



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y
REDES

“DISEÑO DE UN SISTEMA INALÁMBRICO PARA
GEORREFERENCIAR PUNTOS DE CONTAMINACIÓN DE AGUA
POTABLE EN HOGARES”

TRABAJO DE TITULACIÓN: **DISPOSITIVO TECNOLÓGICO**

Para optar al Grado Académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES

AUTOR: CRISTIAN MIGUEL MUÑOZ NIETO

TUTOR: ING. JOSÉ LUIS MORALES

Riobamba-Ecuador

2019

@2019, Cristian Miguel Muñoz Nieto

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 de Autores.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y REDES

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica: “DISEÑO DE UN SISTEMA INALÁMBRICO PARA GEORREFERENCIAR PUNTOS DE CONTAMINACIÓN DE AGUA POTABLE EN HOGARES”, de responsabilidad de Cristian Miguel Muñoz Nieto, ha sido minuciosamente revisado por los miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Ing. Washington Luna

**DECANO FACULTAD DE
INFORMÁTICA Y
ELECTRÓNICA**

Ing. Patricio Romero

**DIRECTOR DE LA ESCUELA DE
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
EN TELECOMUNICACIONES Y
REDES**

Ing. José Luis Morales

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Ing. Franklin Moreno

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Yo, Cristian Miguel Muñoz Nieto soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio de la misma pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

Cristian Miguel Muñoz Nieto

DEDICATORIA

En primer lugar, este trabajo se lo dedico a Dios por no abandonarme cuando más lo he necesitado, a mi madre Blanca Nieto por todo el sacrificio que ha realizado durante toda mi vida estudiantil, por ponerme como prioridad siempre, por anhelar que llegue a ser alguien en la vida, por todo su esfuerzo realizado día tras día, por demostrarme que en la vida con lucha, garra y perseverancia todo objetivo es alcanzable, madre este objetivo alcanzado es todo suyo, a usted le debo todo en la vida y sé que no anhelaba otra cosa más en la vida que verme ser profesional, pues aquí esta mamita y le aseguro que este crecimiento profesional no parará.

A mi esposa y compañera de vida Dayana Auqui por ser parte fundamental en la formación personal durante el tiempo que duro alcanzar esta meta, por impulsarme a lograr mis objetivos, por ser la persona que me llena de amor y ser aquella mujer con la cual anhelo despertar cada día, y a mi hijo Andrés Emiliano por ser la motor que me ayudó a no rendirme cuando todo lo veía perdido, que esta meta alcanzada sea un ejemplo para no doblegarse cuando atraviere por adversidades que le hagan sentir impotente.

Cristian Muñoz.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme las fuerzas necesarias y demostrarme estar presente en los momentos más difíciles. A mi tía Carmen que desde el cielo me está guiando mi camino, y por ayudarme siempre que se lo he necesitado, algún día espero podernos encontrar ñañita. Agradezco a la mujer que me dio la vida, mi madre, por impulsarme a ser mejor cada día, por su sacrificio, por trabajar de sol a sol para sacarme adelante en la vida, por ser mi apoyo siempre que lo he necesitado, le agradezco principalmente por verse las maneras de solucionar conmigo los problemas y obstáculos que me ha presentado la vida, por cada noche de desvelo para estar junto a mí, por cada susto que le he hecho sobrepasar y sobre todo por su amor incondicional. A mi reina, Daya Auqui, por ser parte fundamental en el desarrollo de este objetivo, por el amor que me tiene y me entrega, por la paciencia que me ha demostrado en estos últimos tiempos, por regalarme al hijo más hermoso del mundo, y en si por ser el amor de mi vida.

Cristian Muñoz.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| INDICE DE TABLAS | x |
| INDICE DE FIGURAS | xii |
| INDICE DE ANEXOS | xiv |
| RESÚMEN | xv |
| SUMMARY | xvi |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| | |
| CAPÍTULO I..... | 7 |
| 1 MARCO TEÓRICO..... | 7 |
| 1.1 Calidad de Agua Potable | 7 |
| 1.2 Indicadores de calidad del agua potable. | 8 |
| <i>1.2.1 Turbidez.....</i> | <i>8</i> |
| <i>1.2.2 Color</i> | <i>9</i> |
| <i>1.2.3 Olor-Sabor</i> | <i>9</i> |
| <i>1.2.4 Potencial Hidrógeno</i> | <i>9</i> |
| <i>1.2.5 Cloro</i> | <i>10</i> |
| <i>1.2.6 Temperatura.....</i> | <i>10</i> |
| <i>1.2.7 Oxígeno Disuelto.....</i> | <i>10</i> |
| 1.3 Estándares de contaminación en Agua Potable | 11 |
| 1.4 Efectos de la contaminación del agua en los seres humanos..... | 13 |
| 1.5 Calidad de agua potable en el Ecuador. | 14 |
| 1.6 Instrumentos de medición de calidad de Agua Potable | 16 |
| <i>1.6.1 Medidor de pH</i> | <i>16</i> |
| <i>1.6.2 Medidor de Turbidez.....</i> | <i>16</i> |
| <i>1.6.3 Medidor de cloro CL2 y pH analógico modelo PC-101.....</i> | <i>17</i> |
| <i>1.6.4 Medidor cloro continuo HANNA PCA310.....</i> | <i>18</i> |

| | | |
|---------|--|----|
| 1.6.5 | <i>Medidor de salinidad y temperatura LAQUAtwin Salt-22.....</i> | 19 |
| 1.6.6 | <i>Medidor de Oxígeno Disuelto y temperatura Modelo DO 4000</i> | 19 |
| 1.7 | <i>Sensores inteligentes de parámetros Fisicoquímicos para análisis de agua.....</i> | 20 |
| 1.8 | Plataformas | 22 |
| 1.8.1 | <i>Galileo.....</i> | 22 |
| 1.8.2 | <i>Raspberry Pi 2.....</i> | 22 |
| 1.8.3 | <i>Arduino</i> | 23 |
| 1.8.4 | <i>Comparación de las diferentes tarjetas de desarrollo.....</i> | 24 |
| 1.9 | Tecnologías inalámbricas para transmisión de datos | 25 |
| 1.9.1 | <i>WI-FI.....</i> | 25 |
| 1.9.2 | <i>Bluetooth.....</i> | 25 |
| 1.9.3 | <i>Zigbee.....</i> | 25 |
| 1.9.4 | <i>Radiofrecuencia</i> | 26 |
| 1.9.5 | <i>GPRS</i> | 26 |
| 1.9.6 | <i>Comparación entre las diversas tecnologías inalámbricas</i> | 26 |
| 1.10 | Sistema de Posicionamiento Global..... | 27 |
| | CAPITULO II..... | 29 |
| 2 | MARCO METODOLÓGICO..... | 29 |
| 2.1 | Requerimientos Hardware para el sistema | 29 |
| 2.2 | Concepción General del sistema | 29 |
| 2.2.1 | <i>Diseño de la Arquitectura del sistema.....</i> | 30 |
| 2.2.1.1 | <i>Bloque de Alimentación</i> | 31 |
| 2.2.1.2 | <i>Bloque de Lectura.....</i> | 31 |
| 2.2.1.3 | <i>Bloque de Transmisión.....</i> | 31 |
| 2.2.1.4 | <i>Bloque del Procesamiento.....</i> | 32 |
| 2.3 | Elección de dispositivos a ser implementados | 32 |
| 2.3.1 | <i>Plataforma</i> | 32 |
| 2.3.2 | <i>Sistema de Comunicación</i> | 34 |
| 2.3.3 | <i>GPS</i> | 37 |
| 2.3.4 | <i>Sensores</i> | 39 |
| 2.3.4.1 | <i>Sensor de pH.....</i> | 39 |

| | | |
|---------|---|-----------|
| 2.3.4.2 | <i>Sensor de Temperatura</i> | 40 |
| 2.3.4.3 | <i>Sensor de Turbidez</i> | 42 |
| 2.3.4.4 | <i>Sensor de Cloro</i> | 43 |
| 2.3.4.5 | <i>LCD</i> | 44 |
| 2.3.4.6 | <i>Actuadores</i> | 46 |
| 2.3.5 | <i>Esquemas de conexión del Hardware</i> | 47 |
| 2.3.6 | <i>Alimentación del prototipo</i> | 50 |
| 2.4 | Requerimientos de Software para el sistema | 51 |
| 2.4.1 | <i>Descripción del software utilizado</i> | 51 |
| 2.4.1.1 | <i>Software Arduino IDE 1.8.5</i> | 51 |
| 2.4.1.2 | <i>MySQL</i> | 54 |
| 2.4.1.3 | <i>Dreamweaver</i> | 55 |
| 2.4.1.4 | <i>Página Web AguaSeg</i> | 55 |
| | CAPÍTULO III | 60 |
| 3 | ANÁLISIS Y RESULTADOS | 60 |
| 3.1 | Análisis del hardware implementado | 60 |
| 3.1.1 | <i>Validación de sensores</i> | 60 |
| 3.1.1.1 | <i>Análisis de potencial de hidrógeno (pH)</i> | 61 |
| 3.1.1.2 | <i>Análisis de Temperatura</i> | 62 |
| 3.1.1.3 | <i>Análisis de Cloro</i> | 64 |
| 3.1.1.4 | <i>Análisis de Turbidez</i> | 67 |
| 3.1.2 | GPS 68 | |
| 3.1.3 | <i>Estabilidad del equipo</i> | 71 |
| 3.1.4 | <i>Funcionamiento en general</i> | 72 |
| 3.1.5 | <i>Consumo de Energía</i> | 77 |
| 3.2 | Análisis del Software Implementado | 78 |
| 3.2.1 | <i>Página Web</i> | 79 |
| 3.2.1.1 | <i>Usuario</i> | 79 |
| 3.2.1.2 | <i>Entidad de Control</i> | 80 |
| 3.2.1.3 | <i>Administrador</i> | 81 |
| 3.2.2 | <i>Georreferenciación</i> | 82 |

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 3.3 | Presentación y Costos | 83 |
| 3.3.1 | <i>Presentación del prototipo.....</i> | 84 |
| 3.3.2 | <i>Análisis de Costos</i> | 84 |
| | CONCLUSIONES..... | 60 |
| | RECOMENDACIONES..... | 88 |
| | BIBLIOGRAFÍA | |
| | ANEXOS | |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1-1: Estándares de contaminación del agua potable | 11 |
| Tabla 2-1: Efecto de la temperatura sobre la velocidad de crecimiento | 13 |
| Tabla 3-1: Tasa de principales enfermedades relacionadas con el consumo de agua contaminada..... | 14 |
| Tabla 4-1: Calidad de agua potable en el Ecuador | 15 |
| Tabla 5-1: Sensores de medición de parámetros fisicoquímicos del agua..... | 21 |
| Tabla 6-1: Comparación de las diferentes tarjetas de desarrollo..... | 24 |
| Tabla 7-1: Comparación entre las diversas tecnologías inalámbricas. | 27 |
| Tabla 1-2: Comparación de las diferentes tarjetas de desarrollo Arduino..... | 33 |
| Tabla 2-2: Principales características de módulos GPRS | 35 |
| Tabla 3-2: Principales Características del NEO-6M GPS | 38 |
| Tabla 4-2: Principales características del sensor de pH..... | 40 |
| Tabla 5-2: Principales características del sensor de temperatura..... | 41 |
| Tabla 6-2: Principales características del sensor de turbidez | 43 |
| Tabla 7-2: Principales características del medidor de Cloro..... | 44 |
| Tabla 8-2: Principales características del Display LCD20x4 | 45 |
| Tabla 9-2: Características principales del módulo relé de dos canales. | 47 |
| Tabla 1-3: Validación del sensor de pH..... | 62 |
| Tabla 2-3: Validación del sensor de Temperatura..... | 64 |
| Tabla 3-3: Validación del sensor de Cloro..... | 66 |
| Tabla 4-3: Análisis de Turbidez | 68 |
| Tabla 5-3: Comparación y error de AGUASEG y Google Maps..... | 70 |
| Tabla 6-3: Estabilidad del sistema AGUASEG | 71 |
| Tabla 7-3: Análisis de turbidez a diferentes valores..... | 73 |
| Tabla 8-3: Análisis de temperatura a diferentes grados..... | 75 |
| Tabla 9-3: Análisis de cloro a diferentes ppm..... | 77 |
| Tabla 10-3: Consumo de corriente y voltaje del prototipo. | 78 |
| Tabla 11-3: Tiempo que toma el sistema AGUASEG en generar una respuesta..... | 80 |

| | |
|---|----|
| Tabla 12-3: Tiempo de autenticación, registro de nuevos productos y consulta de parámetros fisicoquímicos..... | 81 |
| Tabla 13-3: Tiempo de operación y respuesta del administrador | 82 |
| Tabla 14-3: Análisis de Costos..... | 85 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1-1: Efecto de la temperatura sobre la velocidad de crecimiento bacteriano. | 12 |
| Figura 2-1: Tratamientos existentes en el Ecuador para la purificación de agua..... | 15 |
| Figura 3-1: Instrumento de medición de pH | 16 |
| Figura 4-1: Instrumento de medición de Turbidez | 17 |
| Figura 5-1: Instrumento de medición de cloro..... | 18 |
| Figura 6-1: Medidor Cloro Modelo Hanna Pca310..... | 18 |
| Figura 7-1: Instrumento de medición de temperatura. | 19 |
| Figura 8-1: Medidor de oxígeno disuelto y temperatura | 20 |
| Figura 9-1: Tarjeta de desarrollo Intel Arduino | 22 |
| Figura 10-1: Raspberry Pi 2 | 23 |
| Figura 11-1: Arduino Uno | 23 |
| Figura 12-1: Case de un equipo GPS xcn2050 | 28 |
| Figura 1-2: Concepción general del sistema. | 30 |
| Figura 2-2: Arquitectura del prototipo..... | 31 |
| Figura 3-2: Aspecto físico del Arduino Mega | 34 |
| Figura 4-2: Aspecto físico GSM/GPRS SIM 900 | 36 |
| Figura 5-2: Opciones de conexión Serial..... | 37 |
| Figura 6-2: Jumper para la comunicación Software Serial..... | 37 |
| Figura 7-2: Aspecto Físico NEO-6M GPS | 38 |
| Figura 8-2: Aspecto físico Sensor de pH con sus respectivos módulos | 39 |
| Figura 9-2: Aspecto físico del sensor de temperatura. | 41 |
| Figura 10-2: Aspecto físico del sensor de turbidez con su módulo para Arduino | 42 |
| Figura 11-2: Aspecto físico del medidor de cloro..... | 44 |
| Figura 12-2 Aspecto físico del Display LCD 20×4 | 45 |
| Figura 13-2: Modulo Relé de dos canales | 46 |
| Figura 14-2: Formas de comportamiento del Relé NO y NC | 47 |
| Figura 15-2: Esquema general de conexiones..... | 48 |
| Figura 16-2: Step Down- Convertidor DC-DC..... | 49 |

