la prueba de variabilidad se encontraron resultados del: 0,06% en la presión atmosférica, el 0% en la altitud, el 2,82% en la temperatura, el 1,35% en la humedad relativa y el 14,1% en la velocidad del viento por lo que se verifica una variabilidad mínima y se establece que son datos homogéneos.
- En el envío de los datos por medio de la comunicación GSM/GPRS en mensajes de texto se verifica la comunicación cuando las mediciones sobrepasen los valores estimados por el usuario.
- Mediante la comunicación inalámbrica ZigBee se establece que el sistema MILU-EMC es de fácil manejo y de traslado para zonas de difícil acceso que requieran las utilidades que se ofrece, por su alcance de transmisión alrededor de 300 metros en línea de vista directa sin pérdida en los datos del nodo sensor y a la velocidad de 250kbps en la transferencia de la información al nodo máster.

- La plataforma Web del Thing Speak mantiene un entorno amigable para la visualización de la información de los sensores que envían la información en tiempo real permitiendo un control de las mediciones desde otros puntos de acceso con la ayuda del módulo wifi ESP8266.
- La calidad de los datos almacenados en la tarjeta extraíble del módulo Micro SD, pueden ser mostrados desde una hoja de cálculo de Excel de los que se pueden sacar varios cálculos que requieran los usuarios del sistema.

## RECOMENDACIONES

- Realizar convenios con instituciones que prestan servicios meteorológicos para solventar dificultades para quienes realicen trabajos de investigación con variables climatológicas o utilicen dichas mediciones en proyectos a la comunidad.
- Implementar paneles solares para la alimentación del sistema MILU-EMC para un mejor rendimiento con energías renovables eliminando así la contaminación química provenientes de baterías alcalinas o de otra índole.
- Por los datos mostrados en esta investigación se recomienda utilizar cinturones de protección y rompe-vientos con la ayuda de los árboles, en donde la velocidad del viento supere las medidas de daño.
- Promover este tipo de sistema de monitorización rápida del clima para personas de bajo recursos económicos, siendo MILU-EMC de bajo costo y de innumerables beneficios en la agricultura.
- Este sistema puede ser utilizado en otros campos de la industria que utilicen las variables climáticas en proyectos desarrollados o para implementación en beneficio de ciertos sectores con economía limitada.



## BIBLIOGRAFÍA

**ADRIAN DE LA CAMARA, Ruben. 2017.** *Arduino + modulo GSM/GPRS: monitorización, automatización y gestión remota en un viñedo.* Catalunya : s.n., 2017. pág. 74, Tesis.

**ADSLZONE. 2020.** Tecnologías Inalámbricas. *adslzone*. [En línea] 2020. [Citado el: 05 de Enero de 2021.] <https://www.adslzone.net/reportajes/tecnologia/estandares-conexion-inalambrica/>.

**ALONSO, Rodrigo. 2020.** Raspberry Pi vs Arduino, ¿en qué se diferencian y para qué se usan? *hardzone*. [En línea] 13 de Abril de 2020. [Citado el: 21 de Diciembre de 2020.] <https://hardzone.es/reportajes/comparativas/raspberry-pi-vs-arduino/>.

**AMONDARAY, Lidice et al. 2018.** Red de sensores inalámbricos para las casas de cultivos protegidos "San José". [En línea] 26 de Enero de 2018. [Citado el: 29 de Septiembre de 2020.] <http://scielo.sld.cu/pdf/eac/v39n1/eac02118.pdf>.

**APRENDIENDOARDUINO. 2018a.** Thing Speak. *aprendiendoarduino*. [En línea] 23 de Noviembre de 2018a. [Citado el: 08 de Febrero de 2021.] <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2018/11/23/thingspeak/>.

**APRENDIENDOARDUINO. 2016b.** ZigBee / XBee. *aprendiendoarduino*. [En línea] 16 de Noviembre de 2016b. [Citado el: 20 de Diciembre de 2020.] <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/11/16/zigbeexbee/>.

**ARDUINO & MCI ELECTRONICS. 2020.** ¿Que es un Shield? *Arduino*. [En línea] Febrero de 2020. [Citado el: 02 de Noviembre de 2020.] <https://arduino.cl/que-es-un-shield/#:~:text=Un%20E2%80%9Cshield%E2%80%9D%20es%20simplemente%20una,de%20la%20placa%20Arduino%20Base..>

**ARDUINO. 2019.** Librería SoftwareSerial . *arduino.cc*. [En línea] 2019. [Citado el: 03 de Enero de 2021.] <https://www.arduino.cc/en/Reference/SoftwareSerial>.

**AUZ COBA, Jorge Roberto. 2016.** *Diseño e implementación de una aplicación móvil para el proceso de reservación de habitaciones en el hostel quinta sur.* Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil. Guayaquil : s.n., 2016. pág. 109, Tesis.

**BARRERA VALDIVIA, Tania Gabriela. 2016.** *Sistema de monitoreo y adquisición de datos para un refrigerador de aplicación médica.* Mecánica y Eléctrica, Instituto Politécnico Nacional. México : s.n., 2016. pág. 95, Tesis.

**BASANTES MORALES, Emilio Rodrigo. 2018.** *Manejo de Cultivos Andinos del Ecuador.* Escuela Superior Politécnica del Ejercito. Quito : ESPE, 2018.

**BOLAÑOS, D. 2018.** Sensor de temperatura DHT11. *prometec.* [En línea] 2018. [Citado el: 16 de Noviembre de 2020.] <http://www.bolanosdj.com.ar/MOVIL/ARDUINO2/sensorTemyHumeda.pdf>.

**BRICEÑO, Gabriela. 2018.** Humedad Relativa. *euston96.* [En línea] 2018. [Citado el: 05 de Enero de 2021.] <https://www.euston96.com/humedad-relativa/>.

**CAMA, Alejandro et al. 2018.** Sistema inalámbrico de monitorización para cultivos en invernadero. [En línea] 04 de Noviembre de 2018. [Citado el: 29 de Septiembre de 2020.] <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/37034/44434>.

**CANADIAN RADIO-TELEVISION AND TELECOMMUNICATIONS COMMISSION.** Estación Base. *europa.* [En línea] [Citado el: 05 de Agosto de 2020.] [https://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/opinions\\_layman/es/campos-electromagneticos/glosario/def/estacionbase.htm](https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/es/campos-electromagneticos/glosario/def/estacionbase.htm).

**CASTRO, Diana et al. 2016.** Una red de sensores inalámbricos para la automatización y control de riego localizado. [En línea] 04 de Agosto de 2016. [Citado el: 29 de Octubre de 2020.] <http://www.scielo.org.co/pdf/rcia/v33n2/v33n2a10.pdf>.

**CCIA. 2018.** Desarrollo de Aplicaciones para Android. *jtech.ua.* [En línea] 2018. [Citado el: 22 de Diciembre de 2020.] <http://www.jtech.ua.es/cursos/apuntes/moviles/daa2013/wholesite.pdf>.

**CDMX ELECTRONICA. 2018.** Batería. *cdmxelectronica.* [En línea] 2018. [Citado el: 09 de Noviembre de 2020.] <https://cdmxelectronica.com/producto/bateria-lipo-3-7v-1000ma-503450/>.

**CLIMATE-DATA. 2018.** Riobamba Clima. [En línea] 2018. [Citado el: 03 de Agosto de 2020.] <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-del-chimborazo/riobamba-2973/#climate-graph>.

**CLIMAYA. 2018.** La influencia de los vientos en la agricultura. *climaYa.* [En línea] 14 de Noviembre de 2018. [Citado el: 06 de Diciembre de 2020.] <https://climaya.com/2018/11/la-influencia-de-los-vientos-en-la->



**EDICIONES-ENI. 2019.** Módulo XBEE. *ediciones-eni*. [En línea] 2019. [Citado el: 19 de Noviembre de 2020.] <https://www.ediciones-eni.com/open/mediabook.aspx?idR=cfaf3b89a30b71f92ea48852af811ac7>.

**EI COMERCIO. 2019.** USD 34,8 millones en pérdidas se registran en el sector agropecuario por el invierno. *Diario El Comercio*. 01 de Abril de 2019.

**ELECTROGEEK. 2020.** Arduino Nano Pinout y características. *electrogeek*. [En línea] 04 de Marzo de 2020. [Citado el: 02 de Octubre de 2020.] <https://www.electrogeekshop.com/arduino-nano-pinout-y-caracteristicas/>.

**ESTACION METEREOLÓGICA ESPOCH. 2017.** Estación Agrometeorológica. *Espoch estación meteorológica*. [En línea] 2017. [Citado el: 05 de Julio de 2020.] <https://www.espoch.edu.ec/index.php/estaci%C3%B3n-meteorol%C3%B3gica.html>.

**FUENTES, Pablo. 2018.** *Red de Sensores inalámbricos*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil : s.n., 2018. pág. 13, Tesis.

**GARCÍA TROYA, Marvin Leonardo. 2019.** *Diseño y simulación de red de sensores inalámbricos para detección de incendio en Bosque Protector Cerro Blanco de la cordillera Chongón-Colonche*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil : s.n., 2019. pág. 2, Tesis.

**GEEKFACTORY. 2021.** Módulo SIM900 GSM/GPRS. *geekfactory*. [En línea] 2021. [Citado el: 04 de Enero de 2021.] <https://www.geekfactory.mx/tienda/radiofrecuencia/sistema-minimo-sim900-modulo-simcom/>.

**GITHUB. 2016.** XBee Arduino. *github*. [En línea] 2016. [Citado el: 02 de Febrero de 2021.] <https://github.com/andrewrapp/xbee-arduino/blob/master/XBee.h>.

**GONZÁLEZ CÁRDENAS, Geusseppe y SILVA GÓMEZ, Felipe Andrés. 2013.** Diseño e implementación de una Tarjeta de Desarrollo con profundización en desarrollo de aplicación de Touch Sensing. [En línea] 2013. [Citado el: 15 de Julio de 2020.] <http://www.laccei.org/LACCEI2013-Cancun/RefereedPapers/RP157.pdf>.

**GUAÑA MOYA, Edison Javier. 2016.** *Diseño de una red de sensores inalámbricos (WSN) para monitorear parámetros relacionados con la agricultura*. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Escuela Politécnica Nacional. Quito : s.n., 2016. pág. 215, Tesis.

**HARDWARELIBRE. 2020.** ESP8266 el módulo WIFI para Arduino. *hwlibre*. [En línea] 2020. [Citado el: 02 de Septiembre de 2020.] <https://www.hwlibre.com/esp8266/>.

**HERRERO HERRANZ, José Carlos y SÁNCHEZ ALLENDE, Jesús. 2015.** Una mirada al mundo Arduino. [En línea] 2015. [Citado el: 12 de Diciembre de 2020.] [https://www.researchgate.net/publication/320531618\\_Una\\_mirada\\_al\\_mundo\\_Arduino](https://www.researchgate.net/publication/320531618_Una_mirada_al_mundo_Arduino).

**HETPRO. 2021a.** Arduino Serial Print. *hetpro-store*. [En línea] 2021a. [Citado el: 10 de Enero de 2021.] <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/arduino-serial-print/#:~:text=El%20lenguaje%20de%20Arduino%20incorpora,ascii%20como%20par%C3%A1metros%20de%20entrada..>

**HETPRO. 2018b.** Arduino EEPROM y sus funciones. *hetpro-store*. [En línea] 2018b. [Citado el: 13 de Enero de 2021.] <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/arduino-eeeprom/#:~:text=FUNCI%C3%93N%20Arduino%20EEPROM%20GET.&text=Primeramente%20obtiene%20diferentes%20variables%20de,de%20dato%20de%20la%20variable..>

**INAMHI. 2021a.** Boletín climatológico. *serviciometeorologico*. [En línea] 553, Marzo de 2021a. [Citado el: 13 de Octubre de 2020.] [http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/boletines/bol\\_men.pdf](http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/boletines/bol_men.pdf).

**INAMHI. 2021b.** En Chimborazo se incrementará la red de monitoreo hidrometeorológica. *serviciometeorologico*. [En línea] Marzo de 2021b. [Citado el: 23 de Marzo de 2021.] <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/en-chimborazo-se-incrementara-la-red-de-monitoreo-hidrometeorologica/>.

**INAMHI. 2019c.** Productos y actividades de la Dirección de la Información Hidrometeorológica. *serviciometeorologico*. [En línea] 2019c. [Citado el: 29 de Septiembre de 2020.] <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/actividades-de-la-direccion-de-la-informacion-hidrometeorologica/>.

**INFAS. 2019.** Repetitividad y Reproducibilidad. *infas*. [En línea] 2019. [Citado el: 09 de Enero de 2021.] <https://www.infas.com.ar/repetibilidad-y-reproducibilidad/>.

**INFOTECs. 2019.** Gateway. *infotecs*. [En línea] 21 de Mayo de 2019. [Citado el: 15 de Diciembre de 2020.] <https://infotecs.mx/blog/gateway.html>.

**INTEL. 2020a.** Introducción a las Boards Intel® Galileo. *intel*. [En línea] 16 de Septiembre de 2020a. [Citado el: 21 de Diciembre de 2020.]

<https://www.intel.la/content/www/xl/es/support/articles/000005912/boards-and-kits/intel-galileo-boards.html>.

**INTEL. 2017b.** Descripción general de Redes Inalámbricas. *Intel*. [En línea] 13 de Septiembre de 2017b. [Citado el: 26 de Noviembre de 2020.] <https://www.intel.la/content/www/xl/es/support/articles/000006856/network-and-i-o/wireless-networking.html>. 6856.

**IPDRS. 2020.** Declaración por la tierra y territorio, los pueblos en resistencia y su propuesta de sociedad. *sudamericarural*. [En línea] 13 de Julio de 2020. [Citado el: 10 de Octubre de 2020.] <https://www.sudamericarural.org/index.php/noticias/nuestras-actividades/6258-declaracion-por-la-tierra-y-territorio-los-pueblos-en-resistencia-y-su-propuesta-de-sociedad>.

**JONSHON KOCHIFAS, Franz Leonard. 2014.** *Diseño e implementación de sistema de monitoreo remoto y seguimiento en el transporte de langostas vivas desde Juan Fernández hasta el mercado asiático*. Universidad Austral de Chile. Valdivia : s.n., 2014. Tesis.

**KIN, Alicia Graciela y LEDENT, Jean Francois. 2018.** Efectos del Viento sobre las Plantas. *inta*. [En línea] 2018. [Citado el: 23 de Noviembre de 2020.] [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_-\\_viento\\_\\_\\_4.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_viento___4.pdf).

**LEANTEC. 2018.** Diferencias entre Arduino y Raspberry. *Leantec*. [En línea] 25 de Febrero de 2018. [Citado el: 15 de Diciembre de 2020.] <https://leantec.es/diferencias-entre-arduino-y-raspberry-pi/>.