| | |
|---|----|
| Figura 17-2: Transformador de 110V a 12v-2A | 50 |
| Figura 18-2: Diagrama de flujo Programación Arduino | 52 |
| Figura 19-2: Estructura General de la base de datos en PhpmyAdmin | 54 |
| Figura 20-2: Tabla principal denominado medidor..... | 54 |
| Figura 21-2: Parte del código insertado en el Software Dreamweaver | 55 |
| Figura 22-2: Diagrama de flujo de la página web 1/2 | 57 |
| Figura 23-2: Diagrama de flujo de la página web 2/2 | 58 |
| Figura 24-2: Interfaz gráfica de la página web AguaSeg | 59 |
| Figura 1-3: Validación del sensor de pH con el equipo patrón..... | 61 |
| Figura 2-3: Comparación del sensor de temperatura con el equipo patrón | 63 |
| Figura 3-3 Comparación del sensor de cloro con el equipo patrón | 65 |
| Figura 4-3: Análisis de muestra de agua potable en el software Espectro Analysis | 65 |
| Figura 5-3: Análisis de la muestra, TURBIDIMETER 2020WE Y AGUASEG | 67 |
| Figura 6-3: Comparación del GPS del sistema AGUASEG y de un dispositivo móvil . | 69 |
| Figura 7-3: Comparación del GPS del sistema AGUASEG y un dispositivo móvil | 70 |
| Figura 8-3: Muestras para análisis de turbidez | 72 |
| Figura 9-3: Proceso de lectura de muestras de turbidez a 5.5NTU..... | 73 |
| Figura 10-3: Muestras para análisis de temperatura..... | 74 |
| Figura 11-3: Proceso de lectura de muestras de temperatura a 28°C..... | 74 |
| Figura 12-3: Muestras para análisis de cloro | 76 |
| Figura 13-3: Proceso de lectura de muestras de cloro a 0.5 ppm..... | 76 |
| Figura 14-3 Interfaz de la página principal de acceso a AGUASEG | 79 |
| Figura 15-3: Interfaz de la georreferenciación de la página web..... | 83 |
| Figura 16-3: Sistema AGUASEG ensamblado | 84 |

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Datasheet pH Sen0161

ANEXO B: Datasheet Temperatura DS18B20

ANEXO C: Datasheet Turbidez SEN0189

ANEXO D: Datasheet Módulo Relé de 2 Canales

ANEXO E: Datasheet Arduino Mega

ANEXO F: Datasheet Módulo GPS NEO- m

ANEXO G: Datasheet módulo GSM/GPRS Sim900

ANEXO H: Código del Arduino

RESUMEN

La calidad del líquido vital es de interés común, razón por la cual se diseñó un sistema inalámbrico para georreferenciar puntos de contaminación de agua potable en hogares. El sistema cuenta con un nodo físico y un nodo de almacenamiento, el nodo físico determina cuatro parámetros fisicoquímicos: pH, cloro, temperatura y turbidez, cuenta además con un sistema de control que permiten etiquetar el agua de calidad del agua contaminada, asegurando que el agua que ingrese al hogar sea agua de calidad. El nodo de almacenamiento se representa mediante una página web la cual es esencial para la georreferenciación, el procesamiento de la información se realizó mediante la plataforma de hardware libre de Arduino y la transmisión de datos por GPRS mediante el protocolo FTP. La lectura de datos se la realiza cada dos segundos y la transmisión de la información a la página web tarda un minuto antes de la siguiente lectura, en la página web se visualiza un mapa con los puntos donde el agua no se ajuste a los estándares establecidos por la entidad competente. La eficiencia se determinó sometiendo al sistema a diferentes tipos de contaminación, sobrepasando los límites permisibles, obteniendo un error promedio de turbidez 0,09 NTU, temperatura 0.09°C y cloro de 0.09ppm, lo que indica que el error está por debajo del error propio de cada sensor. Se concluye que el sistema implementado, posee un alto grado de funcionalidad y eficiencia, de manera que previene el suministro de agua contaminada a los hogares, además de proveer información para ser utilizada por la entidad de control, ya que se georreferencia los sectores donde exista contaminación permitiendo tomar medidas inmediatas.

Palabras Clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERIA>, <TELECOMUNICACIONES>, <COMUNICACIONES INALÁMBRICAS>, <SERVICIO GENERAL DE PAQUETES VÍA RADIO (GPRS)>, <PROTOCOLO DE TRANSFERENCIA DE ARCHIVOS (FTP)>, <SISTEMA GLOBAL DE POSICIONAMIENTO (GPS)>, <GEORREFERENCIACIÓN>, <CALIDAD DE AGUA POTABLE>, <PARAMETROS FISICO QUIMICOS>

SUMMARY

Is interesting to know the quality of the vital fluid, because an electronic system was developed, based on the analysis of physiological parameters that determine the quality of the potable water that is supplied to homes in the city of Riobamba, in order to georeferenced pollution points. The system has a physical node and a storage node, the physical node determines four physicochemical parameters: chlorine pH, temperature and turbidity, it also has a control system that allows water quality labelling of contaminated water, ensuring that water that enters the home is quality water. The storage node is represented by a web page which is essential for georeferencing, the processing of the information was done through the free hardware platform of Arduino and the transmission of data through GPRS using the FTP protocol. The reading of data is done every two seconds and the transmission of information to the web page takes one minute before the next reading, on the web page a map with the points where the water does not conform to the established standards is displayed by the competent entity. The efficiency was determined by subjecting the system to different types of contamination, exceeding the permissible limits, obtaining an average turbidity error of 0.09 NTU, temperature 0.09 °C and chlorine of 0.09ppm, which indicates that the error is below the error itself of each sensor. It is concluded that the system implemented, has a high degree of functionality and efficiency, in a way that prevents the supply of contaminated water to households as well as providing information to be used by the control entity, since georeferencing is provided in sectors where there is contamination allowing immediate action.

Keywords: <TECHNOLOGY AND SCIENCE OF ENGINEERING>
<TELECOMMUNICATIONS> <WIRELESS COMMUNICATIONS>. <GENERAL
RADIO PACKAGE SERVICE (GPRS)>, <FILE TRANSFER PROTOCOL (FTP)>,
<GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS)>, <GEORREFERENCIACION>,
<POTABLE WATER QUALITY>, <CHEMICAL PHYSICAL PARAMETERS>

INTRODUCCIÓN

Es de conocimiento general, que el cuidado del agua es un tema de actualidad y de tipo social, puesto que durante los últimos años se han evidenciado a nivel mundial, campañas de concientización del cuidado del recurso hídrico y la importancia del acceso al agua potable. El acceso al agua potable es un derecho y a su vez es fundamental para la protección de la salud, puesto que existen enfermedades relacionadas con la calidad del agua potable que en gran número aquejan a la población a nivel mundial.

La población en general debe disponer de un suministro del recurso hídrico que sea apacible, de manera que se minimicen los índices de enfermedades por consumo de agua potable en mala calidad. La mejora del acceso al agua potable podría enmarcar el fin de los problemas de salud por consumo de la misma. Hoy por hoy la tecnología nos permite llegar a innumerables campos, de tal manera que es minimizar este tipo de problemáticas, con el fin de mejorar los niveles de vida de la población en general.

En la ciudad de Riobamba la distribución del agua potable se ha consolidado como una temática prioritaria, puesto que se busca distribuir el recurso hídrico en toda la ciudad, si bien es cierto, los puntos de recolección buscan abastecer a la ciudadanía, es necesario medir la calidad del recurso para evitar formar parte de las cifras de sitios a nivel mundial con mayor índice de enfermedades por consumo de agua potable de mala calidad.

Por tal razón se busca implementar en las viviendas de la ciudadanía un sistema que permita determinar ciertos parámetros fisicoquímicos que permitan conocer a los usuarios, la calidad de agua potable que está ingresando a sus hogares, a su vez haciendo uso de herramientas virtuales que permitan evidenciar los resultados obtenidos del análisis previo.

Por lo cual el presente documento, resume el diseño de un sistema inalámbrico para georreferenciar puntos de contaminación de agua potable en hogares, el cual consta de tres capítulos, el primer capítulo se refiere a la parte teórica, el segundo capítulo la parte metodológica y el tercer capítulo presenta y se reflejan los resultados.

ANTECEDENTES

La contaminación hídrica se entiende como la acción de introducir algún material o sustancia en el agua alterando su calidad y su composición química. Según la Organización Mundial de la Salud la misma que establece normas internacionales relativas a la calidad de agua potable y de la salud de las personas, el agua está contaminada cuando su composición se haya modificado de modo que no reúna las condiciones necesarias para el uso, al que se le hubiera destinado.

El agua que procede de ríos, lagos y quebradas el cual es objeto de una severa contaminación, muchas veces producto de las actividades del hombre. El agua es un elemento esencial de la naturaleza, contribuye al bienestar general del hombre, de los animales y de las plantas. Es uno de los pocos elementos sin los cuales no podría mantenerse la vida en el planeta. (Inspiration.org, 2013)

En promedio, una persona necesita unos 20 litros de agua potable todos los días para satisfacer sus necesidades metabólicas, higiénicas y domésticas. La calidad de agua es uno de los factores de importancia en la determinación del índice de calidad de vida de un centro urbano, si se tiene una *Fuente* hídrica potable de mala calidad, es evidente que la población presentará afectaciones, puesto que al ser agua para consumo humano es posible evidenciar brotes de enfermedades transmitidas por la misma (Remtavares, 2006).

El proceso para potabilizar el agua y darle el tratamiento correspondiente inicia en las plantas potabilizadoras las cuales son abastecidas de acuíferos como ríos, manantiales, etc. El cual pasa por un filtrado de elementos sólidos de gran tamaño, además de añadir un poco de cloro para desinfectar, luego pasan a una cámara en la cual se le añade componentes químicos para clarificar el agua la misma que pasara por el filtrado de arena para que quede incolora, a la misma se le añade cloro para desinfectar una vez más antes de ser redistribuida a los domicilios (Lelu, 2012).

Ecuador mejoro en un 7.51% en cuanto a sostenibilidad ambiental en los últimos 10 años, en: tratamiento en aguas residuales. agua potable, manejo de contaminantes en acuíferos. (Condorchem, 2013), cumpliendo con estándares mínimos de calidad de agua potable. Se incentiva a la población a realizar su propio tratamiento antes de ingerirla. Según el diario el

Un universo un 40.33% hierven el agua para tomarla, un 33.48% la beben tal como la llega al domicilio, un 2.96% le añaden cloro y el restante compra agua purificada o la filtran. (El Universo, 2013)

A nivel país se recalca la encuesta realizada por INEC (2013) respecto a la calidad del agua potable según la percepción de los usuarios, son destacables la gestión pública municipal de las ciudades de Cuenca y Quito, respectivamente. En el resto del Ecuador aún preocupa que un considerable número de hogares aún se abastezcan del líquido vital directamente de ríos, vertientes, pozos o carros cisterna, es decir, con *Fuentes* de agua no segura (Martinez, 2014).

En las investigaciones realizadas en el país, se encontró como Tesis de grado elaborada en la Universidad Politécnica Salesiana de la ciudad de Guayaquil basada en un prototipo, el mismo que permite visualizar con qué cantidad de oxígeno cuenta un acuario mediante Wi-fi (Rivera & Yopez, 2015). Los trabajos de investigación en el país se enfocan a lectura de datos más no de supervisar o control de calidad de agua potable.

Por tal motivo, el presente trabajo de titulación busca diseñar un sistema inalámbrico para georreferenciar puntos de contaminación de agua potable en hogares.

La investigación propone una lectura de datos de cada residencia en las cuales constara información del nivel de los principales contaminantes, los cuales se irán almacenando en una base de datos además de georreferenciar el punto de contaminación, los datos estarán disponibles para usuarios, entidades públicas y privadas.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo diseñar un sistema inalámbrico para georreferenciar puntos de contaminación de agua potable en hogares?

SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles son los principales parámetros a evaluar en el control de calidad del agua potable?

¿Qué características tendrá el sistema inalámbrico de georreferenciación de puntos de contaminación del agua potable?

¿Cuál es el diseño que cumple con los requerimientos del sistema en comunicación y red?

¿Qué dispositivos software y hardware son los que permitirán cumplir con los requerimientos establecidos para el diseño del sistema inalámbrico?

¿El sistema inalámbrico implementado cumple con los requerimientos establecidos?

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La necesidad de supervisar la calidad de agua potable que las personas ingieren es evidente. Según datos de la Organización mundial de la salud en las dos últimas décadas se han hecho unos progresos impresionantes, con 2.300 millones de personas que han logrado acceder a mejores *Fuentes* de agua potable con un índice de calidad de agua potable mínimo el cual contienen aun agentes farmacéuticos siendo la mayoría de ellos dañinos para la salud humana y trayendo consigo un sin número de afectaciones (OMS, 2015).

En el mundo la relación agua-salud tiene una gran importancia y fuerte dimensión local, afectando a alrededor de 1.1billones de personas que carecen de acceso a *Fuentes* de agua potable mejoradas, y unos 2.4 billones de personas con falta de saneamiento adecuado.

En la actualidad tras mucha investigación, existe evidencia sobre el agua, saneamiento e higiene y enfermedades que traen como consecuencia las muertes de varias personas en países donde no cuentan con los estándares de calidad de agua potable (Mejia, 2014).

En una publicación en el sitio web “Cambiemos Ecuador” el 28 de octubre del 2005 varias ciudades del país sufrieron denuncias debido a tener problemas con el agua potable, las mismas que presentaron varias anomalías en el agua como color, sabor, lo que trajo como consecuencia enfermedades producidas por la misma al no ser tan notorio la contaminación.

La ciudad de Riobamba de la provincia de Chimborazo, según el Diario el Universo en una publicación realizada en abril del 2007 el comité de Operaciones de Emergencia resolvió declarar la emergencia sanitaria para cinco sectores de la ciudad debido a que los usuarios de los sectores afectados sufrieron varias consecuencias de agua potable contaminada dejando a cuarenta y ocho niños por intoxicación por agua potable y ochenta y seis casos de infección en toda la provincia de Chimborazo (El Universo, 2007)

Entre los principales parámetros de calidad de agua esta PH, cloro, turbidez, sólidos disueltos, Coliformes fecales etc. Las mismas que tienen un gran índice de variación en el agua potable que llega a nuestros domicilios.

El PH viene siendo la acidez que se encuentra en el agua, siendo la norma estándar para agua potable de 6 a 9 llamado neutro, si este índice es más bajo de seis describe que el agua es más ácida provocando irritaciones en la piel, ojos y mucosas y en el caso que este índice más bajo que cinco llegara a generar corrosión en metales. En el caso de que el Ph fuera alto, esto quiere decir: niveles más altos que ocho llega a contrarrestar el cloro, esto quiere decir que entre más alto sea el nivel del ph menos efecto hace el cloro, provocando esto en tuberías organismos vegetales como algas.

Según un estudio en Bélgica del 2003, ciertos irritantes llamados tricloraminas, se liberan cuando el agua con cloro reacciona con materiales orgánicos (como el sudor o la orina) de la gente. Los niños expuestos a grandes cantidades de cloro potencialmente pueden padecer ataques de asma (Olivera, 2011).

Si bien el cloro es uno de los parámetros que ayuda a la potabilización del agua ya que libera algunos patógenos perjudiciales para el ser humano, la cantidad de cloro que llega a nuestros domicilios es de 0.6-0.7 mg/l aproximadamente siendo el límite 1 mg/l si se llega a sobrepasar este límite y se llega a ingerir se estaría poniendo en riesgo la salud humana trayendo consigo consecuencias como dolores de pecho, vómitos, alteración en la respiración, tos, y por otro lado al tener contacto con la piel llegan a producirse enrojecimientos, ardor, comezón, y varios brotes (Disaster, 2009).

Por tal motivo se propone diseñar un sistema inalámbrico para georreferenciar puntos de contaminación de agua potable en hogares, la cual está en concordancia con el Plan Nacional del Buen Vivir, en el objetivo tres que indica “Mejorar la calidad de vida de la población” que cita el derecho a tener agua potable y saneamiento ambiental siendo este un conjunto de acciones, técnicas de salud pública que tienen por objetivo alcanzar niveles crecientes de salubridad ambiental, sustentando así el presente trabajo de titulación.

JUSTIFICACIÓN APLICATIVA

Considerando la necesidad de que exista un sistema inalámbrico para georreferenciar puntos de contaminación de agua potable, se desea diseñar un sistema electrónico que suministre información en tiempo real acerca de los puntos donde exista dicha contaminación.

El sistema inalámbrico inteligente tiene como objetivo identificar parámetros físico-químicos en agua potable a través de sensores inteligentes que proveerán información para determinar si un punto específico está contaminado o no, teniendo una información unidireccional a una base de datos almacenada en un sitio web, la transmisión de datos inalámbrico puede ser Wi-fi, Bluetooth, Radiofrecuencia, Zigbee, o GPRS.

OBJETIVOS

OBJETIVOS GENERALES

Diseñar un sistema inalámbrico para georreferenciar puntos de contaminación de agua potable en hogares.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar cuales son los principales parámetros a evaluar en el control de calidad del agua potable.
- Analizar qué características tendrá el sistema inalámbrico de georreferenciación de puntos de contaminación del agua potable.
- Diseñar el sistema inalámbrico que cumple con los requerimientos del sistema en comunicación y red.
- Implementar el hardware y software necesario para los nodos de la red y para la base de datos.
- Evaluar el sistema inalámbrico implementado con dispositivos similares.

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO

Para el correcto desarrollo del proyecto, es preciso partir de la basicidad del tema en teoría. En el presente capítulo se investiga acerca de la calidad de agua potable, los principales parámetros fisicoquímicos presentes en la misma, los instrumentos de medición y tipos de sensores existentes para establecer la calidad de agua potable con sus respectivas características, tarjetas de desarrollo, topologías para la transferencia de datos de nodo a nodo, las tecnologías inalámbricas para transmisión de datos y la comparación de las mismas, además de los sistemas de posicionamiento global.

1.1 Calidad de Agua Potable

La problemática de calidad de agua posee tal importancia como la referente a la escasez de la misma, sin embargo, no se le ha proporcionado el mismo interés. Según (Oleas, 2016), “El término calidad de agua, se refiere al conjunto de parámetros que indican que el agua puede ser usada para diferentes propósitos como: doméstico, riego, recreación e industria”. Es decir, son aquellas características que posee el agua, las mismas que pueden adaptarse a un uso específico, para favorecer las necesidades del usuario.

Muchas de las actividades cotidianas del ser humano, degradan los recursos del planeta, en su mayoría, el recurso hídrico, afectando la calidad y cantidad del mismo. Una de las principales causas es el acelerado crecimiento demográfico que ha enmarcado un problema de tipo social en la actualidad, el incremento, asentamiento y concentración de la población, ha degradado la calidad de agua de las cuencas hidrográficas, con actividades inadecuadas se pierden poco a poco los recursos.

Para evaluar la calidad del agua, se realiza un enfoque en función a varios aspectos, de manera que se estudia la naturaleza tanto física como química y biológica del recurso en

relación a su calidad natural y la relación que establece con los seres humanos, acuáticos y la salud en general.

Determinar la calidad de agua potable, debería ser un tema de importancia a tomar en cuenta en todo el mundo, debido a las consecuencias que genera la presencia de agentes contaminantes que son directamente perjudiciales para la salud de la población. Por ende la misma debe tener parámetros que se ajusten a estándares establecidos por la OMS (Organización mundial de la Salud) (Who, 2009).

Al ser el agua un recurso vital para el ser humano, el suministro de agua potable debe ser inocuo para el ser vivo. Los sistemas de abastecimientos no deben presentar fallos ni alteraciones en sus propiedades físicas para evitar la generación de enfermedades que pueden afectar a quienes se sirven de la misma (Torres, et al., 2009).

1.2 Indicadores de calidad del agua potable.

Existen alrededor de treinta y ocho parámetros fisicoquímicos y microbiológicos establecidos para análisis de agua potable, de los cuales, siete son considerados de mayor relevancia al momento de determinar la calidad de agua de consumo humano (Tulsma, 2016).

1.2.1 Turbidez

Es uno de los principales parámetros dentro de la temática “Calidad de agua potable”, determina una medida de la dispersión de la luz por el agua como consecuencia de la presencia en la misma, de materiales suspendidos coloidales y/o particulado, analiza la transparencia del agua, por lo que puede determinar un indicio de contaminación. Cuando estos niveles son altos, hay el riesgo de que los microorganismos estén salvaguardados al momento de realizar la desinfección. Estas causas se generan a un tratamiento inadecuado e insuficiente de las plantas potabilizadoras (Marco, et al., 2004). Por lo tanto, los niveles idealmente deben estar por debajo de 1 NTU (Unidades Nefelométricas de turbidez) siendo la unidad para medir la turbidez.

1.2.2 Color

Se produce por iones metálicos disueltos y materias orgánicas generadas por la descomposición de vegetales además de sales solubles, esto genera cierto color que en la mayoría de las ocasiones sea visible y distinguible al ojo humano (Calderon & Orellana, 2015). Uno de los parámetros con los que está ligado directamente el color es con el pH (Potencial de hidrogeno), debido a que conforme aumenta el valor de pH aumenta la intensidad del color (Severiche, et al., 2013). Su análisis es en función de unidades, siendo 15 el límite máximo de consumo humano.

1.2.3 Olor-Sabor

La percepción del olor no constituye una medida, sino una apreciación, y ésta tiene, por lo tanto, un carácter subjetivo, este a su vez determina que existe actividad biológica con lo que se puede ligar a contaminación. El catador debe tener una alta sensibilidad en lo que se refiere a gusto y olfato, usualmente algunos metales pueden ser detectados por las papilas gustativas del ser humano debido a que provocan olores y sabores relacionados con olores medicinales u alimentos en descomposición entre otros (Escobar, 2017).

1.2.4 Potencial Hidrógeno

Determina la concentración de iones de hidrogeno, puede establecer si una sustancia es ácida o básica, éste en conjunto con la alcalinidad son imprescindibles para detectar la corrosividad (Severiche, et al., 2013). Lo que podría generar una especie de sarro en las tuberías por las que se transporta el agua de consumo humano y varias manchas de color blanquecina en vajillas de cristal de cocina (Escobar, 2017). Teniendo un estándar para uso de consumo humano de 6-9.

1.2.5 Cloro

Las plantas potabilizadoras utilizan el cloro como sustancia desinfectante para la eliminación de agentes patógenos como bacterias entre otros debido a sus propiedades oxidantes, la utilización del mismo deja en el agua lo que se conoce como cloro residual. Cuando se trata de concentraciones altas podría generar sabores desagradables. Cabe recalcar que la existencia de contaminación microbiológica no es directamente proporcional a la presencia de cloro residual (Escobar, 2017). Sus unidades de medida son en mg/l o ppm (partes por millón), usualmente se utiliza ppm como unidad de medida, siendo 1.5 ppm aceptable.

1.2.6 Temperatura

Es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración. Existen múltiples factores, principalmente ambientales, que pueden hacer que la temperatura del agua varíe continuamente. (Martel, Ada Barrenechea, 2004). Para el uso de consumo humano se indica que debe ser ± 3 grados de la condición normal.

1.2.7 Oxígeno Disuelto

Su presencia es esencial en el agua; proviene principalmente del aire. La presencia de niveles bajos o ausencia de oxígeno en el agua, puede indicar contaminación elevada, condiciones sépticas de materia orgánica o una actividad bacteriana intensa; por ello se le puede considerar como un indicador de contaminación.

El agua potable debe contener aproximadamente 5.0 mg/L de oxígeno disuelto para permitir una buena calidad del agua. Debe estar bien aireada y es muy importante tener en cuenta las variaciones relativas de oxígeno disuelto, ya que, si estas son grandes, es síntoma

de un probable aumento de vegetales, materia orgánica, gérmenes aerobios, reductores inorgánicos, etcétera. (Martel, Ada Barrenechea, 2004)

1.3 Estándares de contaminación en Agua Potable

A nivel nacional se usa el Texto Unificado de Legislación Medio Ambiental Libro VI-Anexo uno, de los principales parámetros Físicoquímicos para establecer los límites permisibles para análisis de agua potable. Sin embargo, según (Terán & Cando, 2016) el 74,2% de los GAD Municipales, en el 2016, permitieron acatar la Norma 1108 establecida por INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización), la misma que establece los requisitos de calidad del agua, apta para consumo humano la cual se evidencia en la *Tabla 1-1*.

Tabla 1-1: Estándares de contaminación del agua potable

| PARÁMETROS | EXPRESADO COMO | UNIDAD | LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE |
|------------------------|----------------|----------|---|
| Turbidez | - | UTN | 5 |
| Color | Color real | Unidades | 15 |
| Olor y Sabor | - | - | Carácter subjetivo |
| Potencial de Hidrogeno | Ph | mg/l | 6-9 |
| Cloro | Cl | mg/l | 0.3 – 1.5 |
| Temperatura | | °C | Condición Natural + o – 3 grados |
| Oxígeno disuelto | O.D | mg/l | No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6 mg/l |

Fuente: (Tulsma, 2016)

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

Según información emitida por la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Riobamba (EP EMAPAR), los parámetros físicoquímicos que se analizan para determinar la calidad de agua potable que se abastece en la ciudad sin tener la necesidad de realizar pruebas de laboratorio, son los siguientes: turbidez, color, olor, sabor, potencial hidrógeno,

temperatura, cloro, aunque usualmente el cloro se lo hace por colorimetría y el oxígeno disuelto, tal como se menciona en el apartado anterior.

Dichos parámetros fisicoquímicos permiten conocer las condiciones en las que el agua se suministra a la ciudadanía. En función a esta información, se seleccionaron cuatro de los seis parámetros para definir las condiciones en las que el agua potable llega a los hogares, tomando así únicamente los parámetros fisicoquímicos como turbidez, potencial de hidrogeno, cloro y temperatura, descartando el análisis de oxígeno disuelto debido a que hay una estrecha relación con la temperatura, debido a que a medida que la temperatura incrementa el potencial de hidrogeno disminuye (MuñozHípólito, et al., 2015).

Está comprobado mediante estudios, que la variable de temperatura está asociado al crecimiento de algunos microorganismos *Figura 1-1*. Se sabe que, la bacteria E. Coli, es causante de algunas enfermedades que afectan directamente a la población causando daños estomacales, diarrea hemorrágica y hasta la muerte. Anteriormente se creía que la bacteria estaba ligada principalmente con el consumo de carne contaminada, hoy por hoy se conoce que puede presentarse en varios alimentos y el agua.