**LLAMAS, Luis. 2016a.** Medir Presión del Aire y Altitud con Arduino y Barómetro BMP180. *luisllamas*. [En línea] 13 de Septiembre de 2016a. [Citado el: 15 de Febrero de 2021.] <https://www.luisllamas.es/medir-presion-del-aire-y-altitud-con-arduino-y-barometro-bmp180/>.

**LLAMAS, Luis. 2016b.** Reloj y Calendario en Arduino con RTC. *luisllamas*. [En línea] 18 de Octubre de 2016b. [Citado el: 07 de Agosto de 2020.] [https://www.luisllamas.es/reloj-y-calendario-en-arduino-con-los-rtc-ds1307-y-ds3231/#:~:text=Un%20reloj%20de%20tiempo%20real%20\(RTC\)%20es%20un%20dispositivo%20electr%C3%B3nico,que%20empleamos%20de%20forma%20cotidiana.&text=Adem%C3%A1s%2C%20frecuentemente%](https://www.luisllamas.es/reloj-y-calendario-en-arduino-con-los-rtc-ds1307-y-ds3231/#:~:text=Un%20reloj%20de%20tiempo%20real%20(RTC)%20es%20un%20dispositivo%20electr%C3%B3nico,que%20empleamos%20de%20forma%20cotidiana.&text=Adem%C3%A1s%2C%20frecuentemente%20).

**MARQUEZ, Cristina. 2017.** Chimborazo se convierte en zona ganadera. *EL COMERCIO*. 04 de Julio de 2017.

**MEJIA ALMEIDA, Jorge Luis y ROBAYO CATELLANO, Mauro Danilo. 2014.** *Implementación de una red lan de bajo estándares internacionales en los laboratorios de la universidad técnica de Cotopaxi.* Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga : s.n., 2014. pág. 94, Tesis.

**MFBARCELL. 2017.** Tecnologías inalámbricas estándares y propiedades para sensores inalámbricos. *mfbarcell.* [En línea] 2017. [Citado el: 22 de Octubre de 2020.] <http://www.mfbarcell.es/conferencias/wsn.pdf>.

**MONTESINOS NAVARRO, José Salvador. 2013.** *Red de sensores auto-configurable mediante tecnologías ZigBee y Arduino con monitorización por aplicación Android.* Telecomunicaciones, Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena : s.n., 2013. pág. 28, Tesis.

**MUNDO COMPRESOR PORTAL INDUSTRIAL. 2017.** Presion atmosferica. *mundocompresor.* [En línea] 2017. [Citado el: 05 de Enero de 2021.] <https://www.mundocompresor.com/diccionario-tecnico/presion-atmosferica>.

**NATIONAL INSTRUMENTS. 2020.** Implantar una Red de Sensores Inalámbricos (WSN) de NI para Monitorizar la Ocupación de Plazas de Aparcamiento. *national instruments.* [En línea] 2020. [Citado el: 11 de Abril de 2020.] <https://www.ni.com/es-cr/innovations/case-studies/19/deploying-an-ni-wireless-sensor-network-to-monitor-parking-garage-occupancy.html>.

**NAYLAMP MECHATRONICS. 2020a.** Sensor de presión BMP180. *naylampmechatronics.* [En línea] 2020a. [Citado el: 12 de Diciembre de 2020.] <https://www.naylampmechatronics.com/sensores-posicion-inerciales-gps/75-sensor-de-presion-bmp180.html>.

**NAYLAMP MECHATRONICS. 2019b.** Arduino y memoria SD Y micro SD. *naylampmechatronics.* [En línea] 2019b. [Citado el: 05 de Octubre de 2020.] [https://naylampmechatronics.com/blog/38\\_Tutorial-arduino-y-memoria-SD-y-micro-SD-.html](https://naylampmechatronics.com/blog/38_Tutorial-arduino-y-memoria-SD-y-micro-SD-.html).

**NAYLAMP MECHATRONICS. 2018c.** Modulo RTC DS3231. [En línea] 2018c. [Citado el: 09 de Noviembre de 2020.] <https://naylampmechatronics.com/modulos/107-modulo-rtc-ds3231-eeeprom-at24c32-i2c.html>.

**NAYLAMP MECHATRONICS. 2018d.** Tutorial Arduino y memoria SD y micro SD. *naylampmechatronics.* [En línea] 2018d. [Citado el: 07 de Enero de 2021.] [https://naylampmechatronics.com/blog/38\\_Tutorial-Arduino-y-memoria-SD-y-micro-SD-.html](https://naylampmechatronics.com/blog/38_Tutorial-Arduino-y-memoria-SD-y-micro-SD-.html).

**OÑATE, Fernando Patricio. 2020.** *Diseño y construcción de nodos inteligentes para detección de armas dentro de una red de video-vigilancia utilizando visión artificial.* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba : s.n., 2020. pág. 43, Tesis.

**PARDO, Carlos. 2021.** Sensor de temperatura y humedad DHT11. *picuino*. [En línea] 2021. [Citado el: 11 de Enero de 2021.] <https://www.picuino.com/es/arduprog/sensor-dht11.html>.

**PCE IBÉRICA S.L. 2018.** Estaciones Meteorológicas. *pce-iberica*. [En línea] 2018. [Citado el: 05 de Octubre de 2020.] <http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/que-estacion-meteorologica.htm>.

**PÉREZ PORTO, Julián y GARDEY, Ana. 2021.** Nodo. *definicion*. [En línea] 2021. [Citado el: 18 de Enero de 2021.] <https://definicion.de/nodo/>.

**POLANCO ZAMBRANO, A. 2017.** Temperatura: definición, medición y escalas. *naturaleza paradais sphynx*. [En línea] 30 de Julio de 2017. [Citado el: 05 de Enero de 2021.] <https://naturaleza.paradais-sphynx.com/atmosfera/temperatura-definicion-medicion-escalas.htm>.

**PROMETEC. 2018.** Arduino y el modo sleep. *prometec*. [En línea] 2018. [Citado el: 15 de Enero de 2021.] <https://www.prometec.net/el-modo-sleep-en-arduino/>.

**PROMIX. 2021.** ¿Cómo influye la humedad en la calidad de los cultivos? *PROMIX*. [En línea] 07 de Enero de 2021. [Citado el: 02 de Febrero de 2021.] <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/como-influye-la-humedad-en-la-calidad-de-los-cultivos/>.

**PUMISACHO, Manuel y SHERWOOD, Stephen. 2002.** *El cultivo de la papa en Ecuador.* s.l. : INIAP, 2002. pág. 231.

**PUZHI Milton, ZHININ Saul. 2015.** *Simulación de procesos psicrométricos utilizando el lenguaje de programación java.* Ciencias Químicas, Universidad de Cuenca. Cuenca : s.n., 2015. pág. 112, Tesis.

**QUEIRUGA, Steven. 2020.** Tendencias en diseño 2021. *marketing4ecommerce*. [En línea] 17 de Diciembre de 2020. [Citado el: 11 de Enero de 2021.] <https://marketing4ecommerce.net/tendencias-de-diseno-2021/>.

**RAFFINO, Maria Estela. 2020.** Altitud. *concepto*. [En línea] 30 de Julio de 2020. [Citado el: 05 de Enero de 2021.] <https://concepto.de/altitud/>.



**REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. 2021.** Sensor. *RAE*. [En línea] 2021. [Citado el: 22 de Enero de 2021.] <https://dle.rae.es/sensor>.

**REIMONDO, Gustavo. 2018.** Sensores de Humedad. *humanizationoftechnology*. [En línea] 26 de Julio de 2018. [Citado el: 11 de Enero de 2021.] <https://humanizationoftechnology.com/sensores-de-humedad-ambiente/revista/sensorica/07/2018/>.

**SÁEZ VACA, Fernando. 1983.** Las tecnologías de la tercera revolución de la información. [En línea] 1983. [Citado el: 21 de Septiembre de 2020.] [http://dit.upm.es/~fsaez/OtrosArticulos/las\\_tecnologias\\_de\\_la\\_tercera\\_revolucion\\_de\\_la\\_informacion.pdf](http://dit.upm.es/~fsaez/OtrosArticulos/las_tecnologias_de_la_tercera_revolucion_de_la_informacion.pdf).

**SILVERIA BUCKERIDGE, Marcos y YEPES, Adriana. 2018.** Respuestas de las plantas ante los factores ambientales del cambio climático global. [En línea] 2018. [Citado el: 15 de Enero de 2021.] <https://www.redalyc.org/pdf/4239/423939616005.pdf>.

**SIMCOM. 2017.** SIM 900 Hardware Design. *simcom*. [En línea] 2017. [Citado el: 13 de Octubre de 2020.] [https://simcom.ee/documents/SIM900/SIM900\\_Hardware%20Design\\_V2.05.pdf](https://simcom.ee/documents/SIM900/SIM900_Hardware%20Design_V2.05.pdf).

**SINERGIA. 2017.** Impactos Ambientales en Agricultura. *agua.org*. [En línea] 2017. [Citado el: 11 de Octubre de 2020.] <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/05/Impactos-ambientales-en-agricultura.pdf>.

**TAITRON. 2016.** LM 7833. *alldatasheet*. [En línea] 2016. [Citado el: 06 de Octubre de 2020.] <https://pdf1.alldatasheet.es/datasheet-pdf/download/237960/TAITRON/LM7833.html>.

**TESAURO. 2018.** Tecnología móvil. *boletinagrario*. [En línea] 2018. [Citado el: 01 de Diciembre de 2020.] <https://boletinagrario.com/ap-6,tecnologia+movil,4263.html>.

**VELA, Andres. 2016.** *Estudio de la agricultura de precision enfocado en la implemntacion de una red de sensores inalambricos (WSN) para el monitoreo de humedad y temperatura en cultivos- caso de estudio hacienda cabalinus ubicada en la provincia de los Rios*. Ingenieria, Universidad Catolica del Ecuador. Quito : s.n., 2016. pág. 17, Revista Politécnica.

**VILORIA, Cesar et al. 2009.** Analisis comprativo de tecnologias inalambricas para una solución de servicios de telemedicina. [En línea] 2009. [Citado el: 22 de Octubre de 2020.] <https://www.redalyc.org/pdf/852/85212371012.pdf>.

**WASP MOTE. 2018.** Agriculture 2.0, Technical Guide. [En línea] 2018. [Citado el: 13 de Agosto de 2020.] [http://www.libelium.com/development/waspmote/technical\\_service](http://www.libelium.com/development/waspmote/technical_service).

**WORDPRESS. 2019.** La Sierra Ecuatoriana. *sierraecuador*. [En línea] 2019. [Citado el: 03 de Noviembre de 2020.] <https://sierraecuador.wordpress.com/clima/#:~:text=La%20temperatura%20promedio%20est%C3%A1%20entre%2012%20y%2020%20%C2%BA&text=Comprende%20las%20tierras%20que%20se,entre%204%20y%208%20%C2%BA>..

# ANEXOS

## ANEXO A: CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO SIM 900 SHIELD



G50EFC56E3197F

### GSM/GPRS Shield

### Datasheet



Tinysine Electronics © 2014  
Version 1.0



www.tinysine.com

### INTRODUCTION

The GPRS/GSM Shield provides you a way to use the GSM cell phone network to receive data from a remote location. The shield allows you to achieve this via any of the three methods:

- Short Message Service
- Audio
- GPRS Service

The GPRS Shield is compatible with all boards which have the same form factor (and pinout) as a standard Arduino Board. The GPRS Shield is configured and controlled via its UART using simple AT commands. Based on the SIM900 module from SIMCOM, the GPRS Shield is like a cell phone. Besides the communications features, the GPRS Shield has 12 GPIOs, 2 PWMs and an ADC.

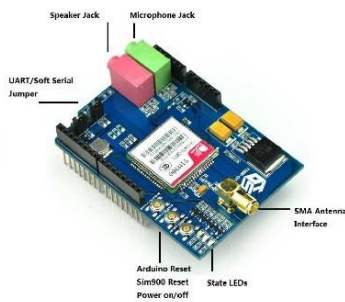
### SPECIFICATIONS

- Quad-Band 850 / 900 / 1800 / 1900 MHz - would work on GSM networks in all countries across the world.
- GPRS multi-slot class 10/8
- GPRS mobile station class B
- Compliant to GSM phase 2/2+
- Class 4 (2W@850/900MHz)
- Class 1 (1W@1800/1900MHz)
- Control via commands (GSM 07.07, 07.05 and SIMCOM enhanced AT Commands)
- Short message service
- Free serial port selection
- RTC supported with Super Cap
- Power on/off and reset function supported by Arduino interface



www.tinysine.com

### Overview



### The indicator LEDs

The GSM Shield has three indicator LEDs for the GSM Shield power, SIM900 power and net status.

#### GSM Shield power(P):

This LED is used to indicate the power status of the GSM Shield. If the external power supply is connected to the arduino board, then the GSM Shield will get power. This LED will light on.

#### SIM900 power(S):

This LED is used to indicate the power status of the SIM900. After the SIM900 is powered on, the status LED will light on.

#### Net Status(N):

This LED is used to indicate the net status. The LED will blink slowly or quickly according to different states.



www.tinysine.com

| Status             | Description                          |
|--------------------|--------------------------------------|
| Off                | SIM900 is not running                |
| 64ms On/800ms Off  | SIM900 not registered to the network |
| 64ms On/3000ms Off | SIM900 registered to the network     |
| 64ms On/300ms Off  | GPRS communication is established    |

### The buttons

There are 3 buttons on the GSM shield board.

#### SIM900 Power Button:

Stack the GSM shield on your arduino main board. The GSM shield will run automatically when you power up your arduino main board. If you want to turn on/off the SIM900 module manually, just press the sim900 power button one second.

#### SIM900 Reset Button:

Reset the SIM900 module.

#### Arduino Reset Button:

Reset the Arduino main board. Same function as the Reset Button which is on the arduino main board.

**Note:** Our test sketch will control D8 pin to turn on the SIM900 when the arduino board is powered up.

## ANEXO B: CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR DHT11

ABC PROYECTOS ELECTRÓNICOS | abc.electronica.net 1

### Sensor de humedad y temperatura DHT 11 y DHT22

Los sensores DHT11 y DHT22 son los más básicos y los más utilizados para implementarlos con Arduino, estos sensores están compuestos en dos partes, un sensor de humedad capacitivo y un termistor, también cuentan con un circuito integrado básico en el interior que hace la conversión de analógico a digital y este envía una señal digital con la temperatura y la humedad.



ABCElectronica.net DHT11



ABCElectronica.net DHT22

||| avenida 15-51 zona 1

ABC PROYECTOS ELECTRÓNICOS | abc.electronica.net 2

### DHT11 vs DHT22

Aunque lucen físicamente similares y tiene la misma identificación de pines, estos poseen características diferentes:

**DHT11**

- Alimentación de 3.3V a 5VDC
- Corriente máxima 2.5mA durante la conversión
- Lectura de humedad con un +/- 5% de precisión
- Lectura de temperatura con un +/- 2°C de precisión
- Capaz de medir humedad de 20% a 80%
- Capaz de medir temperatura de 0 a 50°C
- No más de 1 Hz en velocidad de muestreo (una vez cada segundo)
- Dimensiones: 15.5mm x 12mm x 5.5mm

**DHT 22**

- Alimentación de 3.3V a 5VDC
- Corriente máxima 2.5mA durante la conversión
- Lectura de humedad con un +/- 2% a 5% de precisión
- Lectura de temperatura con un +/- 0.5°C de precisión
- Capaz de medir humedad de 0% a 100%
- Capaz de medir temperatura de -40°C a 125°C
- No más de 0.5Hz en velocidad de muestreo (una vez cada dos segundos)
- Dimensiones: 15.1mm x 25mm x 7.7mm

De acuerdo a las características es un sensor ligeramente más preciso y cuenta con un rango un poco mayor. Ambos utilizan un único pin digital de salida y son lentos en cierto aspecto, ya que no se puede consultar más de una vez cada uno o dos segundos.


||| avenida 15-51 zona 1

ABC PROYECTOS ELECTRÓNICOS | abc.electronica.net 3

### Conectando un sensor DHT

Los sensores DHTxx cuentan con cuatro pines:

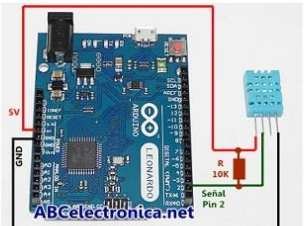
- VCC (3.3VDC a 5VDC) (pin 1)
- Salida de datos
- No se conecta (pin 3)
- GND



pin 1

El pin 3 no se utiliza y se debe de colocar una resistencia de 10K entre VCC y sin salida de datos, de esta manera se coloca en pull up y la lectura se hace sin problemas.

La siguiente imagen muestra la manera de conectar un DHT11 o un DHT22 a un Arduino UNO o LEONARDO (también un MEGA o NANO)



||| avenida 15-51 zona 1

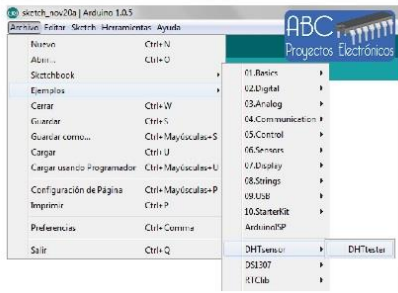
ABC PROYECTOS ELECTRÓNICOS | abc.electronica.net 4

### Programando

Primero que nada se deberá de instalar la librería para este sensor <https://github.com/adafruit/DHT-sensor-library>

Para instalar librería, ver siguiente tutorial

Una vez instalada la librería, clic en Archivo > Ejemplos > DHTsensor > DHTTester



||| avenida 15-51 zona 1

## ANEXO C: CARACTERÍSTICAS ARDUINO NANO

### MB0016: OEM ARDUINO NANO V3.0



#### Descripción:

Arduino Nano es una pequeña y completa placa basada en el ATmega328 (Arduino Nano 3.0) que se usa conectándola a una Protoboard. Tiene funcionalidad similar al Arduino UNO, pero con una presentación diferente. No posee conector para alimentación externa, y funciona con un cable USB Mini-B en vez del cable estándar.

#### Especificaciones

Microcontrolador: ATmega328.  
Tensión de Operación (nivel lógico): 5 V.  
Tensión de Entrada (recomendado): 7-12 V.  
Tensión de Entrada (límites): 6-20 V.  
Pines E/S Digitales: 14 (de los cuales 6 proveen de salida PWM).

Entradas Analógicas: 8.  
Corriente máx por cada PIN de E/S: 40 mA.  
Memoria Flash: 32 KB (ATmega328) de los cuales 2KB son usados por el bootloader.  
SRAM: 2 KB (ATmega328).  
EEPROM: 1 KB (ATmega328).  
Frecuencia de reloj: 16 MHz.  
Dimensiones: 18.5mm x 43.2mm

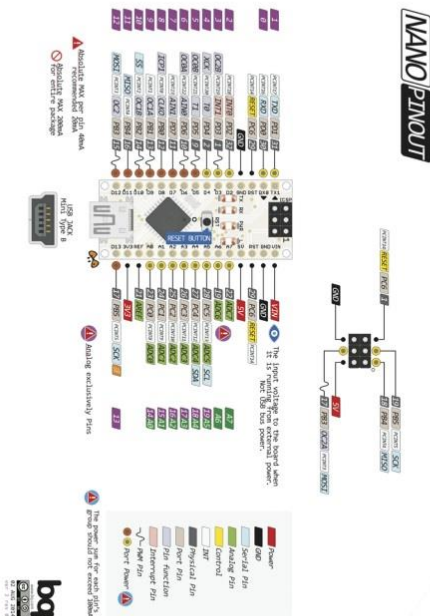
#### Alimentación

El Arduino Nano puede ser alimentado usando el cable USB Mini-B, con una fuente externa no regulada de 6-20V (pin 30), o con una fuente externa regulada de 5V (pin 27). La fuente de alimentación es seleccionada automáticamente a aquella con mayor tensión.

El chip FTDI FT232RL que posee el Nano solo es alimentado si la placa está siendo alimentada usando el cable USB.

Cuando se utiliza una fuente externa (no USB), la salida de 3.3V (la cual es proporcionada por el chip FTDI) no está disponible y los pines 1 y 0 parpadearán si los pines digitales 0 o 1 están a nivel alto.

#### Distribución de Pines



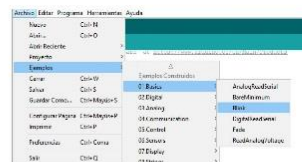
#### Primeros Pasos

Para cargar el primer sketch debe tener instalado el IDE de Arduino en su computadora, que se debe descargar de la siguiente página:

<https://www.arduino.cc/en/Main/Software>

Una vez instalado el software, dirijase a la pestaña: Archivo -> Ejemplos -> Basics  
Deberá elegir Blink  
Posteriormente deberá elegir la placa en: Herramientas -> Placa -> Arduino Nano  
Conecte su placa y a continuación vaya a: Herramientas -> Puerto  
Elija el puerto COM que su PC asigno a su placa.

#### Elección del ejemplo



#### Elección de placa y puerto





# ANEXO D: CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR WS 3000

## 4.13.3. Socket

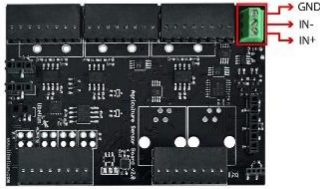


Figure - Image of the socket for the WS-3000 sensor

This sensor is connected to the analog-to-digital converter through the three pins of the 2.54mm pitch terminal block marked in the image in the figure above.

## 4.14. Weather Station (WS-3000)

This weather station consists of three different sensors, described in detail below: a wind vane, an anemometer and a pluviometer. It connects to Waspmote through six wires that must be connected to the terminal block shown in the corresponding figure, being the anemometer connected to the vane through an RJ11 socket.



Figure - Image of the Weather Station WS-3000

## 4.14.2. Wind Vane

### 4.14.2.1. Specifications

Height: 8.9 cm  
Length: 17.8 cm  
Maximum accuracy: 22.5°  
Resistance range: 68Ω ~ 120kΩ



Figure - Wind Vane

### 4.14.2.2. Measurement Process

The wind vane consists of a basement that turns freely on a platform endowed with a net of eight resistances connected to eight switches that are normally and are closed (one or two) when a magnet in the basement acts on them, which permits us to distinguish up to 16 different positions (the equivalent to a resolution of 22.5°). The equivalent resistance of the wind vane, along with a 10kΩ resistance, form a voltage divider, powered at 3.3V through a digital switch controlled by the ANALOG0 pin, whose output can be measured in the analog input ANAL056. The function of the library `readValue()` also stores in variable `value_vane` an 8 bits value which corresponds with an identifier of the pointing direction. It is highly recommended to switch off this sensor in order to minimize the global consumption of the board (you can find more information about the consumption of the board and how to handle it in chapter "Board configuration and programming").

Below, a table with the different values that the equivalent resistance of the wind vane may take is shown, along with the direction corresponding to each value:

| Direction (Degrees) | Resistance (kΩ) | Voltage (V) | Identifier        |
|---------------------|-----------------|-------------|-------------------|
| 0                   | 33              | 2.53        | SENS_AGR_VANE_N   |
| 22.5                | 6.57            | 1.31        | SENS_AGR_VANE_NNE |
| 45                  | 8.2             | 1.49        | SENS_AGR_VANE_NE  |
| 67.5                | 0.891           | 0.27        | SENS_AGR_VANE_NE  |
| 90                  | 1               | 0.3         | SENS_AGR_VANE_E   |
| 112.5               | 0.688           | 0.21        | SENS_AGR_VANE_ESE |
| 135                 | 2.2             | 0.59        | SENS_AGR_VANE_SE  |
| 157.5               | 1.41            | 0.41        | SENS_AGR_VANE_SSE |
| 180                 | 3.9             | 0.92        | SENS_AGR_VANE_S   |
| 202.5               | 3.14            | 0.79        | SENS_AGR_VANE_SSW |
| 225                 | 16              | 2.03        | SENS_AGR_VANE_SW  |
| 247.5               | 14.12           | 1.93        | SENS_AGR_VANE_WSW |
| 270                 | 120             | 3.05        | SENS_AGR_VANE_W   |
| 292.5               | 42.12           | 2.67        | SENS_AGR_VANE_WNW |
| 315                 | 61.9            | 2.86        | SENS_AGR_VANE_WW  |
| 337.5               | 21.88           | 2.26        | SENS_AGR_VANE_WNW |

## 4.14.1. Anemometer

### 4.14.1.1. Specifications

Sensitivity: 2.4km/h / turn  
Wind Speed Range: 0 ~ 240km/h  
Height: 7.1 cm  
Arm length: 8.5 cm  
Connector: RJ11



Figure - Anemometer

### 4.14.1.2. Measurement Process

The anemometer chosen for Waspmote consists of a reed switch normally open that closes for a short period of time when the arms of the anemometer (complete a 180° angle), so the output is a digital signal whose frequency will be proportional to the wind speed. There will be 2 events in each complete turn. That signal can be read from the digital pin `DIGITAL2` of the Waspmote. The function of the library `readValue()` returns the wind speed value in kilometers per hour (km/h). The power of the sensor and of the electronics around it may be connected or disconnected using a digital switch controlled by the ANALOG0 pin. It is highly recommended to switch off this sensor in order to minimize the global consumption of the board (you can find more information about the consumption of the board and how to handle it in chapter "Board configuration and programming").

Reading code:

```
{
  float value_anemometer = 0;
  sensorAgrV20.ON();
  SensorAgrV20.setSensorPoco(SENS_AGR_ANEMOMETER);
  delay(100); //waiting for the stabilization of the power supply
  value_anemometer = SensorAgrV20.readValue(SENS_AGR_ANEMOMETER);
}
```

You can find a complete example code for reading the whole Weather Station WS-3000 data sensor in the following link: [http://www.librarian.com/development/waspmote/examples/ag\\_12\\_weather\\_station\\_sensor\\_reading](http://www.librarian.com/development/waspmote/examples/ag_12_weather_station_sensor_reading)

### 4.14.1.3. Socket

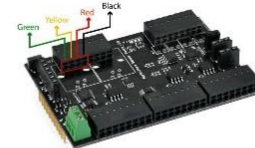


Figure - Image of the connector for the anemometer

The way to connect the anemometer to the AgrV20 v5.0 Board is through the vane: the anemometer's cable must be plugged into the socket that can be found on the base of the vane.

## Reading code:

```
{
  float value_vane = 0;
  SensorAgrV20.ON();
  SensorAgrV20.setSensorPoco(SENS_AGR_VANE);
  delay(100); //waiting for the stabilization of the power supply
  value_vane = SensorAgrV20.readValue(SENS_AGR_VANE);
}
```

You can find a complete example code for reading the whole Weather Station WS-3000 data sensor in the following link: [http://www.librarian.com/development/waspmote/examples/ag\\_12\\_weather\\_station\\_sensor\\_reading](http://www.librarian.com/development/waspmote/examples/ag_12_weather_station_sensor_reading)

Besides, it is recommended to use the function `getVaneFilterValue()` in order to perform a mean filtered measurement during a specified period of time. Thus, mechanical fluctuations will be avoided and a more accurate measurement will be done. See example below:

[https://www.librarian.com/development/waspmote/examples/ag\\_12b-wind-vane-filtered](https://www.librarian.com/development/waspmote/examples/ag_12b-wind-vane-filtered)

### 4.14.2.3. Socket

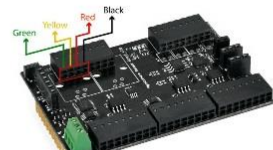


Figure - Image of the connector for the wind vane

The wind vane is connected to the board through four pins of a terminal block whose correspondence with the sensor's wire is shown in the figure above.

## 4.14.3. Pluviometer

### 4.14.3.1. Specifications

Height: 9.05 cm  
Length: 73 cm  
Bucket capacity: 0.28 mm of rain



Figure - Pluviometer

# ANEXO E: CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR BMP180

## BMP180 DIGITAL PRESSURE SENSOR

### Key features

Pressure range: 300 ... 1100hPa (+9000m ... -500m relating to sea level)  
Supply voltage: 1.8 ... 3.6V (V<sub>CC</sub>)  
1.62V ... 3.6V (V<sub>CC,AV</sub>)

Package: LGA package with metal lid  
Small footprint: 3.6mm x 3.8mm  
Super-flat: 0.93mm height

Low power: 5µA at 1 sample / sec. in standard mode

Low noise: 0.06hPa (0.5m) in ultra low power mode  
0.02hPa (0.17m) advanced resolution mode

- Temperature measurement included
- I<sup>2</sup>C interface
- Fully calibrated
- Pb-free, halogen-free and RoHS compliant,
- MSL 1

### Typical applications

- Enhancement of GPS navigation (dead-reckoning, slope detection, etc.)
- Indoor and outdoor navigation
- Leisure and sports
- Weather forecast
- Vertical velocity indication (rise/sink speed)

### BMP180 general description

The BMP180 is the function compatible successor of the BMP085, a new generation of high precision digital pressure sensors for consumer applications.

The ultra-low power, low voltage electronics of the BMP180 is optimized for use in mobile phones, PDAs, GPS navigation devices and outdoor equipment. With a low altitude noise of merely 0.25m at fast conversion time, the BMP180 offers superior performance. The I<sup>2</sup>C interface allows for easy system integration with a microcontroller.

The BMP180 is based on piezo-resistive technology for EMC robustness, high accuracy and linearity as well as long term stability.