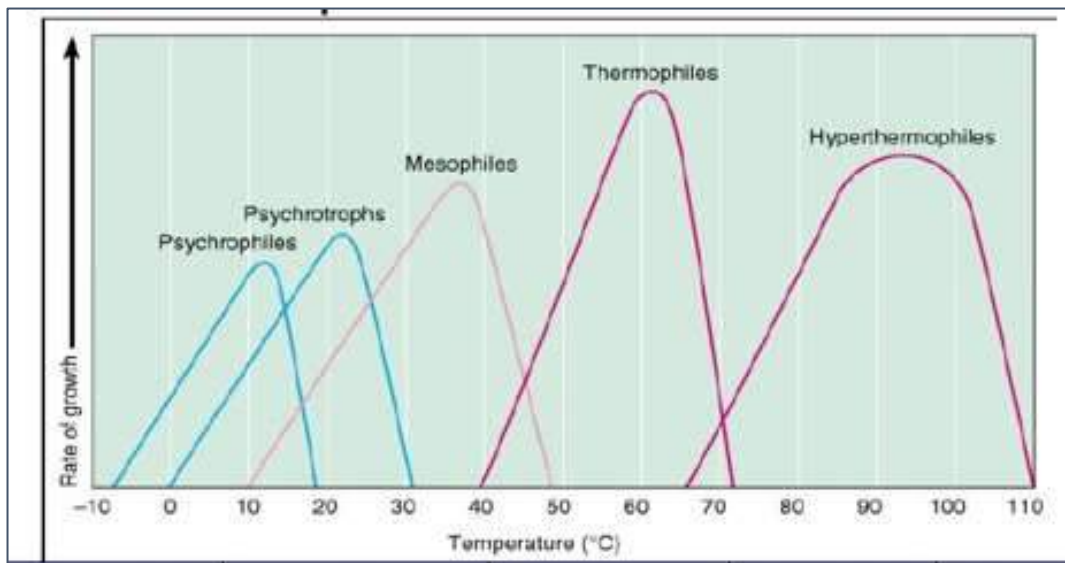


Figura 1-1: Efecto de la temperatura sobre la velocidad de crecimiento bacteriano.

Fuente: (Madigan, Michael T., 1998)

A continuación, en la *Tabla 2-1*, se puede apreciar los rangos de crecimiento microbiológico en función a la temperatura.

Tabla 2-1: Efecto de la temperatura sobre la velocidad de crecimiento

| Bacterias | Temperatura necesaria | T° mínima (°C) | T° óptima (°C) | T° máxima (°C) |
|------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Hipertermófilos | - | - | 80-100 °C | - |
| Termófilos | T° óptima alta | 40-45 | 50-70 | 60-90 |
| Mesófilos | T° óptima media | 10-15 | 25-40 | 35-47 |
| Psicrófilos | T° óptima alta | -5-5 | 5-15 | 19-22 |
| Psicótrofos | Facultativos | -5-5 | 15-30 | 30-35 |

Fuente: (Madigan, Michael T., 1998).

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

En la *Tabla 2-1*, se muestra como principalmente los mesófilos, que son microorganismos que se encuentran en medios acuáticos, se desarrollan y proliferan tomando en cuenta la temperatura del medio. En el caso de la *ESCHERICHIA COLI*, empieza su punto preciso de crecimiento entre los 25y 40°C, razón por la cual se considera el parámetro físico de la temperatura para determinar la calidad del agua potable.

1.4 Efectos de la contaminación del agua en los seres humanos.

La OMS se ha encargado de realizar estudios en los que se han determinado que tanto el uso de agua de consumo humano contaminada como las aguas servidas se encuentran entre las primeras causas de mortalidad en el mundo. Aproximadamente cada año mil quinientos millones de personas han padecido efectos secundarios por la ingesta de agua contaminada, siendo las principales: fiebre tifoidea, cólera, hepatitis y disentería. (OMS, 2019)

En el 2008 se realizó una encuesta a nivel mundial en la cual se evidencian los niveles de morbilidad y mortalidad por el uso de consumo humano, la cual representan cifras altas como se puede apreciar en la *Tabla 3-1*, además de enfermedades producidas a causa de la contaminación del líquido vital y saneamiento deficiente, no reportando una tabla actualizada.

Tabla 3-1: Tasa de principales enfermedades relacionadas con el consumo de agua contaminada

| ENFERMEDADES | MORBILIDAD | MORTALIDAD |
|----------------------|-------------------|-------------------|
| Cólera | 297.000 | 4.971 |
| Fiebre tifoidea | 500.000 | 25.000 |
| Amibiasis | 48.000.000 | 110.000 |
| Enfermedad diarreica | 1.600.000.000 | 3.200.000 |

Fuente: (Sánchez, 2008)

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

Según (OMS, 2018), calcula que 842000 personas mueren anualmente por disentería a causa de agua contaminada.

Si bien el cloro es usado en varias fases de la potabilización es necesario conocer que el exceso de cloro en el agua de bebida o la que se consume, trae consecuencias graves en individuos asmáticos o individuos que tengan reacciones alérgicas al cloro, teniendo como reacciones: irritación en la boca y garganta además de una sensación de estrangulamiento (Sánchez, 2008).

1.5 Calidad de agua potable en el Ecuador.

Según Environmental Perfonce Index (EPI), encargado de establecer índices de rendimiento ambiental indica que Ecuador se encuentra en el puesto 84 del ranking mundial de calidad de agua potable con una valoración de calidad de 54.28/100 en la actualidad (EPI, 2018). Cumpliendo así con estándares mínimos de calidad de agua potable sin mencionar que solo un 76.51% de los hogares tienen acceso a la misma.

En el año 2012, el instituto encargado de estadísticas y censos INEC, realizó una encuesta en la cual se calificó la calidad de agua potable de varias ciudades del país. Determinando que a nivel nacional se obtuvo una calificación de 3.5/5, siendo el valor de uno la de menor calidad y cinco la de mayor. A continuación, en la *Tabla 4-1* se puede evidenciar la evaluación realizada en las principales ciudades del País, lo que determina una muestra de la población general.

Tabla 4-1: Calidad de agua potable en el Ecuador

| CIUDADES | CALIFICACIÓN |
|-----------|--------------|
| Machala | 2.89/ 5 |
| Guayaquil | 3.53 / 5 |
| Quito | 3.99 / 5 |
| Ambato | 4.10 / 5 |
| Cuenca | 4.63 / 5 |
| Riobamba | 3.60 / 5 |

Fuente: (Inec, 2012)

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

De la *Tabla 4-1*, se aprecia que la ciudad de Cuenca tiene el sistema de agua potable más aceptable que en el resto del país, con una calificación de 4.63/5 (Inec, 2012), debido a que manejan un sistema de tratamiento de aguas, enfocado en los procesos de Captación, Conducción, Potabilización y Distribución del agua potable.

Es relevante mencionar que en la ciudad de Riobamba la temática de agua potable, es un tema de auge puesto que se busca abastecer de un recurso de calidad a la ciudadanía. Opuesto a la realidad de estas ciudades, se determinó que a nivel nacional la población utiliza cinco formas de tratar el agua potable que llega a los hogares, predominando con un 40.33% hervir el agua y un 1.29% utilizan el método de filtrado como se puede evidenciar en la *Figura 2-1*.

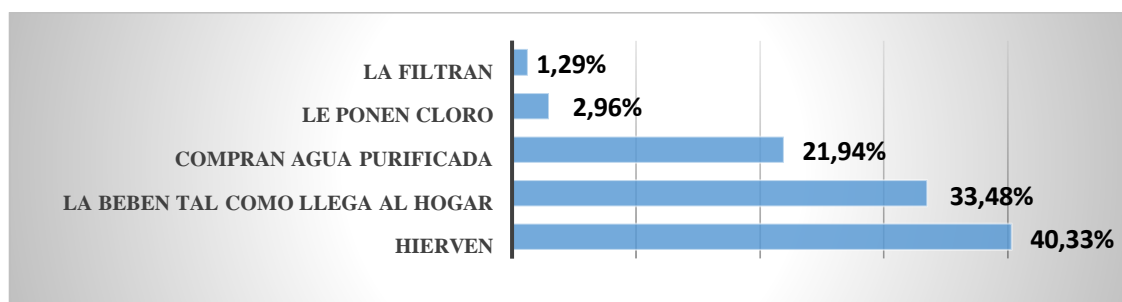


Figura 2-1: Tratamientos existentes en el Ecuador para la purificación de agua

Fuente: (Inec, 2012)

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

1.6 Instrumentos de medición de calidad de Agua Potable

En el mercado existe un sin número de instrumentos diferentes para poder analizar ciertos parámetros, los cuales se muestran a continuación.

1.6.1 Medidor de pH

Es un instrumento capaz de medir la actividad del ion de hidrogeno indicando si una sustancia es básica o acida tomando en cuenta el diferencial entre el electrodo lector y el valor de pH de referencia a través de electrodos ya sean separados o en combinación, los mismos que en particular son de vidrio, tal como se muestra en la *Figura 3-1* (Hach, 2018).



Figura 3-1: Instrumento de medición de pH

Fuente: (Instruments, PCE, 2018)

1.6.2 Medidor de Turbidez

La turbidez se puede apreciar de manera óptica, por lo que el principio de funcionamiento del turbidímetro se basa en medir la dispersión de la luz a través de un fluido. Como se muestra en la *Figura 4-1*, el medidor de turbidez contiene dos diodos un emisor y un receptor,

el diodo emisor se encarga de generar un haz de luz el cual esta perpendicularmente ubicado al diodo receptor el mismo que receptara la luz reflejada por partículas existentes en la sustancia a tratar (Galindo & Sánchez, 2015).



Figura 4-1: Instrumento de medición de Turbidez

Fuente: (Instruments, PCE, 2018)

1.6.3 Medidor de cloro CL2 y pH analógico modelo PC-101

Es uno de los instrumentos más usados debido a su fácil uso y por su tamaño compacto, es sumamente sencillo de manejar al igual que tomar las muestras respectivas, debido a que los electrodos tendrán que ser sumergidos en la sustancia a analizar e inmediatamente la aguja mostrara los niveles de cloro como ph, como se muestra en la *Figura 5-1*. Dicho medidor es abastecido a través dos pilas AA que sirven como fuente de energía. Cabe recalcar que antes de ser usado por primera vez se tiene que realizar la calibración correspondiente (Electro-Informatica, 2018).



Figura 5-1: Instrumento de medición de cloro

Fuente: (Informática, Electro-, 2018)

1.6.4 Medidor cloro continuo HANNA PCA310

Capaz de realizar una medición de cloro de manera continua, teniendo como ventaja, añadir automáticamente el reactivo para el análisis en un rango de cinco a ciento cuatro minutos, además de tener incorporado un regulador de presión con un sistema de alarma incorporado teniendo como margen de error 0.05mg/l, como se puede apreciar en le *Figura 6-1*.



Figura 6-1:Medidor Cloro Modelo Hanna Pca310

Fuente: (Quimpool, s.f.)

1.6.5 Medidor de salinidad y temperatura LAQUAtwin Salt-22

Como se presenta en la *Figura 7-1*, este instrumento analiza la concentración de sal existente en fluidos a través de un electrodo que emite el resultado en su pantalla led en corto tiempo, posee un amplio rango de mediciones como lo es de 0.1% a 10%, no necesita reactivos. (PCE Instruments, 2018).



Figura 7-1: Instrumento de medición de temperatura.

Fuente: (Instruments, PCE, 2018)

1.6.6 Medidor de Oxígeno Disuelto y temperatura Modelo DO 4000

Es un dispositivo portátil de alta precisión teniendo como principales características la compensación de temperatura para el correcto funcionamiento del equipo al realizar el análisis en forma digital de oxígeno disuelto además de una alta precisión de temperatura. El equipo proporciona una interfaz gráfica de usuario teniendo la posibilidad de visualizar diferentes unidades de medida. (Gisiberica, 2016) como se puede apreciar en la *Figura 8-1*.











Figura 8-1: Medidor de oxígeno disuelto y temperatura

Fuente: (La Motte, 2018)

1.7 Sensores inteligentes de parámetros Fisicoquímicos para análisis de agua

En el extendido mundo de la electrónica ha ido innovando día a día teniendo así una gran variedad de sensores electrónicos que ayudan a la obtención de valores de los parámetros fisicoquímicos como se puede evidenciar en la *Tabla 5-1*.

Tabla 5-1: Sensores de medición de parámetros fisicoquímicos del agua

| PARÁMETRO | GRÁFICO | CARACTERÍSTICAS |
|------------------|---|--|
| Ph |  | Rango:0-14 PH Temperatura: 0 - 60 °C Precisión: ±0.1 pH |
| Temperatura |  | Rango: -55 °C a +125 °C Precisión: ±0.5 °C desde -10 a +85 °C ±2 °C hasta rango completo |
| Turbidez |  | Tiempo de respuesta: <500ms Temperatura: -30°C a 80°C |
| Cloro |  | Rango: 0.00 - 2.00 Cloro Temperatura: 0° - 45° C 4 – 9 pH |
| Oxígeno disuelto |  | Rango:0 mg/l a 20 mg/l Temperatura: 0 a 50° C |
| Conductividad |  | Tiempo de respuesta: 90% 1seg Temperatura: 1° - 110° C Máximo profundidad: 343 m |
| Orp (redox) |  | Tiempo de respuesta: 1seg Temperatura: 1° - 99° C Presión: 100 psi |
| Nitritos |  | Rango: 0.00 - 75.00 mg/l |

Fuente: (Scientific, Atlas, 2018)

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

1.8 Plataformas

Son usualmente conocidas como placas electrónicas, a través del tiempo se han vuelto indispensables a la hora de implementación de proyectos y prototipos debido a sus múltiples prestaciones que proporciona. Actualmente existe una gran variedad de modelos con diferentes características y compatibles con módulos, sensores y diferentes dispositivos electrónicos (Machado, 2017).

1.8.1 Galileo

Es la primera placa basada en Intel, compatible en hardware y software con las shields de Arduino naturalmente compatible con Arduino IDE, una herramienta muy interesante en el ámbito de la domótica. Se ejecuta bajo el sistema operativo Linux y puede ser programado Windows, Linux, Mac OS ejecutándose con un sistema de 32-bits (Arduino, 2018). En la *Figura 9-1* se puede apreciar el software de la tarjeta Intel Galileo.



Figura 9-1: Tarjeta de desarrollo Intel Arduino

Fuente: (Maturana, 2013)

1.8.2 Raspberry Pi 2

Es un ordenador sumamente pequeño como se puede apreciar en la Figura 10-1, posee 4 núcleos a 900Mhz además de poseer una memoria RAM de 1GB siendo seis veces más potente que su versión anterior. Posee un soporte de Windows 10, proporcionando compatibilidad con futuras versiones de Windows.

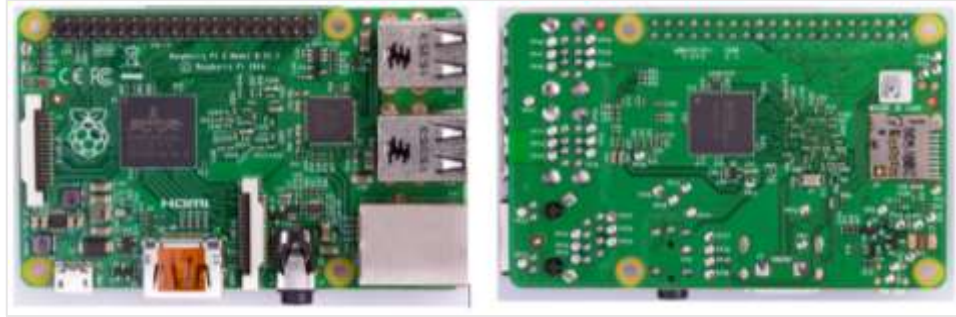


Figura 10-1: Raspberry Pi 2

Fuente: (Raspberry, 2018)

1.8.3 Arduino

La inteligencia de Arduino se expresa mediante su lenguaje de programación, su sencillez y bajo coste, por tal razón presenta una variedad de modelos con una diversidad de especificaciones y características de cada uno de ellos en función a las necesidades del usuario. Al ser de código abierto, facilita la elaboración de proyectos sencillos y de alta complejidad, presentando alta compatibilidad con diferentes dispositivos electrónicos. Se puede ejecutar en diversas plataformas de sistemas operativos tales como Windows, Mac OS y Linux (Castillo & Murillo, 2017, p. 36). En la *Figura 11-1* se puede apreciar uno de los modelos más comercializado de Arduino.



Figura 11-1: Arduino Uno

Fuente: (Arduino, s.f.)

1.8.4 Comparación de las diferentes tarjetas de desarrollo.

En la *Tabla 6-1*, se puede apreciar la comparación entre las diferentes tarjetas de desarrollo tomando en cuenta las características más relevantes de cada una de ellas.

Tabla 6-1: Comparación de las diferentes tarjetas de desarrollo

| | RASPBERRY PI | INTEL GALILEO | ARDUINO |
|-----------------------|-------------------------------------|----------------------|----------------|
| Procesador | Broadcom BCM | Soc Quark X100 | AT Mega328 |
| E/S Análogas | - | 6 | 6 |
| E/S Digitales | 8 | 14 | 14 |
| Memoria Ram | 1 GB | 512 KB | 2KB |
| Memoria Flash | - | 8 MB | 32KB |
| Voltaje de operación | 3.3V /5V | 3.3V / 5V | 5 |
| Voltaje de Entrada | 5 V | 5V | 5V-7V-12V |
| USB | 4 | 2 | 1 |
| Ethernet | 10/100 | 10/100 | No contiene |
| Entorno de Desarrollo | Open Embedded, Scratchbox, Eclipse | Arduino IDE | Arduino IDE |
| Velocidad | 900 MHz | 400 MHz | 16 MHz |
| Sistema Operativo | Distribuciones de Linux, Windows 10 | Linux, Windows | Ninguno |
| Precio | \$50 | \$90 | \$30 |

Fuente: (Ortiz & Cobos, 2017)

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

Posteriormente de haber realizado la comparativa entre las diferentes tarjetas de desarrollo, se obtiene que la tarjeta a utilizar en el presente prototipo es Arduino por el costo de alrededor de 30 dólares y la alta accesibilidad en el mercado. ajustándose a los requerimientos del sistema, además de poseer una amplia información con respecto a la programación debido a la popularidad que ha llegado a obtener.

1.9 Tecnologías inalámbricas para transmisión de datos

En la actualidad existen varios estándares para la transferencia de datos, cada una de ellas se clasifican dependiendo el ancho de banda, la cobertura entre otras. Entre los medios de transmisión inalámbricos más usados tenemos: Wi-fi, Bluetooth, Zigbee, y Radio Frecuencia, GPRS.

1.9.1 WI-FI

El estándar 802.11 o comúnmente definido como Wi-fi fue denominado por la IEEE con el objetivo de reemplazar las comunicaciones alámbricas Ethernet. Su banda de funcionamiento es de 2.4Ghz, teniendo como principal característica su compatibilidad con la mayoría de dispositivos, además de tener un bajo costo en relación a otras tecnologías y una velocidad aceptable (Ortiz & Cobos, 2017).

1.9.2 Bluetooth

Es un estándar de comunicaciones inalámbricas que es destacable dentro de las redes de área personal. Su funcionamiento se basa en un emisor RF y un receptor los cuales pueden trabajar en una banda hasta 2.4 Ghz, entre sus principales características está el bajo consumo de potencia, posee robustez ante interferencias debido a que es de alcance limitado por lo tanto hace que la comunicación sea más segura (Ruiz, et al., 2004).

1.9.3 Zigbee

Se basa en el estándar 802.15.4 de la IEEE que trabaja en las bandas de 868 Mhz, 915 Mhz y 2.4 Ghz. Entre sus características principales está el bajo costo, bajo consumo, de corto alcance y seguridad, es uno de los estándares más apto para ser usado en redes de sensores (Dignani, 2011).

1.9.4 Radiofrecuencia

Denotado por sus siglas RF, tiene un sin número de aplicaciones debido a que entre sus principales características está el alcance que puede llegar a obtener, además de que las ondas con las que funcionan pueden llegar a través de obstáculos. Para su funcionamiento depende de variables como frecuencia, sensibilidad del receptor, potencia, antena y del entorno en el que vaya a ser implementado (Ortiz & Cobos, 2017).

1.9.5 GPRS

El servicio general de paquetes vía radio o más comúnmente conocido como GRPS, es una tecnología inalámbrica proveniente de la evolución de GSM, su principal característica es la de transmitir datos a altas velocidades, ideal para la transmisión de datos a la nube ya que es un servicio con el que cuenta GPRS (Moy & Carrillo, 2009).

1.9.6 Comparación entre las diversas tecnologías inalámbricas

Como se puede apreciar en la *Tabla 7-1*, se encuentran las diferentes tecnologías inalámbricas con sus correspondientes características.

Tabla 7-1: Comparación entre las diversas tecnologías inalámbricas.

| | WI-FI | BLUETOOTH | ZIGBEE | RADIO FRECUENCIA | GPRS |
|---------------------|---|---|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Estándar | 802.11 | 802.15.1 | 802.15.4 | - | GPRS |
| Frecuencia | 2.4 Ghz 802.11g 5 Ghz 802.11a | 2.4 Ghz | 868 / 915 Mhz 2.4 Ghz | 433Mhz a 2.4 Ghz | 800 Mhz 1800Mhz 1900Mhz |
| Rango de cobertura | 30m 802.11a 100m 802.11b 100m 802.11g | Clase 1:100m Clase 2: 10m Clase 3: 1m | 10-100m | Depende de varias variables | 5Km |
| Tasa de Transmisión | 54Mbps | 1Mbps-3Mbps | 250Kbps | - | 114 Mbps |
| Numero de nodos | 32 802.11b | 7 | 255/64k+ | | |
| Costo | Normal | Bajo | Bajo | Alto | Bajo |
| Topología | Estrella | Estrella | Estrella Árbol Malla | Estrella | Estrella |

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

Por la comparación realizada en la *Tabla 6-1*, se puede concluir que la tecnología que más se adapta a prototipo por sus diferentes características es GPRS debido al rango de cobertura de 5 Km y su alta de trasmisión de datos de 114Mbps.

1.10 Sistema de Posicionamiento Global

Denominado por sus siglas GPS, es un sistema que ayuda a obtener la localización de un objeto en cualquier parte de la Tierra, su precisión podría llegar a ser de centímetros si se usa un GPS diferencial, pero lo usual es que exista un error de pocos metros con respecto al punto de medición. Su funcionamiento se basa en una red de 24 satélites.

Para poder recibir las coordenadas de ubicación es necesario que el módulo de GPS obtenga información de al menos tres satélites. A partir de la información recibida, el modulo sincronizará el reloj del dispositivo además de calcular el retraso de las señales y por el método de “triangulación” se determinará la posición de dicho objeto. La triangulación no es más que determinar la distancia desde el punto de medición con respecto a cada satélite (Avilés & Bajaña, 2010).

En la *Figura 12-1* se aprecia el case de un equipo GPS, en la cual se puede visualizar una interfaz gráfica la cual muestra la ubicación en un mapa además de múltiples opciones de interacción con el equipo.



Figura 12-1: Case de un equipo GPS xcn2050
Fuente: (Hortega Simon, s.f.)

CAPITULO II

2 MARCO METODOLÓGICO

El presente capítulo describe la conceptualización del diseño de una red inalámbrica para georreferenciar puntos de contaminación de agua potable en hogares, considerando los requerimientos del sistema a cumplir, llegando a justificar la elección de cada dispositivo y tecnología que lo integraran.

2.1 Requerimientos Hardware para el sistema

Para lograr alcanzar los objetivos planteados con el presente proyecto, existen un sinnúmero de dispositivos y tecnologías entre otros para lograr implementarlo para ello, es necesario puntualizar varias consideraciones que nos ayudaran a cumplirlos.

- Implementar el prototipo de fácil utilización, compacto y económico.
- Utilizar dispositivos de fácil adquisición.
- Correcta lectura y transmisión de datos.
- Fácil interpretación de datos que permitan la supervisión de puntos de contaminación de agua potable.

2.2 Concepción General del sistema

Se propone una red conformado por dos nodos: nodo recolector y nodo de almacenamiento, *Figura 1-2*.

El nodo recolector está compuesto por: sensores inteligentes, electroválvulas, un módulo de comunicación y un módulo posicionamiento global. Los mismos obtendrán y procesarán los datos de los sensores conjunto con las coordenadas emitidas por el módulo de

posicionamiento global para ser enviados a un sitio web por medio del módulo de red inalámbrico.

El nodo de almacenamiento constará de una base de datos alojada en una página web la cual albergará los datos obtenidos por el nodo de lectura asociados a un número de medidor, Esta información estará disponible tanto para entidades públicas encargadas del control de calidad de agua potable, como para entidades privadas y usuarios en general.

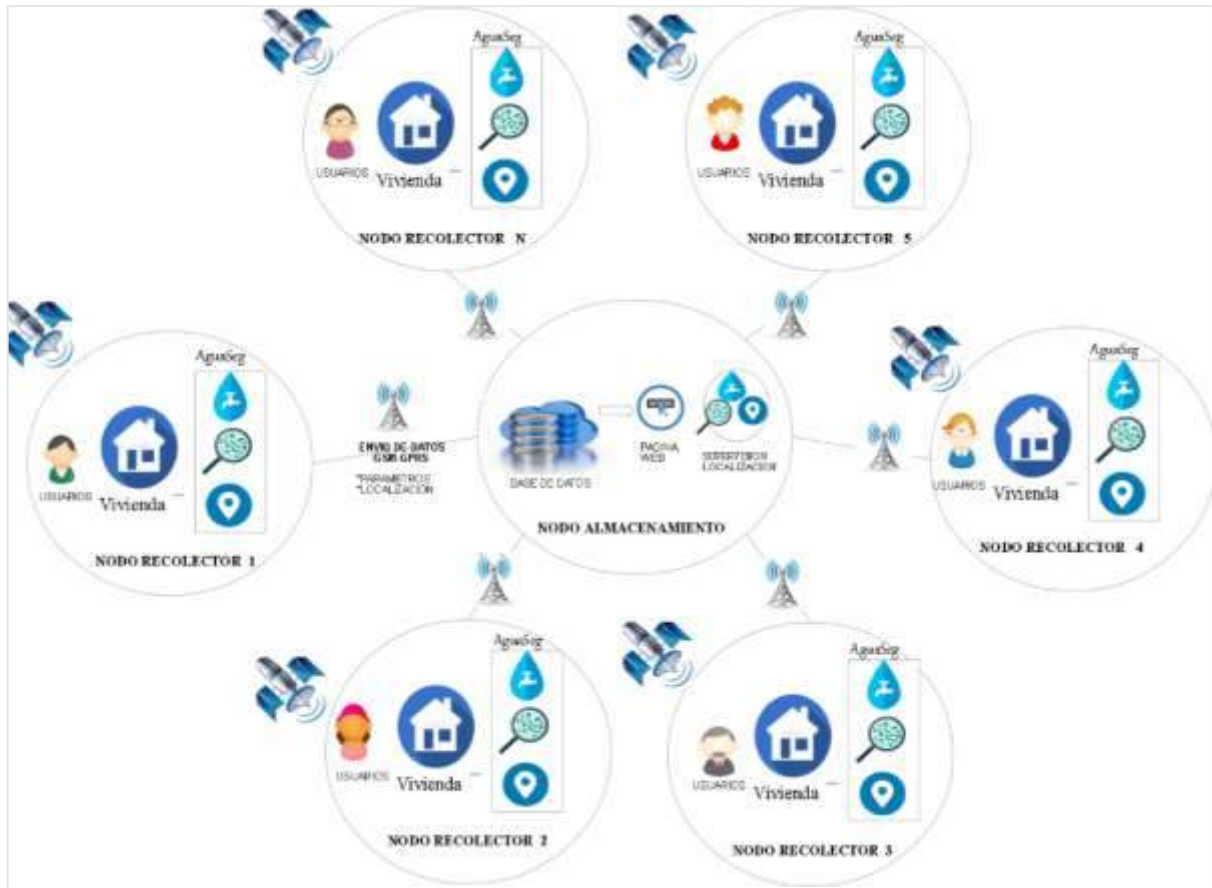


Figura 13-2: Concepción general del sistema.