Robert Bosch is the world market leader for pressure sensors in automotive applications. Based on the experience of over 400 million pressure sensors in the field, the BMP180 continues a new generation of micro-machined pressure sensors.

## 1. Electrical characteristics

If not stated otherwise, the given values are ±3-Sigma values over temperature/voltage range in the given operation mode. All values represent the new parts specification; additional solder drift is shown separately.

Table 1: Operating conditions, output signal and mechanical characteristics

| Parameter  | Symbol             | Condition                       | Min  | Typ               | Max            | Units |
|--|--------------------|---------------------------------|------|-------------------|----------------|-------|
| Operating temperature                                      | T <sub>A</sub>     | operational                     | -40  |                   | +85            | °C    |
|  |                    | full accuracy                   | 0    |                   | +65            |       |
| Supply voltage   | V <sub>CC</sub>    | ripple max. 50mVpp              | 1.8  | 2.5               | 3.6            | V     |
|  |                    |                                 | 1.62 | 2.5               | 3.6            |       |
| Supply current<br>@ 1 sample / sec.<br>25°C                | I <sub>CC,AV</sub> | ultra low power mode            |      | 3                 |                | µA    |
|  |                    | standard mode                   |      | 5                 |                | µA    |
|  |                    | high resolution mode            |      | 7                 |                | µA    |
|  |                    | Ultra high res. mode            |      | 12                |                | µA    |
|  | I <sub>CC,AV</sub> | Advanced res. mode              |      | 32                |                | µA    |
| Peak current   | I <sub>CC,PK</sub> | during conversion               |      | 950               |                | µA    |
| Standby current  | I <sub>CC,SB</sub> | @ 25°C                          |      | 0.1               | 4 <sup>1</sup> | µA    |
| Relative accuracy<br>pressure<br>V <sub>CC</sub> = 3.3V    |                    | 950 ... 1050 hPa<br>@ 25°C      |      | ±0.12             |                | hPa   |
|  |                    | 700 ... 900hPa<br>25 ... 40°C   |      | ±1.0              |                | m     |
| Absolute accuracy<br>pressure<br>V <sub>CC</sub> = 3.3V    |                    | 300 ... 1100 hPa<br>0 ... +65°C | -4.0 | -1.0 <sup>2</sup> | +2.0           | hPa   |
|  |                    | 300 ... 1100 hPa<br>-20 ... 0°C | -6.0 | -1.0 <sup>2</sup> | +4.5           | hPa   |
| Resolution of<br>output data                               |                    | pressure                        |      | 0.01              |                | hPa   |
|  |                    | temperature                     |      | 0.1               |                | °C    |
| Noise in pressure  |                    | see table on page 12-13         |      |                   |                |       |
| Absolute accuracy<br>temperature<br>V <sub>CC</sub> = 3.3V |                    | @ 25°C                          | -1.5 | ±0.5              | +1.5           | °C    |
|  |                    | 0 ... +65°C                     | -2.0 | ±1.0              | +2.0           | °C    |

<sup>1</sup> at 85°C

|                                | t <sub>CONV</sub> | ultra low power mode          |           |      |     |
|--------------------------------|-------------------|-------------------------------|-----------|------|-----|
| Conversion time<br>pressure    | t <sub>CONV</sub> | standard mode                 | 5         | 7.5  | ms  |
|                                | t <sub>CONV</sub> | high resolution mode          | 9         | 13.5 | ms  |
|                                | t <sub>CONV</sub> | ultra high res. mode          | 17        | 25.5 | ms  |
|                                | t <sub>CONV</sub> | Advanced res. mode            | 51        | 76.5 | ms  |
| Conversion time<br>temperature | t <sub>CONV</sub> | standard mode                 | 3         | 4.5  | ms  |
| Serial data clock              | f <sub>SCL</sub>  |                               |           | 3.4  | MHz |
| Solder drifts                  |                   | Minimum solder<br>height 50µm | -0.5      | +2   | hPa |
|                                |                   | Long term stability**         | 12 months | ±1.0 | hPa |

<sup>2</sup> The typical value is: -1±1

\*\* Long term stability is specified in the full accuracy operating pressure range 0 ... 65°C

## ANEXO F: CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO WIFI ESP8266

### MODULO WIFI ESP8266

Número de parte: ESP-01S



#### Descripción:

Este módulo inalámbrico ESP8266 ha sido especialmente diseñado para conectarse fácilmente a una conexión Wi-Fi. Es pequeño y potente compatible con 802.11b/g/n, puede funcionar como un punto de acceso (Access Point) o como una estación, de envío y recepción de datos. La comunicación con Arduino se puede hacer mediante el uso de los puertos en serie RX y TX, se pueden configurar a través de comandos AT.

#### Características:

- Protocolo 802.11b/g/n
- Chip: ESP8266
- ADC integrado de 10 bit de precisión
- Protocolo stack TCP/IP integrado
- Switch TR integrado, balun, LNA, amplificador de potencia y red de adaptación de energía
- PLL integrado, regulador de tensión y componentes de administración de energía
- Módulo ultra-pequeño.
- Soporta diversas antenas
- CPU de 32 bits de baja potencia: puede funcionar como procesador de aplicaciones.

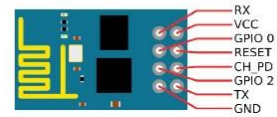
#### Especificaciones:

- WiFi a 2.4 GHz, seguridad WPA/WPA2
- Dimensiones: 25 x 14 x 1mm
- Peso: 7g
- Potencia de salida: 802.11b mode + 19.5dB
- Corriente < 10uA
- Encendido y transferencia de paquetes < 2ms.
- El consumo de energía en espera es de menos de 1.0mW (DTIM3)



- Rango de temperatura de operación: -40 – 125 °C
- Voltaje de alimentación: 3.3 V. (Este módulo no tolera 5 V. Cualquier voltaje superior a 3.6 V en sus entradas o en el pin de alimentación puede dañarlo)
- Conectores: SDIO 2.0, SPI, UART, GPIO, salida PWM y sensor de temperatura interno
- Comunicación serial: TX/RX

Pines de salida:



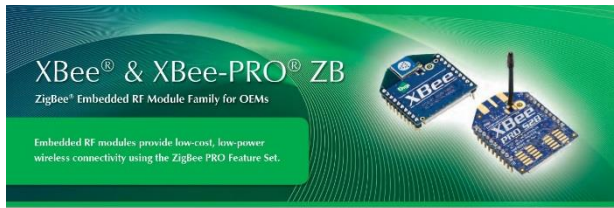
- GND - Tierra
- TX - Serial de transmisión
- RX - Serial de recepción
- VCC - 3.3VDC
- CH\_PD - Conectarse a VCC
- RST - Conectarse a VCC
- GPIO0 - Conectarse a VCC
- GPIO2 - Conectarse a VCC

|   |                                  |  |                          |
|---|----------------------------------|--|--------------------------|
|  |                                  | AG Electrónica S.A. de C.V.<br>República del Salvador # 29 Segundo<br>Piso |                          |
| Acotación:<br>NA  | http://www.agoelectronica.com    | Piso:<br>NA  | Rev 1. BMF<br>Rev 2. GAC |
| Tolerancia:<br>NA   | Descripción: MÓDULO WIFI ESP8266 |  |                          |
| Tolerancia:<br>NA   | Fecha:<br>09/07/2017             | Número de parte: ESP-01S   |                          |





# ANEXO G: CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO XBEE



## Overview

XBee and XBee-PRO ZB embedded RF modules provide cost-effective wireless connectivity to devices in ZigBee mesh networks. Utilizing the ZigBee PRO Feature Set, these modules are interoperable with other ZigBee devices, including devices from other vendors\*.

Products in the XBee family are easy to use. They require no configuration or additional development; users can have their network up and running in a matter of minutes.

Programmable versions of the XBee-PRO ZB module make customizing ZigBee applications easy. Programming directly on the module eliminates the need for a separate processor. Because the wireless software is isolated, applications can be developed with no risk to RF performance or security.

XBee modules are available in a variety of protocols and frequencies. The common hardware footprint shared by Digi's XBee modules means users can substitute one XBee for another with minimal development time and risk.

\*Interoperability requires the ZigBee Feature Set or ZigBee PRO Feature Set to be deployed on all devices. Contact Digi Support for details.

### Related Products



### Application Highlight



### Features/Benefits

- Interoperability with ZigBee compliant devices\*
- No configuration needed for out-of-the-box RF communications
- Common XBee footprint for a variety of RF modules
- ZigBee mesh networking protocol
  - Improved data traffic management
  - Remote firmware updates
  - Self-healing and discovery for network stability
- Programmable versions of the XBee-PRO ZB enable custom ZigBee application development
  - 8-bit Freescale® 508 microprocessor brings intelligence to devices
  - CodeWarrior® development tools for easy customization

| Platform                           | XBee® ZB   | XBee-PRO® ZB                                 | Programmable XBee-PRO® ZB            |
|------------------------------------|--|--|--------------------------------------|
| <b>Performance</b>                 |  |  |                                      |
| RF Data Rate                       | 250 kbps   |  |                                      |
| Indoor/Outdoor Range               | 133 ft. (40 m)                                   | 300 ft. (90 m)                               |                                      |
| Outdoor/RF Line-of-Sight Range     | 400 ft. (120 m)                                  | 7 miles (11300 m) / 14x15000 ft. (4330 m)    |                                      |
| Transmit Power                     | 1.25 mW (+3 dBm) / 0 mW (-30 dBm) boost mode     | 53 mW (+18 dBm) / 2x15 mW (+18 dBm)          |                                      |
| Receiver Sensitivity (1% PER)      | -96 dBm @ boost mode                             |  |                                      |
| <b>Features</b>                    |  |  |                                      |
| Adjustable Power                   | Yes  |  |                                      |
| I/O Interface                      | 3.3V CMOS UART, AIC, DIO                         | 3.3V CMOS UART, SPI, I2C, PMA, I/O, AIC      |                                      |
| Configuration Method               | API or AT commands, Serial or over-the-air       |  |                                      |
| Frequency Band                     | 2.4 GHz  |  |                                      |
| Interference Immunity              | DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)           |  |                                      |
| Serial Data Rate                   | 1200 bps - 1 Mbps                                |  |                                      |
| ADC Inputs                         | (5) 10-bit ADC inputs                            |  |                                      |
| Digital I/O                        | 30   |  |                                      |
| Antenna Options                    | Chip, Wire Whip, UFL, RF SMA                     | PCB Embedded Antenna, Wire Whip, J-F, RF SMA |                                      |
| Operating Temperature              | -40° C to +85° C, 0-100% humidity non-condensing |  |                                      |
| <b>Programmability</b>             |  |  |                                      |
| Memory                             | N/A  | 32 KB Flash / 2 KB RAM                       |                                      |
| GPIO/IO Speed                      | N/A  | MOSFET / up to 9C/10 MHz                     |                                      |
| <b>Interlocking &amp; Security</b> |  |  |                                      |
| Encryption                         | 128-bit AES                                      |  |                                      |
| Reliable Packet Delivery           | Retries/ACKnowledgments                          |  |                                      |
| IDs and Channels                   | FAN ID, 64-bit IEEE MAC, 16 channels             |  | FAN ID, 64-bit IEEE MAC, 16 channels |
| <b>Power Requirements</b>          |  |  |                                      |
| Supply Voltage                     | 3.1 - 3.6VDC                                     | 3.7 - 3.6VDC                                 |                                      |
| Transmit Current                   | 25 mA / 48 mA boost mode @ 3.3VDC                | 200 mA                                       | 220 mA                               |
| Receive Current                    | 38 mA / 48 mA boost mode @ 3.3VDC                | 47 mA  | 82 mA                                |
| Power-Down Current                 | <1 uA @ 25° C                                    | 3.5 uA @ 25° C                               | 4 uA @ 25° C                         |
| <b>Regulatory Approvals</b>        |  |  |                                      |
| FCC, IC (North America)            | Yes  |  |                                      |
| ETSI (Europe)                      | Yes  |  |                                      |
| C-TICK (Australia)                 | Yes  |  |                                      |
| TELEC (Japan)                      | Yes  | Yes (API only)                               |                                      |

ZigBee - Mesh

(3000 views)

(200 views)

(200 views)

Visit [www.digi.com](http://www.digi.com) for part numbers.

### DIGI SERVICE AND SUPPORT

You can purchase with confidence knowing that Digi is here to support you with expert technical support and a one-year warranty. [www.digi.com/warranty](http://www.digi.com/warranty)

|  |  |   |  |   |
|--|--|---|--|---|
| Digi International Inc.<br>917-777-2444<br>912-812-1444<br>digi@digi.com | Digi International<br>France<br>+33-1-55-41-88-38<br>www.digi.fr | Digi International<br>EMEA<br>+41-3-5208-4281<br>www.digi-emea.jp | Digi International<br>[UK] Limited<br>+44-181-281-1008<br>www.digi.co.uk | Digi m2m Solutions<br>India Pvt. Ltd.<br>+91-86-091-9887<br>info@digi.com |
|--|--|---|--|---|

© 2006-2011 Digi International Inc. All rights reserved. Digi, Digi International, the Digi logo, the Making Wireless M2M Come True, ConnectDot, XBee and XBee-PRO are trademarks or registered trademarks of Digi International Inc. in the United States and other select free world areas. All other trademarks are the property of their respective owners. All information provided is subject to change without notice.

Wireless M2M  
BUY ONLINE • [www.digi.com](http://www.digi.com)

93001471  
83/311



[www.digi.com](http://www.digi.com)



## ANEXO H: CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO MICRO SD

### OKY3001: Módulo de lectura y escritura de tarjeta SD.



**Descripción:** Este módulo permite facilitar el uso de una tarjeta de memoria SD controlada con Arduino. A través de la programación, se puede leer y escribir en la tarjeta, además se puede utilizar como reproducción de archivos de audio como MP3, control de MCU, ARM. La Salida de los pines SD por SPI: MOSI, SCK, MISO y CS.

#### Especificaciones:

|                          |                |
|--------------------------|----------------|
| Voltaje de alimentación: | 5 / 3,3 V      |
| Dimensiones:             | 51 x 30 x 4 mm |
| Peso neto:               | 10 g           |
| Color:                   | Azul           |



#### ¿Qué es un módulo lector de tarjeta SD?

Un lector SD es un dispositivo que permite emplear como almacenamiento una tarjeta SD, que podemos incorporar en nuestros proyectos de electrónica y Arduino. La lectura puede realizarse a través de bus SPI. Aunque pueden disponer de otros interfaces, como bus I2C o UART, normalmente es preferible emplear SPI por su alta tasa de transferencia.

La tensión de alimentación es de 3.3V, pero en la mayoría de los módulos se incorpora la electrónica necesaria para conectarlo de forma sencilla a Arduino, lo que frecuentemente incluye un regulador de voltaje que permite alimentar directamente a 5V.