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

2.2.1 Diseño de la Arquitectura del sistema

Para la representación de la arquitectura del prototipo se utilizará un diagrama de bloques como se puede apreciar en la *Figura 2-2*, el cual contará con cuatro bloques denominados: alimentación, lectura de datos, transmisión de datos y procesamiento.



Figura 14-2: Arquitectura del prototipo

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

2.2.1.1 *Bloque de Alimentación*

Será conformado por una Fuente AC (Corriente Alterna) - DC (Corriente Directa), la misma que se ajusta perfectamente al sistema propuesto, debido a que el sistema que se propone debe funcionar las veinticuatro horas del día.

2.2.1.2 *Bloque de Lectura*

Estará compuesto por sensores inteligentes (pH, turbidez, temperatura, cloro) los mismos que cumplirán con el objetivo de convertir señales detectadas en señales físicas como, voltaje, para ser comparadas con estándares de agua para uso de consumo humano. A su vez en caso de existir una anomalía en el análisis de los parámetros fisicoquímicos.

2.2.1.3 *Bloque de Transmisión*

Constará de un módulo de red inalámbrico el cual será el encargado de transmitir los datos obtenidos a un destino final, el cual deberá cumplir con las características adecuadas para el correcto funcionamiento del sistema.

2.2.1.4 Bloque del Procesamiento

El procesamiento de la información será mediante una tarjeta de desarrollo por el cual se ejecutarán sentencias de programación en el cual será encargado del tratamiento de la información como de la recopilación de los datos además del sistema de control (electroválvulas) el cual limitará el paso del agua que se encuentra fuera de los parámetros, de manera que el agua contaminada se podrá destinar a un tanque reservorio para proceder con una desinfección manual o a su vez destinarla a necesidad del usuario, y el agua apta para el consumo humano pueda abastecer al hogar con normalidad.

2.3 Elección de dispositivos a ser implementados





A continuación, se procede a la elección de los dispositivos a ser implementados, los mismos que deberán cumplir con los requerimientos previamente propuestos del hardware. Los cuales se subdividen en cinco apartados como son: plataforma, sistema de comunicación, módulo de posicionamiento global, sensores y actuadores. Los respectivos datasheet se encuentran del Anexo A al Anexo F.

2.3.1 Plataforma

Arduino

Al ser una tarjeta de desarrollo de gran demanda en el mercado, existen varios modelos de los cuales se considera los más relevantes y de mayor disposición como se puede apreciar en la *Tabla 1-2*, la misma que contiene información que ayudara a la selección del modelo que más se ajuste para el desarrollo del presente proyecto.

Tabla 8-2: Comparación de las diferentes tarjetas de desarrollo Arduino.

| | MEGA 2560 | MICRO | NANO | UNO |
|-----------------------------------|---|---|--|---|
| |  |  |  |  |
| Microcontrolador | ATMega2560 | ATMega32U4 | ATMega328 | ATMega328P |
| Voltaje operativo | 5V | 5V | 5V | 5v |
| Voltaje de entrada | 7-12V | 5 - 12VDC | 7-12V | 7 – 12 V |
| Dimensiones | 101.50 x 53.3 mm | 48 x 18 mm | 45 x 18 mm | 68.6 x 53.4 mm |
| Pines digitales de entrada/salida | 54 (de los cuales 15 proveen salida PWM) | 20(7 son salidas PWM) | 14 (6 son salidas PWM) | 14(6 son salidas PWM) |
| Pines analógicos de entrada | 16 | 12 | 6 | 6 |
| Memoria flash | 256 KB (8KB usados por el bootloader) | 32 KB (4 KB usados por el bootloader) | 32KB | 32 KB (ATMega328) 0,5 KB usado por Bootloader |
| Sram | 8KB | 2.5 KB | 2KB | 2KB |
| Eeprom | 4KB | 1 KB | 1 KB | 1 KB |
| Clock speed | 16 MHZ | 16 MHZ | 16 MHZ. | 16 MHZ. |
| Conectores y botones | Botón Reset, Conector USB, Power Jack, ICSP | Botón Reset, Conector USB, ICSP | Botón Reset, Conector mini USB | Botón Reset, Conector USB, Power Jack, ICSP |

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

En función al análisis realizado de la *Tabla 1-2* de las características y especificaciones de los modelos de Arduino, se seleccionó el modelo Arduino Mega debido a la disponibilidad existente de terminales tanto analógicos como digitales y salidas PWM (modulación por ancho de pulso), además de poseer una memoria flash de 256KB en la cual se almacenará el programa compilado, de tal manera que cubre con las necesidades y requerimientos para la elaboración del proyecto.

Arduino Mega 2560.

Es un tablero de Microcontrolador basado en ATmega2560. Está diseñado para proyectos de mayor complejidad. Únicamente es necesario conectarlo a un computador con un cable USB o a su vez encenderlo con un adaptador de CA a CC o una batería. (Arduino, 2019).

El Arduino Mega, posee una memoria RAM de 8KB, además cuenta con 54 entradas/salidas digitales, funciona a 5V, y de 7V a 12V, lo cual permite obtener un mejor desenvolvimiento de los sensores que se van a utilizar para la determinación de los parámetros fisicoquímicos. (Vidarte, 2016)



Figura 15-2: Aspecto físico del Arduino Mega

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019.

2.3.2 Sistema de Comunicación

GPRS

En el mercado existen diversos módulos GPRS compatibles para diferentes tarjetas de desarrollo, en la *Tabla 2-2* se puede apreciar la comparación entre diversos módulos y sus principales características, de manera que sea posible seleccionar el módulo que mejor se adapte al sistema propuesto.

Tabla 9-2: Principales características de módulos GPRS

| | SHIELD GSM/ GPRS SIM900 | ICOMSAT | SHIELD GSM M95 | SHIELD M2M |
|------------------------------|--|--|--|--|
| Fabricante | SIMCOM | Itead Studio | QUECTEL | MCI Electronics |
| Banda | Quad-Band | Quad-Band | Quad-Band | Quad-Band |
| Frecuencia | 850 Mhz 900 Mhz 1800Mhz 1900Mhz | 850 Mhz 900 Mhz 1800Mhz 1900Mhz | 850 Mhz 900 Mhz 1800Mhz 1900Mhz | 850 Mhz 900 Mhz 1800Mhz 1900Mhz |
| Velocidad uplink/downlink | 42.8 / 85.6 Kbps | 42.8 / 85.6 Kbps | 42.8 / 85.6 Kbps | 85.6 Kbps |
| Megapprocesador | Sim 900 | Sim 900 | FT232 | Quactel M10 |
| Corriente | 50-450mA | 200-500mA | 1.2-1.3 mA | 40-1800mA |
| Alimentación | 4.8 - 5.2 VDC | 4.5 - 5.5 VDC | 5VDC | 5VDC |
| Funciones | SMS, voz y datos | SMS, voz y datos | SMS, fax, voz y datos | SMS, voz y datos |
| Protocolo | TCP HTTP FTP | TCP HTTP FTP | TCP HTTP PPP UDP | TCP/UDP/P PP FTP SMTP/HTTP SSL |
| Costo | \$ 38.00 | \$ 50.00 | \$ 55.00 | \$ 20.00 |
| Disponibilidad | ALTO | MEDIO | BAJO | BAJO |

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

Tomando en cuenta las principales características evidenciadas en la *Tabla 2-2*. El módulo de transmisión de datos que más se adapta al sistema propuesto y el que cumple con las características y los requerimientos de hardware antes mencionados, es el módulo Shield GSM/GPRS SIM900, debido a que es el modulo con mayor disponibilidad en el mercado, además de que tiene un precio relativamente bajo

Shield GSM/GPRS SIM 900. Es una tarjeta ultra compacta de comunicación inalámbrica, la cual soporta los principales protocolos de transmisión de datos, además la posibilidad de recibir y realizar llamadas, enviar y procesar mensajes de texto, transmisión de datos, rastreo GPS y tiene disponibilidad de terminales que son compatibles con todas las plataformas de hardware libre, además de poseer gran información con respecto a la plataforma Arduino.

La tarjeta GPRS está configurada y controlada por vía UART usando comandos AT. Únicamente se conecta la tarjeta al Microcontrolador, Arduino, y empieza la comunicación a través de comandos AT. En la *Figura 4-2* es posible visualizar el aspecto físico del módulo.

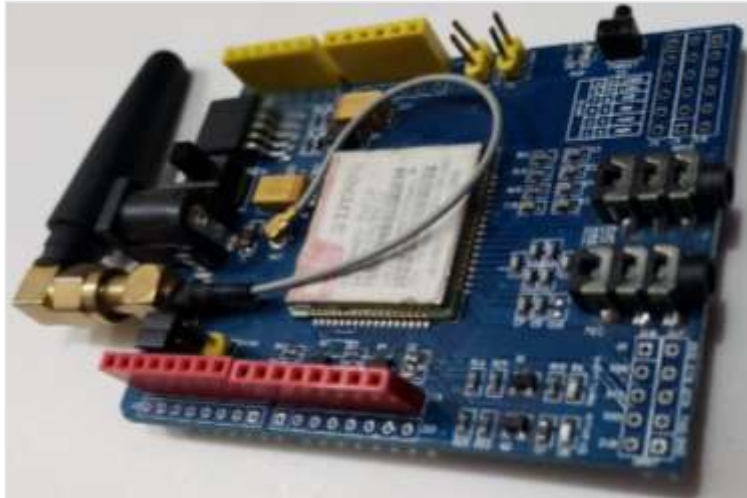


Figura 16-2: Aspecto físico GSM/GPRS SIM 900

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

Los comandos AT, también conocidos como comandos Hayes, son una serie de instrucciones que conforman un interfaz de comunicación entre usuario y modem.

El control mediante comandos AT son ordenes que se programan para que la Shield GSM/GPRS cumpla con funciones, para establecer una acción es necesario al desarrollar el programa de configuraciones ingresar comandos que al recibir un mensaje de confirmación en la interfaz del puerto serial del IDE Arduino pueda divisarse (Alulema, 2010).

Según (Gusqui, 2017) los comandos AT se inician desde que el Arduino y la Shield están conectadas por terminales debidamente configurados los cuales se los puede encontrar en la página principal. (Electronics, 2017)

Existen tres maneras de comunicación serial, ya sea por Hardware Serial (HW) o Software Serial (SW) o por Serial UART. Para lo cual existen puertos específicos de utilización para cada modo de comunicación como se puede apreciar en la *Figura 5-2*, y para ello es necesario la utilización de un Jumper.

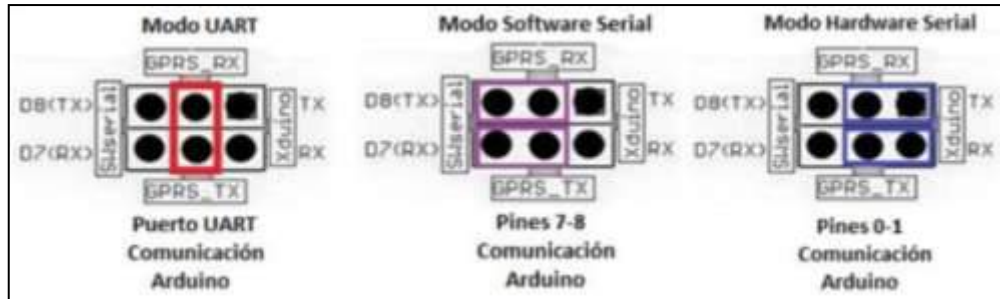


Figura 17-2: Opciones de conexión Serial

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

Para la implementación de este módulo se optó por realizarla por Software Serial para ello se necesita colocar el Jumper en la posición pertinente como se puede apreciar en la *Figura 6-2*, además se necesita enviar un pulso por el pin numero 9 al módulo Arduino Mega para el encendido de la tarjeta SIM.

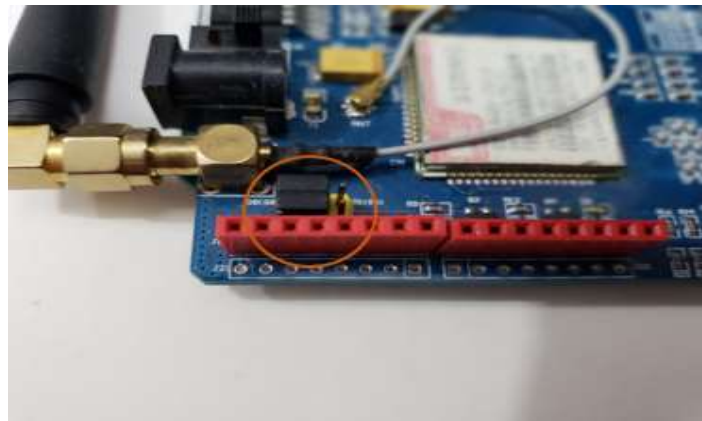


Figura 18-2: Jumper para la comunicación Software Serial

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

2.3.3 GPS

En cuanto se refiere a módulos de posicionamiento global, los módulos que más son familiarizados con las tarjetas de desarrollo, es la familia NEO. Posee un sin número de módulos los cuales presentan múltiples similitudes entre sí, tomando en cuenta el módulo más comercial y de costo accesible se ha optado por el módulo Neo-6m, sin mencionar que existe una amplia información de su uso como de su configuración. (Pastrano, 2017)

Ublox NEO-6M

Posee una antena de cerámica incorporada, razón por la cual no requiere de más accesorios para su adecuado funcionamiento. A continuación, en la *Figura 7-2* es posible evidenciar el módulo y las terminales de recepción (RX), transmisión (TX), voltaje VDC y conexión a tierra (GND), así mismo en la *Tabla 3-2* se mencionan las principales características del Ublox NEO-6M GPS.