**Ventajas:** Emplear una tarjeta SD o micro SD en con Arduino tiene la ventaja de proporcionar una memoria casi ilimitada para nuestros proyectos. Además es no volátil (es decir, resiste cuando se elimina la alimentación), y puede ser extraída y conectada a un ordenador con facilidad.



#### Conexión:

Las conexiones para el modulo SD son las siguientes:

| Módulo SD | Arduino UNO, NANO | Arduino MEGA |
|-----------|-------------------|--------------|
| GND       | GND               | GND          |
| 3.3 V     | No conectado      | No conectado |
| 5 V       | 5 V               | 5 V          |
| CS        | 4                 | 4            |
| MOSI      | 11                | 51           |
| SCK       | 13                | 52           |
| MISO      | 12                | 50           |
| GND       | GND               | GND          |

#### Código de ejemplo.

```
#include <SD.h>

File dataFile;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Serial.print(F("Iniciando SD ..."));
  if (!SD.begin(9))
  {
    Serial.println(F("Error al iniciar"));
    return;
  }
  Serial.println(F("Iniciado correctamente"));

  // Abrir fichero y mostrar el resultado
  dataFile = SD.open("datalog.txt");
  if (dataFile)
  {
    string dataLine;
    while (dataFile.available())
    {
      dataLine = dataFile.read();
      Serial.write(dataLine); // En un caso real se realizarían las acciones oportunas
    }
    dataFile.close();
  }
  else
  {
    Serial.println(F("Error al abrir el archivo"));
  }
}

void loop()
{
  // ...
}
```

|                    |   |                    |                       |
|--------------------|---|--------------------|-----------------------|
|                    | AG Electrónica S.A. de C.V.<br>República del Salvador N° 20 Segundo Piso<br>Teléfono: 5130 - 7210 |                    |                       |
| ACOTACIÓN:<br>N/A  | <a href="http://www.aguelectronica.com/">http://www.aguelectronica.com/</a>                       | ESCALA:<br>N/A     | REALIZÓ: JAFN<br>REV: |
| TOLERANCIA:<br>N/A | Módulo de lectura y escritura de tarjeta SD   |                    |                       |
| TOLERANCIA:<br>N/A | Fecha:<br>28/08/2018  | No. Parte: OKY3001 |                       |

# ANEXO I: CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO RTC

## Módulo RTC DS1302. Reloj de tiempo real (Versión 07-12-17)

### Descripción

Un módulo RTC (Real Time Clock) o "Reloj de tiempo real" consiste en un circuito integrado alimentado por una batería al cual, en todo momento, registra la fecha, día de la semana y hora al igual que un reloj digital convencional.



Reloj de Tiempo Real DS1302

Cuenta segundos, minutos, horas, días de la semana y año.

**Descripción**

El chip DS1302 contiene un reloj cuadrado de tiempo real y 51 bytes de RAM volátil. Se comunica con un microprocesador mediante una interfaz serial simple.

Sólomente se requieren 3 pines para comunicarse con el reloj y la RAM: CT (chip enable), TO (data bus) y CLK (clock clock). Los datos pueden ser transmitidos y leídos desde el chip DS1302 a una velocidad de una sola vez. El DS1302 está diseñado para operar con muy baja potencia y recibe los datos y la información del reloj con menos de 1 µW.

Para su funcionamiento se necesita un cristal de 32.768 kHz con un paquete de carga de 8 µF (véase el apartado: [Cómo conectar un reloj de tiempo real a un microprocesador](#))

**Características**

Cuenta segundos, minutos, horas, días de la semana y año.

Año bisiesto válido hasta el 2100.

Supporto hasta de 21 a 12 meses con indicador ANPM.

RAM volátil de 51 bytes.

Disipación: 8-9mW TYP.

Especificaciones Clave:

Regulador de potencia: 1 a 5 VDC, hasta de ~100 µA.

Comunicación: TTL compatible serial (clock de 1 línea).

Temperatura de Operación: 0°C a +70°C (TA).

Distribución: 5 a 100 µm (0.8 x 0.8 mm).

Se le podrá asignar por única vez una fecha, hora y día de la semana, y mediante otro sketch aparte se lo comenzará a utilizar directamente.

Vale la pena conocer las prestaciones que este módulo ofrece, pero no siempre es necesario comprar y emplear un reloj de tiempo real, bien puede registrarse el tiempo mientras corre el programa solamente empleando software y la memoria interna EEPROM, aunque durante el tiempo en que la placa este sin alimentación esto no funcionará. Por lo tanto, si se desea tener en todo momento disponibles y actualizados la fecha, día de la semana y hora independientemente de la alimentación de la placa, este componente es la solución. Para el resto de los casos se lo consideraría innecesario. Visitar la entrada [Reloj por software](#).

### Sketch de prueba configuración única

(O sea para poner el reloj en hora debemos usar este programa, y cargar en su listado la fecha y hora actual).

```

#include <DS1302.h>
// inicialización del modulo
#define CLK(2, 3, 5)
#define RST(1)

void setup() {
  // Inicialización de pines de salida
  pinMode(CLK, OUTPUT);
  pinMode(RST, OUTPUT);
}

void loop() {
  // Configuración día de la semana: Miércoles
  DS1302.write(0x00, 0x03); // Configuración hora en formato 24hrs con min
  // 00:00 (12:00 AM)
  DS1302.write(0x01, 0x00); // Configuración fecha en formato
  // día/semana/año
}

void loop() {
  digitalWrite(CLK, HIGH); // Si los pines no están bien
  digitalWrite(RST, LOW);
}

```

Luego de cargar este programa en el Arduino, nuestro Módulo DS1302 conectado al Arduino, quedará en hora y fecha correcta.

### Sketch de prueba puerto serie

```

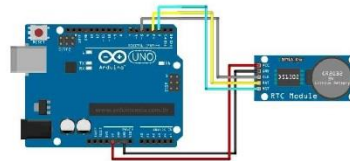
#include <DS1302.h>
// Definición de pines de salida
#define CLK(2, 3, 5)
#define RST(1)

void setup() {
  // Definición de pines de salida
  pinMode(CLK, OUTPUT);
  pinMode(RST, OUTPUT);
}

void loop() {
  // Definición de datos
  int hora, minuto, dia, mes, año;
  // Inicialización de hora
  DS1302.write(0x00, 0x00); // hora en formato 24hrs con min
  // 00:00 (12:00 AM)
  DS1302.write(0x01, 0x00); // Configuración fecha en formato
  // día/semana/año
}

void loop() {
  // Hora actual
  DS1302.read(0x00, hora); // hora en formato 24hrs con min
  DS1302.read(0x01, minuto); // minutos
  DS1302.read(0x02, dia); // día de la semana
  DS1302.read(0x03, mes); // mes
  DS1302.read(0x04, año); // año
  Serial.println(hora);
  Serial.println(minuto);
  Serial.println(dia);
  Serial.println(mes);
  Serial.println(año);
}

```



### Actividad

Para mostrar la mayor cantidad de prestaciones útiles de este módulo se presentará un sketch de prueba mediante el cual se configurarán todos los parámetros por única vez más un segundo sketch mediante el cual se consultará por separado: año, mes, día de la semana, hora, minuto y segundos para ser mostrados en un display LCD, o Monitor Serial si no se cuenta con un LCD.

El primer paso será descargar la librería de este componente, [DS1302.h](#)

Rescueque encontrará una copia en la carpeta RECURSOS del Tutor de Arduino.

Luego abrir Arduino IDE e instalar la librería como ya conocemos. (Si no recuerda vea en Apuntes).

Habiendo hecho esto pueden probarse los ejemplos desde "Menú" > Archivo > Ejemplos > DS1302", recuerde que en el IDE de Arduino cada vez que carga librerías también carga nuevos ejemplos.

O de lo contrario cargarse el primer sketch desde este apunte. Este primer sketch permite configurar la fecha y hora del Módulo DS1302.

- Placa: Arduino Uno
- IDE: V1.0.5 o superior
- Módulo: RTC DS1302

### RTC ( ) vista frontal (Conectado)



| (Vcc) | (GND) | (CLK) | (DAT) | (RST) |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| [5V]  | [GND] | [5]   | [3]   | [2]   |

```

// app
Serial.println("Inicio");
Serial.println("Hora: " + hora);
Serial.println("Minuto: " + minuto);
Serial.println("Segundo: " + segundo);
Serial.println("Día de la semana: " + dia);
Serial.println("Mes: " + mes);
Serial.println("Año: " + año);
Serial.println("Fin");
}

```

### Visualizando en Monitor Serie:



### En Proteus:

**Uso del DS1302 Prueba por Monitor Serie**  
Al simular el modulo en Proteus, toma la hora del sistema (como simulación)

Simula terminal virtual

Ajustado a 32768Hz

Módulo para Arduino con DS1302 (NO USA I2C)

Comparado con el Módulo del KIT DS1302 rts(2, 3, 5); Terminales de Arduino

MÓDULO (Vcc) (GND) (CLK) (DAT) (RST)

ARDUINO UNO [5V] [GND] [5] [3] [2]

# ANEXO J: CARACTERÍSTICAS LCD 16 TERMINALES



International Components Distributor  
A MOBICON COMPANY

TEL: JHB : (011) 493-8307  
CAPE : (021) 535-3150  
KZN : (031) 309-7686  
FAX : (011) 493-8319  
sales@mantech.co.za  
www.mantech.co.za

## I2C Interface for LCD



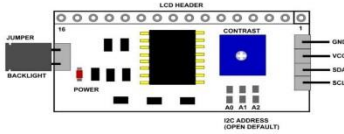
### Description:

This LCD2004 is a great I2C interface for 2,16 and 4x20 LCD displays. With the limited pin resources, your project may be out of revision using normal LCD shield. With this I2C interface LCD module, you only need 2 lines (I2C) to display the information. If you already has I2C devices in your project, this LCD module actually cost no more resources at all. Fantastic for Arduino based projects.

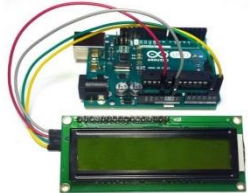
### Specification:

Compatible with 16x2 and 20x4 LCD's  
Default I2C Address = 0x27  
Address selectable - Range 0x20 to 0x27

### Board Layout:



### I2C Address Setup:

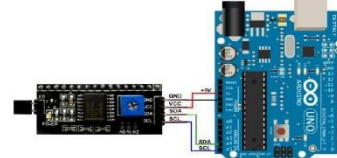
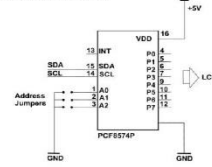


© Copyright 2017, Mantech Electronics (Pty) Ltd. All rights reserved.  
A MOBICON Company.

The LCD2004 board utilized the PCF8574 I/O expander. This nifty little chip provides eight bits of parallel I/O addressable by a I2C bus address – 0x00 to 0x27. Samsmart tied all address leads to Vcc, so the LCD2004 board's I2C address is permanently fixed at hex 27. This is rather limiting since no additional LCD2004s can be added to the bus. Anyway, you simply address the board and write an eight bit value which is then presented on the output pins of the PCF8574, which, in this case, are connected to the 16D4780 based LCD screen.

| INPUTS |    |    | I2C SLAVE ADDRESS |
|--------|----|----|-------------------|
| A2     | A1 | A0 | ADDRESS           |
| L      | L  | L  | 0x28              |
| L      | L  | H  | 0x21              |
| L      | H  | L  | 0x22              |
| L      | H  | H  | 0x23              |
| H      | L  | L  | 0x24              |
| H      | L  | H  | 0x25              |
| H      | H  | L  | 0x26              |
| H      | H  | H  | 0x27              |

H = Open Jumper L = Close Jumper



```
// Arduino Code
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,2,1,0,4,5,6,7,3, POSITIVE); // Initialize LCD Display at address 0x27
// unmodified backpack

void setup() {
  // activate LCD module
  lcd.begin(16,2); // for 16 x 2 LCD module
  lcd.setBacklightPwm(3, POSITIVE);
  lcd.setBacklight(HIGH);
}

void loop() {
  lcd.home(); // set cursor to 0,0
  lcd.print(" Hello, world!");
  lcd.setCursor(0,1); // go to start of 2nd line
  lcd.print(millis());
  delay(1000);
  lcd.setBacklight(LOW); // Backlight off
  delay(500);
  lcd.setBacklight(HIGH); // Backlight on

  delay(1000);
} // END
```

Check for more info at  
<https://arduino-info.wikispaces.com/LCD-Blue-I2C>

© Copyright 2017, Mantech Electronics (Pty) Ltd. All rights reserved.  
A MOBICON Company.



# ANEXO K: LM7805

## LM340, LM340A and LM7805 Family Wide V<sub>IN</sub> 1.5-A Fixed Voltage Regulators

- ### 1 Features
- Output Current up to 1.5 A
  - Available in Fixed 5-V, 12-V, and 15-V Options
  - Output Voltage Tolerances of  $\pm 2\%$  at  $T_J = 25^\circ\text{C}$  (LM340A)
  - Line Regulation of 0.01% / V at 1-A Load (LM340A)
  - Load Regulation of 0.3% / A (LM340A)
  - Internal Thermal Overload, Short-Circuit and SOA Protection
  - Available in Space-Saving SOT-223 Package
  - Output Capacitance Not Required for Stability

- ### 2 Applications
- Industrial Power Supplies
  - SMPS Post Regulation
  - HVAC Systems
  - AC Inverters
  - Test and Measurement Equipment
  - Brushed and Brushless DC Motor Drivers
  - Solar Energy String Inverters

### 3 Description

The LM340 and LM7805 Family monolithic 3-terminal positive voltage regulators employ internal current-limiting, internal shutdown and soft-area compensation, making them essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1.5-A output current. They are intended as fixed voltage regulators in a wide range of applications including local (on-card) regulation for elimination of noise and distribution problems associated with single-point regulation. In addition to use as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable output voltages and currents.

Considerable effort was expended to make the entire series of regulators easy to use and minimize the number of external components. It is not necessary to bypass the output, although this does improve transient response. Input bypassing is needed only if the regulator is located far from the filter capacitor of the power supply.

LM7805 is also available in a higher accuracy and better performance version (LM340A). Refer to LM340A specifications in the LM340A Electrical Characteristics table.

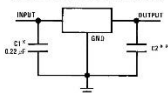


### Device Information<sup>(1)</sup>

| PART NUMBER   | PACKAGE           | BODY SIZE (NOM)      |
|---------------|-------------------|----------------------|
| LM340x        | DOPAK(TO-263) (3) | 10.18 mm × 8.41 mm   |
| LM340x        | SOT223 (4)        | 6.50 mm × 3.20 mm    |
| LM7805 Family | TO-220 (5)        | 14.985 mm × 10.16 mm |
|               | TO-3 (7)          | 38.94 mm × 25.40 mm  |

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the data sheet.

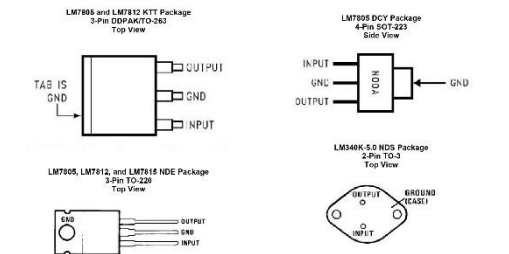
### Fixed Output Voltage Regulator



\*Required if the regulator is located far from the power supply filter.  
 \*Although no output capacitor is needed for stability, it does help transient response. (If needed, use 0.1- $\mu\text{F}$  ceramic disc.)

**IMPORTANT NOTICE:** At the end of this data sheet addresses availability, warranty, changes, use in safety-critical applications, intellectual property matters and other important disclosures. PRODUCTION DATA.

## 5 Pin Configuration and Functions



### Pin Functions

| NAME   | PIN NO. | IO | DESCRIPTION        |
|--------|---------|----|--------------------|
| INPUT  | 1       | I  | Input voltage pin  |
| GND    | 2       | IO | Ground pin         |
| OUTPUT | 3       | O  | Output voltage pin |

## Table of Contents

|   |    |   |    |
|---|----|---|----|
| 1 Features  | 1  | 7.3 Feature Description                                   | 12 |
| 2 Applications  | 1  | 7.4 Device Functional Modes                               | 12 |
| 3 Description   | 1  | 8 Application and Implementation                          | 13 |
| 4 Revision History  | 2  | 8.1 Application Information                               | 13 |
| 5 Pin Configuration and Functions   | 3  | 8.2 Typical Applications                                  | 14 |
| 6 Specifications  | 4  | 8.3 System Examples                                       | 15 |
| 6.1 Absolute Maximum Ratings  | 4  | 9 Power Supply Recommendations                            | 17 |
| 6.2 ESD Ratings   | 4  | 10 Layout   | 17 |
| 6.3 Recommended Operating Conditions  | 4  | 10.1 Layout Guidelines                                    | 17 |
| 6.4 Thermal Information   | 4  | 10.2 Layout Example                                       | 17 |
| 6.5 LM340A Electrical Characteristics   | 5  | 10.3 Heat-Sinking DOPAK(TO-263) and SOT-223 Package Parts | 18 |
| 6.6 LM340 / LM7805 Electrical Characteristics, V <sub>O</sub> = 5 V, V <sub>I</sub> = 10 V  | 5  | 11 Device and Documentation Support                       | 20 |
| 6.7 LM340 / LM7812 Electrical Characteristics, V <sub>O</sub> = 12 V, V <sub>I</sub> = 19 V | 7  | 11.1 Documentation Support                                | 20 |
| 6.8 LM340 / LM7815 Electrical Characteristics, V <sub>O</sub> = 15 V, V <sub>I</sub> = 23 V | 8  | 11.2 Related Links  | 20 |
| 6.9 Typical Characteristics   | 9  | 11.3 Receiving Notification of Documentation Updates      | 20 |
| 7 Detailed Description  | 12 | 11.4 Community Resources                                  | 20 |
| 7.1 Overview  | 12 | 11.5 Trademarks   | 20 |
| 7.2 Functional Block Diagram  | 12 | 11.6 Electrostatic Discharge Caution                      | 20 |
|   |    | 11.7 Glossary   | 20 |
|   |    | 12 Mechanical, Packaging, and Orderable Information       | 21 |

## 4 Revision History

NOTE: Page numbers for previous revisions may differ from page numbers in the current version.

| Changes from Revision K (November 2015) to Revision L                                      | Page |
|--|------|
| • Changed prout number order for the TO-220 and SOT-223 packages from: 2, 3, 1 to: 1, 2, 3 | 1    |

| Changes from Revision J (December 2013) to Revision K  | Page |
|--|------|
| • Added ESD Ratings table, Thermal Information table, Feature Description section, Device Functional Modes, Application and Implementation section, Power Supply Recommendations section, Layout section, Device and Documentation Support section, and Mechanical, Packaging, and Orderable Information section | 1    |
| • Deleted obsolete LM140 and LM7805C devices from the data sheet   | 1    |
| • Changed Figure 13 caption from Line Regulation 1404K-5.0 to Line Regulation LM340  | 11   |
| • Changed Figure 14 caption from Line Regulation 1404K-5.0 to Line Regulation LM340  | 11   |

| Changes from Revision I (March 2013) to Revision J | Page |
|--|------|
| • Changed 0.5 from typ to max                      | 5    |

## 6 Specifications

### 6.1 Absolute Maximum Ratings

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)<sup>(1)(2)</sup>

|   | MIN                | MAX | UNIT |
|---|--------------------|-----|------|
| DC input voltage                          |                    | 35  | V    |
| Internal power dissipation <sup>(3)</sup> | Internally Limited |     |      |
| Maximum junction temperature              |                    | 150 | °C   |
| Lead temperature (soldering, 10 sec.)     |                    | 300 | °C   |
|   | TO-3 package (NDS) | 300 | °C   |
| Storage temperature                       |                    | -65 | 150  |
|   |                    |     | °C   |

- Stresses beyond those listed under Absolute Maximum Ratings may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, which do not imply functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under recommended operating conditions. Exposure to absolute maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.
- If Miller/accelerance sensitive devices are required, please contact the Texas Instruments Sales Office distributor for availability and some restrictions.
- The maximum allowable power dissipation at any ambient temperature is a function of the maximum junction temperature for operation ( $T_{J(max)} = 125^\circ\text{C}$  or  $150^\circ\text{C}$ ), the junction-to-ambient thermal resistance ( $\theta_{JA}$ ), and the ambient temperature ( $T_A$ ).  $P_{D(max)} = (T_{J(max)} - T_A) / \theta_{JA}$ . If this equation is exceeded, the die temperature rises above  $T_{J(max)}$  and the electrical specifications do not apply. If the die temperature rises above  $150^\circ\text{C}$ , the device goes into thermal shutdown. For the TO-3 package (NDS), the junction-to-ambient thermal resistance ( $\theta_{JA}$ ) is  $30^\circ\text{C/W}$ . When using a heat sink,  $\theta_{JA}$  is the sum of the  $4^\circ\text{C/W}$  junction-to-case thermal resistance ( $\theta_{JC}$ ) of the TO-3 package and the case-to-ambient thermal resistance of the heat sink. For the TO-220 package (NDS),  $\theta_{JA}$  is  $54^\circ\text{C/W}$  and  $\theta_{JC}$  is  $4^\circ\text{C/W}$ . If SOT-223 is used, the junction-to-ambient thermal resistance is  $172^\circ\text{C/W}$  and can be reduced by a heat sink (see Applications Information on heat sinking). If the DOPAK(TO-263) package is used, the thermal resistance can be reduced by increasing the PCB copper area thermally connected to the package. Using 0.6 square inches of copper area,  $\theta_{JA}$  is  $60^\circ\text{C/W}$ ; with 1 square inch of copper area,  $\theta_{JA}$  is  $37^\circ\text{C/W}$ ; and with 1.6 or more inches of copper area,  $\theta_{JA}$  is  $32^\circ\text{C/W}$ .

### 6.2 ESD Ratings

|                  | VALUE   | UNIT    |
|------------------|---|---------|
| V <sub>ESD</sub> | Electrostatic discharge Human-body model (HBM) <sup>(1)</sup> | ±2000 V |

(1) ESD rating is based on the human-body model, 100 pF discharge through 1.5 k $\Omega$ .

### 6.3 Recommended Operating Conditions

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

| Temperature (T <sub>A</sub> ) | MIN | MAX | UNIT |
|-------------------------------|-----|-----|------|
| LM340A, LM340                 | 0   | 125 | °C   |

### 6.4 Thermal Information

| THERMAL METRIC <sup>(1)</sup>                                       | LM340, LM7805 Family |                            |                      |                   | UNIT |
|---|----------------------|----------------------------|----------------------|-------------------|------|
|   | NDS (TO-220) 3 PINS  | KTT (DOPAK(TO-263)) 3 PINS | DCY (SOT-223) 4 PINS | NDS (TO-3) 2 PINS |      |
| R <sub>JA</sub> Junction-to-ambient thermal resistance              | 23.9                 | 44.8                       | 82.1                 | 38                | °C/W |
| R <sub>JC(case top)</sub> Junction-to-case (top) thermal resistance | 10.7                 | 45.6                       | 44                   | 2                 | °C/W |
| R <sub>JA</sub> Junction-to-board thermal resistance                | 5.3                  | 25.4                       | 10.7                 | —                 | °C/W |
| $\theta_{JA}$ Junction-to-top characterization parameter            | 3.2                  | 11.2                       | 2.7                  | —                 | °C/W |
| $\theta_{JB}$ Junction-to-board characterization parameter          | 5.3                  | 23.4                       | 10.6                 | —                 | °C/W |
| R <sub>CS(amb)</sub> Junction-to-case (bottom) thermal resistance   | 1.7                  | 1.5                        | —                    | —                 | °C/W |

(1) For more information about traditional and new thermal metrics, see the Semiconductor and IC Package Thermal Metrics application report.

# ANEXO L: LM 7833



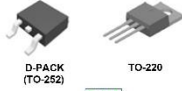
## 1A Positive Voltage Regulator

LM7833/LM7847

### 1A Positive Voltage Regulator

#### General Description

- The TCI LM78XX family is monolithic fixed voltage regulator integrated circuit. They are suitable for applications that required supply current up to 1A.
- The LM78M is available in D-PACK (TO-252) and TO-220 packages.



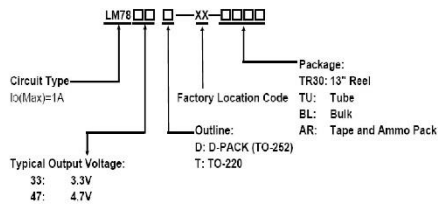
#### Features

- Output Current up to 1A
- Fixed output voltage of 3.3V and 4.7V available
- Thermal overload shutdown protection
- Short circuit current limiting
- Output transistor SOA protection
- RoHS Compliance

#### Applications

- High Efficiency Linear Regulator
- Post Regulation for Switching Supply
- Microprocessor Power Supply
- Mother Board

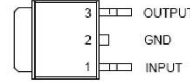
#### Ordering Information



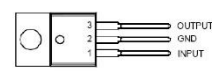
## 1A Positive Voltage Regulator

LM7833/LM7847

#### Pin Configuration

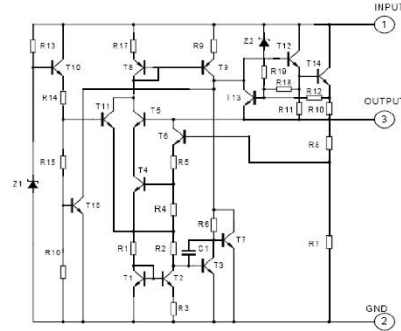


Outline: D  
D-PACK  
(TO-252)



Outline: T  
TO-220

#### Block Diagram



## 1A Positive Voltage Regulator

LM7833/LM7847

#### Absolute Maximum Ratings

| Symbol    | Description                 | Typical Values                        | Min. Ratings       | Max. Ratings | Unit |
|-----------|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------|--------------|------|
| $V_{IN}$  | Input Voltage               | $V_{OUT}=3.3-18V$<br>$V_{OUT}=20-24V$ | 35                 | 40           | V    |
| $I_{OUT}$ | Output Current              |                                       | 1                  |              | A    |
| $P_D$     | Power Dissipation           | D-PACK (TO-252)<br>TO-220             | Internally Limited |              | mW   |
| $T_J$     | Junction Temperature        |                                       | 150                |              | °C   |
| $T_{OPR}$ | Operating Temperature Range |                                       | -20                | 150          | °C   |
| $T_{STG}$ | Storage Temperature Range   |                                       | -55                | 150          | °C   |

**Note:** 1. Absolute maximum ratings are stress ratings only and functional device operation is not implied. The device could be damaged beyond Absolute maximum ratings.  
2. The maximum steady state usable output current are dependent on input voltage, heat sinking, lead length of the package and copper pattern of PCB. The data are showed as electrical characteristics table represents pulse test conditions with junction temperatures specified at the initiation of test.

#### Electrical Characteristics ( $T_J=25^\circ C$ , $P_D \leq 15W$ , unless otherwise specified)

For LM7833 ( $V_{IN}=5.8V$ ,  $I_{OUT}=0.5A$ ,  $C_1=0.33\mu F$ ,  $C_2=0.1\mu F$ )

| Symbol                   | Description                          | LM7833 |      |       | Unit    | Test Conditions                           |
|--------------------------|--------------------------------------|--------|------|-------|---------|---|
|                          |                                      | Min.   | Typ. | Max.  |         |   |
| $V_{OUT}$                | Output Voltage                       | 3.168  | 3.30 | 3.432 | V       | $I_{OUT}=5mA-1.0A$                        |
| $\Delta V_{OUT}$         | Load Regulation                      | -      | -    | 33    | mV      | $I_{OUT}=5mA-1.0A$                        |
| $\Delta V_{OUT}$         | Line Regulation                      | -      | -    | 17    | mV      | $I_{OUT}=0.25A-0.75A$                     |
| $I_Q$                    | Quiescent Current                    | -      | -    | 8.0   | mA      | $I_{OUT} \leq 1.0A$                       |
| $\Delta I_Q$             | Quiescent Current Change             | -      | -    | 1.0   | mA      | $5.8V \leq V_{IN} \leq 18.3V$             |
| eN                       | Output Noise Voltage                 | -      | 55   | -     | $\mu V$ | $10Hz \leq f \leq 100KHz$                 |
| $\Delta V_{OL}/\Delta T$ | Temperature coefficient of $V_{OUT}$ | -      | -0.4 | -     | mV/°C   | $I_{OUT}=5mA$                             |
| RR                       | Ripple Rejection                     | -      | 57   | -     | dB      | $6.3V \leq V_{IN} \leq 16.3V$ , $f=120Hz$ |
| $I_{PEAK}$               | Peak Output Current                  | -      | 1.8  | -     | A       | -   |
| $I_{SC}$                 | Short-Circuit Current                | -      | 250  | -     | mA      | $V_{IN}=35V$                              |
| $V_D$                    | Dropout Voltage                      | -      | 2.0  | -     | V       | -   |



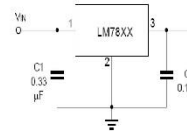
## 1A Positive Voltage Regulator

LM7833/LM7847

For LM7847 ( $V_{IN}=9.7V$ ,  $I_{OUT}=0.5A$ ,  $C_1=0.33\mu F$ ,  $C_2=0.1\mu F$ )

| Symbol                   | Description                          | LM7847 |      |       | Unit    | Test Conditions                                    |
|--------------------------|--------------------------------------|--------|------|-------|---------|--|
|                          |                                      | Min.   | Typ. | Max.  |         |  |
| $V_{OUT}$                | Output Voltage                       | 4.512  | 4.70 | 4.888 | V       | $I_{OUT}=5mA-1.0A$                                 |
| $\Delta V_{OUT}$         | Load Regulation                      | -      | -    | 47    | mV      | $7.2V \leq V_{IN} \leq 19.7V$ , $I_{OUT}=5mA-1.0A$ |
| $\Delta V_{OUT}$         | Line Regulation                      | -      | -    | 24    | mV      | $I_{OUT}=0.25A-0.75A$                              |
| $I_Q$                    | Quiescent Current                    | -      | -    | 8.0   | mA      | $I_{OUT} \leq 1.0A$                                |
| $\Delta I_Q$             | Quiescent Current Change             | -      | -    | 1.0   | mA      | $7.2V \leq V_{IN} \leq 19.7V$                      |
| eN                       | Output Noise Voltage                 | -      | 40   | -     | $\mu V$ | $10Hz \leq f \leq 100KHz$                          |
| $\Delta V_{OL}/\Delta T$ | Temperature coefficient of $V_{OUT}$ | -      | -0.6 | -     | mV/°C   | $I_{OUT}=5mA$                                      |
| RR                       | Ripple Rejection                     | 62     | 80   | -     | dB      | $7.7V \leq V_{IN} \leq 17.7V$ , $f=120Hz$          |
| $I_{PEAK}$               | Peak Output Current                  | -      | 1.8  | -     | A       | -  |
| $I_{SC}$                 | Short-Circuit Current                | -      | 250  | -     | mA      | $V_{IN}=35V$                                       |
| $V_D$                    | Dropout Voltage                      | -      | 2.0  | -     | V       | -  |

#### Typical Application



Note: Bypass capacitors are recommended for optimum stability and transient response and should be located as close as possible to the regulators.