Figura 19-2: Aspecto Físico NEO-6M GPS

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

Tabla 10-2: Principales Características del NEO-6M GPS

| Ublox NEO-6M GPS | |
|-------------------------------|-----------------|
| Voltaje de alimentación: | (3.5 – 5)VD |
| Corriente | 70 Ma |
| Tamaño de antena | 22x22mm |
| Tamaño de modulo | 23x30mm |
| Baudrate | 9600 |
| Sistema de coordenadas | WGS-84 |
| Máxima altura medible: | 18000 |
| Máxima velocidad | 515 m/s |
| Exactitud | 1Mega segundo |
| Temperatura de funcionamiento | -40 ° C a 85° C |
| Error aproximado | 2 a 3 m |

Fuente: (U-blox, 2017)

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

2.3.4 Sensores

Previamente realizado la selección de los parámetros fisicoquímicos a ser analizados, se selecciona de los sensores existentes en el mercado para cada parámetro.

2.3.4.1 Sensor de pH

Módulo sensor de pH SEN0161. En el mercado se puede encontrar la sonda de pH para Arduino SEN0161. El cual es un dispositivo de DFRobot *Figura 8-2*, especialmente diseñado para trabajar con Microcontroladores de Arduino. La sonda, está compuesta por un sensor de pH, el mismo que se encarga de proporcionar al Microcontrolador, una señal analógica la cual es directamente proporcional a la medición del pH mediante la utilización de un conector BNC, además, un circuito acondicionador, el mismo que se encarga de transformar la medida a un valor en el rango del Microcontrolador (Vidarte, 2016).



Figura 20-2: Aspecto físico Sensor de pH con sus respectivos módulos

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

A continuación, en la *Tabla 4-2* se puede evidenciar las principales características de la sonda de pH.

Tabla 11-2: Principales características del sensor de pH

| PARÁMETROS | |
|--------------------------------|-------------|
| Tensión de funcionamiento | 5V |
| Tamaño del circuito | 43mm x 32mm |
| Rango de medida del Ph | 0-14 |
| Rango de temperatura soportada | 0-60 C |
| Corriente | 5-10mA |
| Precisión | ±1pH (25°C) |

Fuente: (Vidarte, 2016)

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

2.3.4.2 Sensor de Temperatura

Módulo Sensor temperatura DS18B20. Permite medir temperaturas de hasta 125°C de forma fácil y además está sellado en un envoltorio estanco que permite sumergirlo en un líquido o protegerlo de la intemperie. Dado que es un sensor digital, la señal leída no se degrada debido a la distancia del cableado. Puede funcionar en modo 1-Wire con una precisión de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ con una resolución de 12 bits.

Pueden utilizarse varios sensores sobre el mismo terminal ya que internamente viene programado con un ID único de 64 bits para diferenciarlos. El rango de funcionamiento es de 3 a 5V por lo que se puede utilizar en prácticamente cualquier sistema de que use Microcontroladores (ElectroniLab, s.f.).



Figura 21-2: Aspecto físico del sensor de temperatura.

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

Las principales características y especificaciones del sensor, se puede apreciar en la *Tabla 5-2*.

Tabla 12-2: Principales características del sensor de temperatura

| SENSOR DE TEMPERATURA | |
|------------------------------|--|
| Rango de temperatura | -55 a 125°C |
| Resolución | De 9 a 12 bits (configurable) |
| Interfaz | 1-Wire (Puede funcionar con un solo pin) |
| Identificador interno | 64 bits |
| Precisión | ±0.5°C (de -10°C a +85°C) |
| Tiempo de captura | Inferior a 750ms |
| Alimentación | 3.0V a 5.5V |

Fuente: (ElectroniLab, s.f.)

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

2.3.4.3 Sensor de Turbidez

El SEN0189 de DFRobot, permite detectar la cantidad de sólidos suspendidos existentes en el agua. Este sensor mide los niveles de turbidez en el agua potable detectando la proporción de sólidos suspendidos en el agua al medir la transmisión y la tasa de dispersión de la luz emitida. Concretamente mide a través de un fotodiodo la atenuación de la intensidad de la luz ocasionada por la dispersión debida a sustancias disueltas y no disueltas. (Vidarte, 2016).

Por medio de la tarjeta de procesamiento facilita su implementación como se puede apreciar en la *Figura 10-2*.



Figura 22-2: Aspecto físico del sensor de turbidez con su módulo para Arduino

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

A continuación, se puede evidencia las principales características del sensor de turbidez en la *Tabla 6-2*

Tabla 13-2: Principales características del sensor de turbidez

| SENSOR DE TURBIDEZ | |
|-------------------------------|---|
| Voltaje de funcionamiento | 5V DC |
| Corriente de funcionamiento | 40mA (máximo) |
| Tiempo de respuesta | <500ms |
| Resistencia de aislamiento | 100 M (Min) |
| Método de salida | Analógico |
| Salida analógica | 0 - 4.5V |
| Salida digital | Señal de nivel alto / bajo (puede ajustar el valor umbral ajustando el potenciómetro) |
| Temperatura de funcionamiento | 5C ~ 90C |
| Temperatura de almacenamiento | -10C ~ 90C |
| Dimensiones del adaptador | 38 mm * 28 mm * 10 mm |

Fuente: (Vidarte, 2016)

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

2.3.4.4 Sensor de Cloro

Ph y Cloro tester PC-101. Para la elaboración del prototipo se utilizó un medidor I de pH y cloro analógico, *Figura 11-2.* El mismo que fue desmontado para permitir únicamente la utilización de la sonda que permitía la medición perteneciente al cloro. Una de sus ventajas es su bajo costo y alto nivel de confiabilidad puesto que los valores que se obtienen como resultado de la lectura poseen un leve índice de error.



Figura 23-2: Aspecto físico del medidor de cloro

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

A continuación, en la *Tabla 7-2* se muestran las características del medidor de Cloro.

Tabla 14-2: Principales características del medidor de Cloro

| MEDIDOR DE CLORO | |
|-------------------------|---|
| Funcionamiento | Mediante utilización de pilas 1 x 1.5 V. AA |
| Escala de cloro | 0,2 ppm - 3,5 ppm. |

Fuente: (Anon., s.f.)

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

2.3.4.5 LCD

Display LCD 20×4, es un dispositivo de alta calidad, alfanumérico de cuatro filas por veinte columnas con Backlight Led Azul como se aprecia en la *Figura 12-2*, con una tarjeta adaptable con cuatro terminales de salida que serán conectados a la placa Arduino, de manera

que muestra los resultados de cada uno de los parámetros analizados, además permite visualizar las coordenadas de ubicación del prototipo.



Figura 24-2 Aspecto físico del Display LCD 20×4

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

En la *Tabla 8-2*, se muestra las principales características de Display LCD 20x4.

Tabla 15-2: Principales características del Display LCD20x4

| Display LCD 20×4 | |
|--------------------------|---------------------------------|
| Resolución | 20 Caracteres x 4 Lineas |
| Consumo | Bajo |
| Presentación | Texto blanco, luz de fondo azul |
| Temperatura de operación | -20° a +70° |
| Tensión de alimentación | 5V |
| Tamaño | 9,8 cm x 6 cm x 1,2 cm. |

Fuente: (EastRsing, 2016)

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

2.3.4.6 Actuadores

Relé

Son dispositivos electromagnéticos que cumplen la función de interruptor, aunque muchos autores lo consideran como amplificador por la razón de controlar un circuito de mayor potencia del que es suministrado, muy utilizados a la hora de implementar circuitos de control o de mando. (Guerra & Atiaga , 2011)

Módulo Relé de dos canales. Entre sus principales características destaca su compatibilidad con la mayoría de plataformas además que es una de las versiones con mayor inmunidad al ruido. Posee la facilidad de alimentar cada canal indistintamente o su vez colocar un jumper para alimentarlos conjuntamente como se puede apreciar en la *Figura 11-2*.



Figura 25-2: Modulo Relé de dos canales

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

Posee tres terminales de salida para cada canal que son: NO (Normalmente Abierto), NC (Normalmente Cerrado) y otro terminal denominado COMÚN como se aprecia en la *Figura 14-2*.

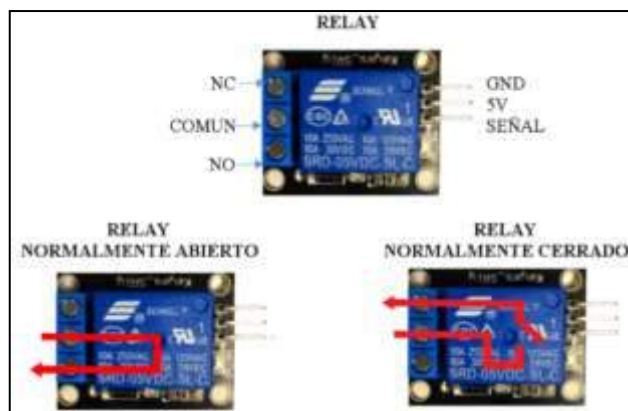


Figura 26-2: Formas de comportamiento del Relé NO y NC

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

Entre varias especificaciones que se debe tomar en cuenta a la hora de implementar el módulo es que poseen valores máximos de carga a cada bobina como se puede apreciar en la *Tabla 9-2*.

Tabla 16-2: Características principales del módulo relé de dos canales.

| | |
|--------------------------------|--|
| Voltaje de Operación | 5 VDC |
| Corriente de Activación | 15 – 20 mA |
| Voltaje Máximo | 250 VAC o 30VDC |
| Corriente Máxima | 10 A |
| Salidas | NC (Normalmente Cerrado) c/u, Común, NA (Normalmente Abierto) c/u |

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

2.3.5 Esquemas de conexión del Hardware

Para el diseño de la interconexión de los dispositivos que conformaran el sistema fueron simulados con la ayuda del software Proteus Design 8.6, el cual se puede apreciar en la *Figura 15-2*. con cada uno de los procesos, desde la obtención de los sensores hasta la transmisión de datos.

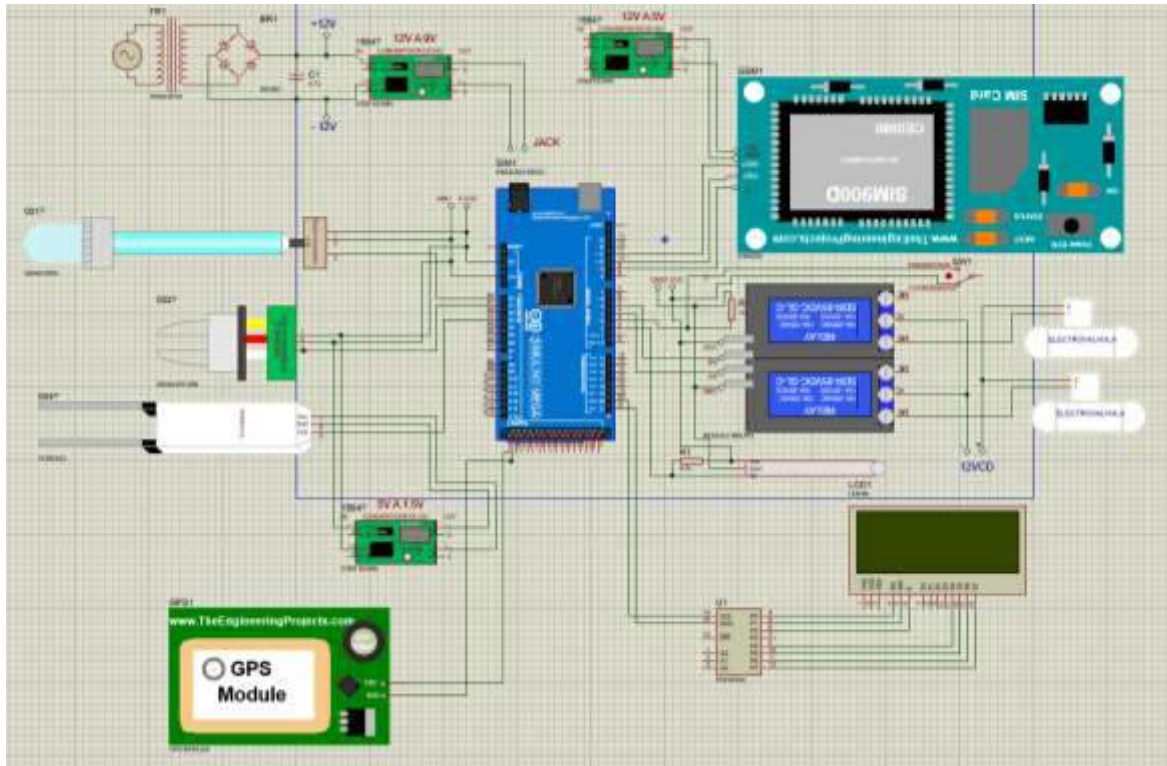


Figura 27-2: Esquema general de conexiones.

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

- **UBLOX GPS NEO-6M.** Contiene cuatro terminales, dos son de salida TX y RX los mismos que son conectados a los terminales digitales 53(Tx) y 52(Rx) del Arduino Mega, y dos terminales de alimentación VDC y Gnd que serán conectados a 5v y a Gnd respectivamente.
- **MÓDULO GSM/GPRS SIM 900.** En el presente sistema utilizaremos los terminales D7 y D8 para lo cual se interconectarán con los terminales 10 y 11 del Arduino Mega respectivamente y entre los terminales 9 para la activación de la tarjeta Sim. Por la necesidad de que el módulo tenga una alimentación individual para prevenir un funcionamiento inadecuado se optó por la utilización de un módulo convertidor DC a DC de 12V a 5V *Figura 16-2.*



Figura 28-2: Step Down- Convertidor DC-DC

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

- **SONDA DE PH (SEN0161).** La sonda de PH posee una tarjeta adaptable que posee cinco terminales de salida: To, Do, Po, GND, y VDC. De los cuales se utilizó el terminal Po ya que es la salida numérica del valor de PH, además de VDC y GND.
- **SONDA DE TEMPERATURA (DS18B20).** La sonda de temperatura Ds18B20 posee tres cables de conexión los cuales son Rojo(VDC), Amarillo(Datos), Negro(GND) los cuales serán conectados a la placa de Arduino directamente. Para la conexión con Arduino es necesario realizar una conexión entre los terminales de datos y VDC con una resistencia de 4.7K
- **SENSOR DE TURBIDEZ (SEN0189).** El sensor de turbidez SEN0189 posee una tarjeta adaptable la cual consta de ocho terminales, de los cuales cuatro son de entrada de datos desde el sensor y cuatro de salida al Arduino.
- **SENSOR DE CLORO.** Para la conexión del sensor de cloro se tuvo que elaborar un voltímetro con la ayuda del Software Arduino IDE ya que hay una relación con el cloro y mV. Posee dos terminales de alimentación y dos terminales de salida en función en mV. La alimentación necesaria para el sensor es de 1.5V por lo que se usó un convertidor de DC a DC, de 5V a 1.5V.