## ANEXO M: CÓDIGO NODO MÁSTER MILU-EMC

```
////////////////////////////////////
//// NODO MASTER
////TEST COMUNICACION XBEE
////AÑADIR LIBRERIA XBEE
#include <XBee.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include "LowPower.h"
#include "ThingSpeak.h" // AGREGAR
LIBRERIA ThingSpeak
#include <ESP8266WiFi.h> // AGREGAR
LIBRERIA ESP8266wifi
#include <stdlib.h>
#include "SIM900.h"
#include "sms.h"
MSGSMS sms;
#define B0 9
#define B1 8
#define B2 12
#define B3 13
#define B4 A4
#define B5 A5
int dipPins[] = {B0, B1, B2, B3, B4, B5};
////////////////////////////////////
int data1=10;
int data2=20;
int data3=30;
int data4=40;
int data5=50;
int data6=60;
int data7=70;
int data[7];

SoftwareSerial ser(2,3);
////////////////////////////////////
char ssid[] = "Barney"; // NOMBRE DE
LA RED WIFI
char pass[] = "corei52.8"; //
CONTRASEÑA
unsigned long myChannelNumber =
1257351; // Thingspeak ID DEL CANAL
const char * myWriteAPIKey =
"N9SRTNAKOCMZ92Z";
int status = WL_IDLE_STATUS;

WiFiClient client;

////////////////////////////////////
int data[7];
String st1, st2, st3, st4, st5, st6, st7;

void setup()
{
////////////////////////////////////
////////////////////////////////////
#define uint unsigned int
#define ulong unsigned long
////////////////////////////////////
CON QUE FRECUENCIA SE
CALCULARA LA VELOCIDAD O LA
DIRECCION DEL VIENTO
#define MSECS_CALC_WIND_SPEED
5000
#define MSECS_CALC_WIND_DIR
5000
volatile int numRevsAnemometer = 0; //
Incremented in the interrupt
ulong nextCalcSpeed; // When we
next calc the wind speed
ulong nextC

//Definiciones RED
#define NUM_NODOS 2
#define NUM_ROUTERS 1

//Declaración de constantes generales
const unsigned int LED_SENALIZADOR
= 3;
const unsigned int LED_ERROR = 2;
const unsigned int BAUD_RATE = 57600;
const float ALIMENTACION = 5.0;

//Constantes principales
int i = 0;
byte origen = 0 ;
byte padre = 0 ;

//Estructura de payload (datos a enviar)
// Payload conformado por:
// Byte id nodo, Byte padre nodo, Bytes
temperatura, Bytes humedad.
// En total 30 bytes.
byte buffer[] = { 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0 };

//Creación de estructura de datos
union u_tag1
{
byte s1[4];
int fs1;
} datos1;

union u_tag2
{
byte s2[4];
int fs2;
```





```

Serial.println("Monitoreo de Red de
Sensores");
Serial.println();
obtener_ID();
nextCalcDir = millis() +
MSECS_CALC_WIND_DIR;
};

void
loop()////////////////////////////////////
////////////////////////////////////
{

//Esperamos hasta 500 milisegundos para
determinar si se ha recibido
//un mensaje en el XBee Coordinador
xbee.readPacket(500);
if (xbee.getResponse().isAvailable())
{
//Se obtuvo una respuesta
//Serial.println("Recibido");
//Debe haber un valor de znet en rx status
if (xbee.getResponse().getApiId() ==
ZB_RX_RESPONSE)
{

xbee.getResponse().getZBRxResponse(rx);
if (rx.getOption() ==
ZB_PACKET_ACKNOWLEDGED)
{
//El nodo que envía datos recibió un
ACK (fue reconocido)
parpadeo_led(LED_SENALIZADOR,
10, 10);
}
else
{
//El nodo que envía datos no recibió un
ACK (no fue reconocido)
parpadeo_led(LED_ERROR, 2, 20);
}
//Llenamos array buffer con datos
provenientes en puerto serial XBee
for (i = 0; i < 30; i++)
{
buffer[i] = rx.getData(i);
}
//Determinamos ID Nodo Origen de
Informacion
origen = buffer[0];
if (origen >= 'A') origen = origen - 'A' +
NUM_ROUTERS + 1;
//Asignamos timeout a nodo actual
nodo[origen].timeout = NUM_NODOS;

```

```

//Asignamos valor de nodo padre a
nodo actual
nodo[origen].padre = buffer[1];
//Llenamos estructura de datos con
demás datos provenientes de Router
for ( i = 0; i < 4; i++)
{
datos1.s1[i] = buffer[i + 2];
}
nodo[origen].grupo1 = datos1.fs1;
for ( i = 0; i < 4; i++)
{
datos2.s2[i] = buffer[i + 6];
}
nodo[origen].grupo2 = datos2.fs2;
for ( i = 0; i < 4; i++)
{
datos3.s3[i] = buffer[i + 10];
}
nodo[origen].grupo3 = datos3.fs3;
for ( i = 0; i < 4; i++)
{
datos4.s4[i] = buffer[i + 14];
}
nodo[origen].grupo4 = datos4.fs4;
for ( i = 0; i < 4; i++)
{
datos5.s5[i] = buffer[i + 18];
}
nodo[origen].grupo5 = datos5.fs5;
for ( i = 0; i < 4; i++)
{
datos6.s6[i] = buffer[i + 22];
}
nodo[origen].grupo6 = datos6.fs6;
for ( i = 0; i < 4; i++)
{
datos7.s7[i] = buffer[i + 26];
}
nodo[origen].grupo7 = datos7.fs7;
}
//Si se encuentra otro tipo de mensaje
//(Control, Error, Desconocido, etc)
//El LED_ERROR parpadea para
indicarlo
else if (xbee.getResponse().getApiId() ==
MODEM_STATUS_RESPONSE)
{

xbee.getResponse().getModemStatusRespo
nse(msr); if (msr.getStatus() ==
ASSOCIATED)
{
parpadeo_led(LED_ERROR, 10, 10);
}
}

```

```

else if (msr.getStatus() ==
DISASSOCIATED)
{
  parpadeo_led(LED_ERROR, 10, 10);
}
else
{
  parpadeo_led(LED_ERROR, 5, 10);
}
}
else
{
  parpadeo_led(LED_ERROR, 1, 25);
}
}
////////////////////////////////////dir viento
time = millis();

if (time >= nextCalcSpeed)
{

}

if (time >= nextCalcDir)
{
  calcWindDir();
  nextCalcDir = time +
MSECS_CALC_WIND_DIR;
}
////////////////////////////////////
//Presentamos datos via monitor serie:

////////////////////////////////////
////
Serial.println("-----
---");
////////////////////////////////////
////////////////////////////////////DATOS A LA NUBE

////////////////////////////////////
///
Serial.print("velocidad: ");
int val1 = nodo[1].grupo1;
Serial.print(val1);
Serial.println();
//-----
-----
Serial.print("posicion: ");
int val2 = nodo[1].grupo2;
Serial.print(val2);
Serial.println();
//-----
-----
Serial.print("Temperatura: ");
int val3 = nodo[1].grupo3;
Serial.print(val3);

```

```

Serial.println();
//-----
-----
Serial.print("Humedad: ");
int val4 = nodo[1].grupo4;
Serial.print(val4);
Serial.println();
//-----
-----
Serial.print("Presion: ");
int val5 = nodo[1].grupo5;
Serial.print(val5);
Serial.println();
//-----
-----
Serial.print("altura: ");
int val6 = nodo[1].grupo6;
Serial.print(val6);
Serial.println();
//-----
-----
////////////////////////////////////
data[0]=val1;
data[1]=val2;
data[2]=val3;
data[3]=val4;
data[4]=val5;
data[5]=val6;

for(int i = 0; i < 6; i++)
{
  ser.print(data[i]);
  ser.print(",");
}
ser.println(data[6]);
delay(1000);
////////////////////////////////////
//Actualizamos timeout en los nodos
actualizar_nodos();
}
////////////////////////////////////
void calcWindDir()
{
  int val_2;
  byte x, reading;

  val_2 = nodo[1].grupo2;
  val_2 >>=2; // Shift to 255
  range
  reading = val_2;

```

```

// Look the reading up in directions table.
Find the first value
// that's >= to what we got.
for (x=0; x<NUMDIRS; x++)
{
  if (adc[x] >= reading)
    break;
}
//Serial.println(reading, DEC);
x = (x + dirOffset) % 8; // Adjust for
orientation
Serial.print(" Dir de viento: ");
Serial.print(strVals[x]);
Serial.println(" ");

}
////////////////////////////////////
//Función para decrementar el tiempo de
espera en los nodos
void actualizar_nodos()
{
  for (i = 0; i < NUM_NODOS; i++)
  {
    if (nodo[i].timeout > 0)
    {
      nodo[i].timeout -= 1;
    }
  }
}

```

```

//Función que controla el parpadeo de led
void parpadeo_led(int pin, int times, int
wait)
{
  for (int i = 0; i < times; i++)
  {
    digitalWrite(pin, HIGH);
    delay(wait); digitalWrite(pin, LOW);
    if (i + 1 < times) {
      delay(wait);
    }
  }
}

```

```

xbee.send(atRequest);

```

```

//Esperamos hasta 500 ms para la
respuesta del estado

```

```

if (xbee.readPacket(500))
{
  //Hay una respuesta
  //Deberia ser una respuesta al comando
AT
  if (xbee.getResponse().getApiId() ==
AT_COMMAND_RESPONSE)
  {
    xbee.getResponse().getAtCommandRespon
se(atResponse);
    //Si el valor de la respuesta at es Ok
    if (atResponse.isOk())
    {
      if (atResponse.getValueLength() > 0)
      {
        //Calculamos el valor de id del nodo
        id = atResponse.getValue()[0] - '0';
      }
    }
  }
}
for (int i = 0; i < 61; i++)
LowPower.powerDown(SLEEP_4S,
ADC_OFF, BOD_OFF);
}

```

## ANEXO N: CÓDIGO NODO SENSOR MILU-EMC

```
/////////////////////////////////CODIGO MILU-EMC          //DECLARAMOS LA ESTRUCTURA DE
SENSORES                                             DATOS
/////////////////////////////////LIBRERIAS              //TEMPERATURA
#include <String.h>                                  union u_tag1
#include<SoftwareSerial.h>                           {
#include<LiquidCrystal.h>                           byte t[4];//4 ---> NUMERO BYTES EN EL
#include <XBee.h>                                     QUE SE DECLARO
#include "DHT.h" //librería DHT                      float ftemp;
#include <SFE_BMP180.h>                               } datos1;
#include <Wire.h>                                     //HUMEDAD
/////////////////////////////////                      union u_tag2
SoftwareSerial mySerial1(2, 3);///2,3                {
SFE_BMP180 bmp180;                                  byte h[4];//4 ---> NUMERO BYTES EN
//#define temperatura A0                             EL QUE SE DECLARO
#define sensor A1                                    float fhum;
#define DHTPIN A0 //SELECCION DE PIN                 } datos2;
PARA EL SENSOR                                       //ALTITUD
#define DHTTYPE DHT11 //SELECCION                   union u_tag3
DEL SENSOR DHT11                                     {
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);                           byte t[4];//4 ---> NUMERO BYTES EN EL
//VARIABLE PARA COMUNICARSE                          QUE SE DECLARO
ARDUINO Y EL SENSOR                                float falt;
LiquidCrystal lcd(11, 10, 4, 5, 6, 7);              } datos3;
/////////////////////////////////                      //PRESION
//DEFINIR DH_Coordinador                             union u_tag4
#define DH_COORDINADOR                               {
0x0013A200                                           byte t[4];//4 ---> NUMERO BYTES EN EL
//DEFINIR DL_Coordinador                             QUE SE DECLARO
#define DL_COORDINADOR                               float fpre;
0x4167295F                                           } datos4;
//DECLARAMOS CONSTANTES                             //VELOCIDAD DE VIENTO
GENERALES                                           union u_tag5
const unsigned int BAUD_RATE = 57600;                {
const float ALIMENTACION = 5.0;                      byte t[4];//4 ---> NUMERO BYTES EN EL
/////////////////////////////////                      QUE SE DECLARO
float fvel;
```

```

} datos5;

//DIRECCION DE VIENTO
union u_tag6
{
byte t[4];//4 ---> NUMERO BYTES EN EL
QUE SE DECLARO
float fdir;
} datos6;

//Declaracion de constantes para ejecucion
de programa
int i = 0;

//ESTRUCTURA DE DATOS A ENVIAR
// BYTES TEMPERATURA, BYTES
HUMEDAD, BYTES ALTITUD, BYTES
PRESION, BYTES VELOCIDAD DE
VIENTO, BYTES DIRECCION DE
VIENTO
byte datos[] = { 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0 };

//PARAMETROS XBEE
XBee = XBee(); //CREACION XBEE
XBeeAddress64 direccion64 =
XBeeAddress64( DH_COORDINADOR,
DL_COORDINADOR); // DIRECCION
XBEE 64bits
ZBTxRequest zbTx =
ZBTxRequest(direccion64, datos,
sizeof(datos)); //REQUERIMIENTO
PARA LA TRANSMISION XBEE
ZBTxStatusResponse txStatus =
ZBTxStatusResponse(); //SOLICITUD DE
DATO DE ESTADO PARA
TRANSMISION XBEE

//PUERTO SERIE PARA XBEE
SoftwareSerial XBeeSerial(A3, A2); // RX,
TX
//RX EN ARDUINO --- DOUT XBEE PIN
2
//TX EN ARDUINO --- DIN XBEE PIN 3
void setup()
{
pinMode(sensor, INPUT);
////////////////////////////////////
Serial.begin(9600);
bmp180.begin()
//SERIAL PARA XBEE
XBeeSerial.begin(BAUD_RATE);
//ESTABLECER XBEE
xbec.setSerial(XBeeSerial);
////////////////////////////////////
///INICIALIZAMOS LCD 16
COLUMNAS POR 2 FILAS
lcd.begin(16, 2);
lcd.setCursor(5,0); //CURSOR EN LA
PRIMERA FILA A LA IZQUIERDA
lcd.print("ESPOCH");
lcd.setCursor(2,1);
lcd.print("Nodo Sensor");//MENSAJE
INICIAL
delay(2000); //ESPERA DE 2 SEGUNDOS
lcd.clear(); //BORRAMOS LA
PANTALLA
////////////////////////////////////
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("T:");
lcd.setCursor(5, 0);
lcd.print("H:");
lcd.setCursor(12, 0);
lcd.print("P:");
lcd.setCursor(0, 1);

```

```

lcd.print("A:");
lcd.setCursor(7, 1);
lcd.print("D:");
lcd.setCursor(12, 1);
lcd.print("V:");
////////////////////////////////////
////////

void loop()
{

//OBTENER TEMPERATURA
datos1.ftemp =
get_temp();//ADJUNTAMOS A LA
ESTRUCTURA
//OBTENER HUMEDAD
datos2.fhum =
get_hum();//ADJUNTAMOS A LA
ESTRUCTURA
//OBTENER ALTITUD
datos3.falt = get_alt();//ADJUNTAMOS A
LA ESTRUCTURA
//OBTENER PRESION
datos4.fpre = get_pre();//ADJUNTAMOS
A LA ESTRUCTURA
//OBTENER VELOCIDAD
datos5.fvel = get_vel();//ADJUNTAMOS A
LA ESTRUCTURA
//OBTENER DIRECCION
datos6.fdir = get_dir();//ADJUNTAMOS A
LA ESTRUCTURA
//COMENZAMOS A RELLENAR LA
TRAMA DE DATOS
datos[0] = 0;
//ASIGNAMOS VALOR DE
TEMPERATURA A LA TRAMA

for (i = 0; i < 7; i++)
{
datos[i + 1] = datos1.t[i];
}
//ASIGNAMOS VALOR DE HUMEDAD
A LA TRAMA
for (i = 0; i < 7; i++)
{
datos[i + 2] = datos2.h[i];
}
//ASIGNAMOS VALOR DE ALTITUD A
LA TRAMA
for (i = 0; i < 7; i++)
{
datos[i + 3] = datos3.h[i];
}
//ASIGNAMOS VALOR DE PRESION A
LA TRAMA
for (i = 0; i < 7; i++)
{
datos[i + 4] = datos4.h[i];
}
//ASIGNAMOS VALOR DE
VELOCIDAD A LA TRAMA
for (i = 0; i < 7; i++)
{
datos[i + 5] = datos5.h[i];
}
//ASIGNAMOS VALOR DE DIRECCION
A LA TRAMA
for (i = 0; i < 7; i++)
{
datos[i + 6] = datos6.h[i];
}
//ENVIAMOS TRAMA DE DATOS
xbee.send(zbTx);
//ENCENDER LED ENVIO DE DATOS

```



```

//FUNCION PARA LEER EL VALOR DE
ALTITUD
const float get_alt()
{

int bmp180.startPressure();I
int valorAltitud = map(analogRead(sensor),
0, 1023, 100, 0);
int h = valorAltitud;
lcd.setCursor(7, 0);
lcd.print(h);
//Serial.println(h);
return (h);
}

inputSeveral[0] = 0;
maxChars = buffSize - 1; // use full size of
buffer for this function
byte charCount = 0;
byte ndx = 0;
if (s.available() > 0)
{
while (s.available() > 0)
{
if (ndx > maxChars - 1)
{
ndx = maxChars;
}
inputSeveral[ndx] = s.read();
ndx ++;
charCount ++;
}
if (ndx > maxChars)
{
ndx = maxChars;
}
inputSeveral[ndx] = 0;

```

```

}
Serial.print(inputSeveral);
char * partOfString;
partOfString = strtok(inputSeveral, ",");
st1 = partOfString;
partOfString = strtok(NULL, ",");
st2 = partOfString;
partOfString = strtok(NULL, ",");
st3 = partOfString;
partOfString = strtok(NULL, ",");
st4 = partOfString;
partOfString = strtok(NULL, ",");
st5 = partOfString;
partOfString = strtok(NULL, ",");
st6 = partOfString;
partOfString = strtok(NULL, ",");
st7 = partOfString;
Serial.println(st1);
Serial.println(st2);
Serial.println(st3);
Serial.println(st4);
Serial.println(st5);
Serial.println(st6);
Serial.println(st7);
////////////////////////////////////
int vel = st1.toInt();
int pos = st2.toInt();
int temp = st3.toInt();
int hum = st4.toInt();
int pre = st5.toInt();
int alt = st6.toInt();
// Carga los valores a enviar
ThingSpeak.setField(1, vel);
ThingSpeak.setField(2, pos);
ThingSpeak.setField(3, temp);
ThingSpeak.setField(4, hum);
ThingSpeak.setField(5, pre);

```



```
ThingSpeak.setField(6, alt);

// Escribe todos los campos a la vez.
ThingSpeak.writeFields(myChannelNumber, myWriteAPIKey);

Serial.println(";Datos enviados a ThingSpeak!");

// Añadimos un retraso para limitar el número de escrituras en ThingSpeak

int duracionDelay = 300; //En segundos
for (int i = 0; i < duracionDelay; i++)
{ //Esto es debido a que el máximo que el Arduino puede procesar con precisión es 5000ms o 5 segundos
  delay (1000);
}
////////////////////////////////////
  delay(1000);
}
```

# ANEXO O: DATOS INAMHI



INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA

Dirección de Información Hidrometeorológica

ATENCIÓN AL USUARIO

Estimada Usuario

Envío la información solicitada con los parámetros que se encuentran disponibles en el Inamhi.

| FECHA          | HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE % PROM | HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE % MAX | HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE % MIN |
|----------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 4/1/2021 12:00 | 47,5                             | 53,0                            | 40,0                            |
| 4/1/2021 13:00 | 44,3                             | 49,0                            | 38,0                            |
| 4/1/2021 14:00 | 44,9                             | 49,0                            | 42,0                            |
| 5/1/2021 12:00 | 49,6                             | 62,0                            | 44,0                            |
| 5/1/2021 13:00 | 65,3                             | 73,0                            | 54,0                            |
| 5/1/2021 14:00 | 47,2                             | 66,0                            | 51,0                            |
| 6/1/2021 12:00 | 55,0                             | 63,0                            | 48,0                            |
| 6/1/2021 13:00 | 50,3                             | 56,0                            | 45,0                            |
| 6/1/2021 14:00 | 57,1                             | 66,0                            | 51,0                            |
| 7/1/2021 12:00 | 65,4                             | 72,0                            | 56,0                            |
| 7/1/2021 13:00 | 53,1                             | 63,0                            | 48,0                            |
| 7/1/2021 14:00 | 50,4                             | 55,0                            | 47,0                            |
| 8/1/2021 12:00 | 61,8                             | 67,0                            | 56,0                            |
| 8/1/2021 13:00 | 56,2                             | 60,0                            | 53,0                            |
| 8/1/2021 14:00 | 52,7                             | 56,0                            | 49,0                            |

Saludos cordiales,

Fredy Mejía  
ATENCIÓN AL USUARIO  
Quito – Ecuador  
[www.serviciometeorologico.gob.ec](http://www.serviciometeorologico.gob.ec)

- o Nuñez de Vela N36-14 y Corea
- o Telf.: + (593 2) 397 1100 • Ext. 81104

1/4



INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA

Dirección de Información Hidrometeorológica

ATENCIÓN AL USUARIO

Estimada Usuario

Envío la información solicitada con los parámetros que se encuentran disponibles en el Inamhi.

| FECHA          | PRESION ATMOSFERICA hPa MIN | PRESION ATMOSFERICA hPa MAX | PRESION ATMOSFERICA hPa PROM |
|----------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 4/1/2021 12:00 | 724,2                       | 726,5                       | 725,1                        |
| 4/1/2021 13:00 | 723,5                       | 724,8                       | 724,0                        |
| 4/1/2021 14:00 | 722,7                       | 724,5                       | 723,3                        |
| 5/1/2021 12:00 | 722,7                       | 725,1                       | 723,4                        |
| 5/1/2021 13:00 | 723,6                       | 725,7                       | 724,4                        |
| 5/1/2021 14:00 | 724,3                       | 726,4                       | 724,9                        |
| 6/1/2021 12:00 | 725,4                       | 727,7                       | 726,2                        |
| 6/1/2021 13:00 | 724,5                       | 727,3                       | 725,2                        |
| 6/1/2021 14:00 | 724,0                       | 726,2                       | 724,6                        |
| 7/1/2021 12:00 | 726,8                       | 729,2                       | 727,6                        |
| 7/1/2021 13:00 | 725,8                       | 728,3                       | 726,7                        |
| 7/1/2021 14:00 | 724,9                       | 727,0                       | 725,8                        |
| 8/1/2021 12:00 | 727,1                       | 729,5                       | 727,9                        |
| 8/1/2021 13:00 | 726,0                       | 727,7                       | 726,9                        |
| 8/1/2021 14:00 | 724,9                       | 727,1                       | 725,8                        |

Saludos cordiales,

Fredy Mejía  
ATENCIÓN AL USUARIO  
Quito – Ecuador  
[www.serviciometeorologico.gob.ec](http://www.serviciometeorologico.gob.ec)

- o Nuñez de Vela N36-14 y Corea
- o Telf.: + (593 2) 397 1100 • Ext. 81104

2/4



INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA

Dirección de Información Hidrometeorológica

ATENCIÓN AL USUARIO

Estimada Usuario

Envío la información solicitada con los parámetros que se encuentran disponibles en el Inamhi.

| FECHA          | TEMPERATURA AIRE °C MIN | TEMPERATURA AIRE °C MAX | TEMPERATURA AIRE °C PROM |
|----------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 4/1/2021 12:00 | 19,6                    | 21,9                    | 20,5                     |
| 4/1/2021 13:00 | 18,9                    | 23,1                    | 20,7                     |
| 4/1/2021 14:00 | 19,0                    | 21,2                    | 20,0                     |
| 5/1/2021 12:00 | 15,9                    | 18,8                    | 17,4                     |
| 5/1/2021 13:00 | 14,9                    | 18,0                    | 16,0                     |
| 5/1/2021 14:00 | 17,4                    | 20,2                    | 19,2                     |
| 6/1/2021 12:00 | 15,9                    | 19,0                    | 17,3                     |
| 6/1/2021 13:00 | 17,3                    | 20,2                    | 18,5                     |
| 6/1/2021 14:00 | 14,6                    | 17,6                    | 16,5                     |
| 7/1/2021 12:00 | 15,5                    | 18,9                    | 16,4                     |
| 7/1/2021 13:00 | 16,0                    | 19,7                    | 18,4                     |
| 7/1/2021 14:00 | 17,6                    | 19,9                    | 18,6                     |
| 8/1/2021 12:00 | 14,4                    | 16,3                    | 15,4                     |
| 8/1/2021 13:00 | 15,4                    | 18,1                    | 16,5                     |
| 8/1/2021 14:00 | 16,9                    | 19,0                    | 17,8                     |

Saludos cordiales,

Fredy Mejía  
ATENCIÓN AL USUARIO  
Quito – Ecuador  
[www.serviciometeorologico.gob.ec](http://www.serviciometeorologico.gob.ec)

- o Nuñez de Vela N36-14 y Corea
- o Telf.: + (593 2) 397 1100 • Ext. 81104

3/4



INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA

Dirección de Información Hidrometeorológica

ATENCIÓN AL USUARIO

Estimada Usuario

Envío la información solicitada con los parámetros que se encuentran disponibles en el Inamhi.

| FECHA          | VIENTO DIRECCION * INST | VIENTO VELOCIDAD m/s INST |
|----------------|-------------------------|---------------------------|
| 4/1/2021 12:00 | 77,0                    | 1,1                       |
| 4/1/2021 13:00 | 162,0                   | 3,7                       |
| 4/1/2021 14:00 | 283,0                   | 3,6                       |
| 5/1/2021 12:00 | 144,0                   | 2,4                       |
| 5/1/2021 13:00 | 184,0                   | 3,4                       |
| 5/1/2021 14:00 | 359,0                   | 2,9                       |
| 6/1/2021 12:00 | 214,0                   | 1,2                       |
| 6/1/2021 13:00 | 108,0                   | 1,7                       |
| 6/1/2021 14:00 | 175,0                   | 3,9                       |
| 7/1/2021 12:00 | 24,0                    | 0,8                       |
| 7/1/2021 13:00 | 126,0                   | 4,1                       |
| 7/1/2021 14:00 | 80,0                    | 4,0                       |
| 8/1/2021 12:00 | 155,0                   | 3,3                       |
| 8/1/2021 13:00 | 108,0                   | 2,5                       |
| 8/1/2021 14:00 | 146,0                   | 3,6                       |

Saludos cordiales,

Fredy Mejía  
ATENCIÓN AL USUARIO  
Quito – Ecuador  
[www.serviciometeorologico.gob.ec](http://www.serviciometeorologico.gob.ec)

- o Nuñez de Vela N36-14 y Corea
- o Telf.: + (593 2) 397 1100 • Ext. 81104

4/4



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL APRENDIZAJE  
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL**

**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:** 16 / 09 / 2021

|   |
|---|
| <b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>  |
| <b>Nombres – Apellidos:</b> <i>Lucia Natalia Ruiz Vivas</i>                         |
| <b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>  |
| <b>Facultad:</b> <i>Informática y Electrónica</i>                                   |
| <b>Carrera:</b> <i>Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales</i>       |
| <b>Título a optar:</b> <i>Ingeniera en Electrónica Control y Redes Industriales</i> |
| <b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> <i>Lic. Luis Caminos Vargas Mgs.</i>  |



1033-DBRAI-UTP-2021