- **ELECTROVÁLVULAS.** El módulo de accionamiento relé posee dos terminales correspondientes para recepción de señales del Arduino como son: IN1 y IN2 que se interconectaran a los terminales 4,5 respectivamente y sus terminales de alimentación a 5V y a GND.
- **LCD i2c (20*4).** Para la conexión de la pantalla LCD con el Arduino Mega existe una tarjeta de adaptación que nos facilita la interconexión reduciendo a 4 terminales, los cuales dos de ellos se conectan a 5v y a Gnd respectivamente y dos al Arduino denominados SDA y SCL.

2.3.6 Alimentación del prototipo

Debido a que el monitoreo del sistema propuesto necesita estar permanentemente funcionando la opción más idónea de alimentación, es un transformador. El voltaje de salida del transformador debe cumplir con el voltaje máximo necesario por los dispositivos que lo integran, por lo tanto, se seleccionó un transformador de 110V a 12V debido a que las electroválvulas funcionan con 12VDC, antes de alimentar el sistema debe ser respectivamente rectificadas para no perjudicar ningún dispositivo implementado, El transformador seleccionado se puede apreciar en la *Figura 17-2*.

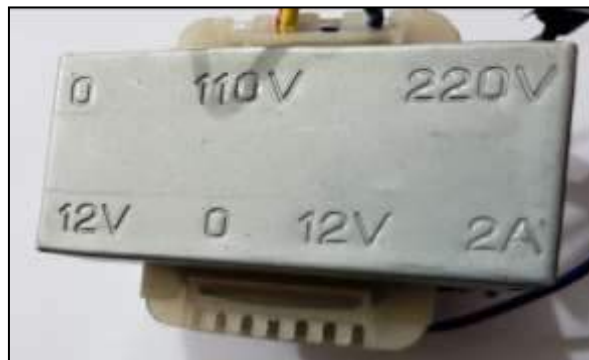


Figura 29-2: Transformador de 110V a 12v-2A

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

2.4 Requerimientos de Software para el sistema

Para el procesamiento y la presentación de la información adquirida por los distintos dispositivos integrados, es necesario plantear diferentes requerimientos de los distintos Software que nos ayudaran al cumplimiento general de los objetivos. Para ello se puntualizan varias consideraciones a tomar en cuenta:

El software a utilizar para el procesamiento de la información debe ser de fácil comprensión además de una fácil interacción con él programador.

- Debe existir una amplia información de cada uno de los Software para una correcta utilización del mismo.
- Interfaz amigable.
- Gratuito.
- Compatible con diversos Sistemas Operativos.

2.4.1 Descripción del software utilizado

En cuanto a software se refiere existen varias herramientas que proporcionan diferentes entornos con diferentes características que ayudaron a la elaboración de la parte lógica del prototipo. Para programación de la tarjeta de procesamiento Arduino, se utilizó el IDE 1.8.5 para procesamiento de la información la cual será almacenada en una base de datos a través de MySQL la cual será visualizada en un sitio web que fue creado con el software Dreamweaver Cs6.

2.4.1.1 Software Arduino IDE 1.8.5

Para la programación de la tarjeta de desarrollo Arduino posee su propio entorno de desarrollo denominado Arduino (IDE), entre sus principales características esta que es gratuito como de código abierto. Posee una fácil inserción de código al igual que descargar

el programa compilado a cualquier tarjeta de desarrollo Arduino. Se ejecuta en diferentes plataformas como Windows, Linux, Mac (Arduino, 2017).

Para la interpretación de la secuencia a seguir por la tarjeta de desarrollo, se realizó un diagrama de flujo el cual se puede evidenciar en la *Figura 18-2*. Declarando las variables como primera instancia, después, se inicializará los módulos necesarios y se procede a realizar la lectura de cada parámetro Físicoquímico, para la visualización existe un switch de dos posiciones donde se existe la posibilidad de seleccionar entre: parámetros y coordenadas, a continuación de realizar la comparación con el estándar vigente antes establecido, cumpliendo así un ciclo sin fin.

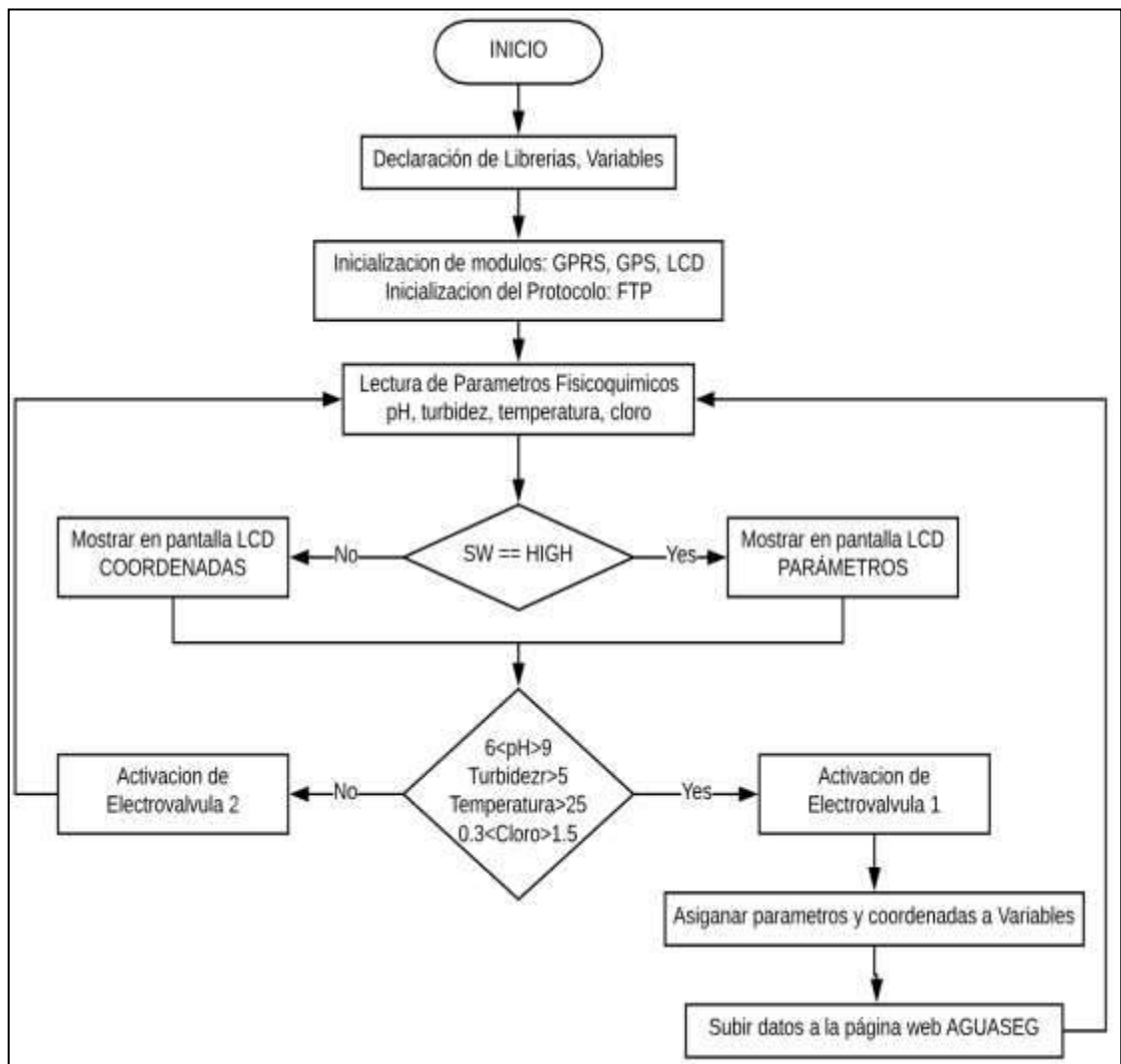


Figura 30-2: Diagrama de flujo Programación Arduino

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

Arduino posee un sinnúmero de diferentes librerías que facilitan la utilización de diversas funciones gracias a una colección de programas, ejemplo la utilización de una pantalla LCD o un módulo GPS. Para el presente sistema propuesto se utilizaron las siguientes librerías:

- **SoftwareSerial.h**

Permite establecer pines digitales para la comunicación serial, utilizando un software, de ahí proviene su nombre Software Serial, presentando como ventaja la obtención de diferentes puertos con diferentes velocidades.

- **TinyGPS.h**

Permite la utilización del módulo GPS proporcionando de gran manera algunas funcionalidades del GPS NMEA, así obteniendo un consumo de recursos, bajo.

- **Wire.h**

Permite la comunicación e interacción con módulos 2C que pertenece a la familia de LCD

- **LiquidCrystal_I2C.h**

Perteneciente a la Familia de I2C de LCD, permitiendo una interacción con diferentes pantallas a través de pines como SDA, SCL, conocidos como línea de datos y línea de reloj respectivamente.

- **OneWire.h**

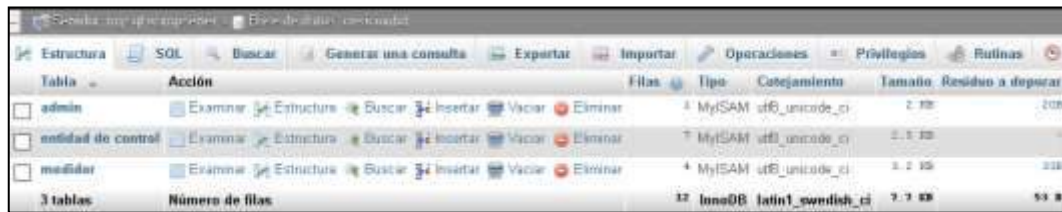
Se caracteriza por permitir el envío y recepción de datos por un único cable, como por ejemplo el sensor ds18b20.

- **DallasTemperature.h**

Permite la obtención de la función necesaria para la lectura o configuración del encapsulado de temperatura ds18b20. Con ayuda de la librería OneWire.h

2.4.1.2 MySQL

Es un sistema de gestión de base de datos basado en un lenguaje de consulta estructurado (SQL) de código abierto, siendo el más popular del mundo por sus diversas ventajas como rendimiento, confidencialidad y facilidad de uso. A través del tiempo se ha convertido en la principal opción al momento de desarrollar páginas web y publicidad en línea. Para la cual se recurre a la utilización de la herramienta phpMyAdmin. La cual permite realizar varias operaciones en las tablas que sean creadas como se aprecia en la *Figura 19-2*. En la cual se puede apreciar en su interfaz, varias opciones como la de ejecutar directamente cualquier sentencia SQL (Oracle, 2018) la cual facilita su uso e interacción con el usuario.

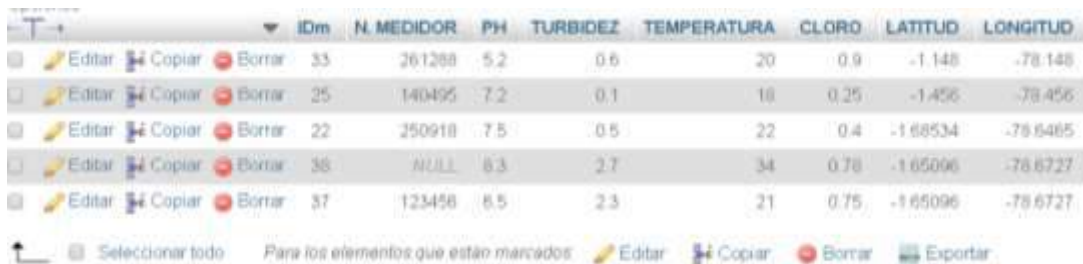


| Tabla | Acción | Filas | Tipo | Codificación | Tamaño | Residuo a depositar |
|--------------------|---|-------|--------|-------------------|--------|---------------------|
| admin | Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar | 4 | MyISAM | utf8_unicode_ci | 2 KB | 208 |
| entidad de control | Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar | 7 | MyISAM | utf8_unicode_ci | 2.1 KB | - |
| medidor | Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar | 4 | MyISAM | utf8_unicode_ci | 2.2 KB | 218 |
| 3 tablas | Número de filas | 17 | InnoDB | latin1_swedish_ci | 7.7 KB | 53 B |

Figura 31-2: Estructura General de la base de datos en PhpmyAdmin

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

En la *Figura 20-2*, se puede apreciar la tabla principal de la base de datos denominada Medidor.



| IDm | N. MEDIDOR | PH | TURBIDEZ | TEMPERATURA | CLORO | LATITUD | LONGITUD |
|-----|------------|-----|----------|-------------|-------|----------|----------|
| 33 | 261268 | 5.2 | 0.6 | 20 | 0.9 | -1.148 | -78.148 |
| 25 | 140495 | 7.2 | 0.1 | 18 | 0.25 | -1.456 | -78.456 |
| 22 | 250918 | 7.5 | 0.5 | 22 | 0.4 | -1.68534 | -78.6485 |
| 38 | NULL | 8.3 | 2.7 | 34 | 0.78 | -1.65096 | -78.6727 |
| 37 | 123456 | 6.5 | 2.3 | 21 | 0.75 | -1.65096 | -78.6727 |

Figura 32-2: Tabla principal denominado medidor

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

2.4.1.3 Dreamweaver

Es una herramienta que está destinada a la creación, edición y el diseño de páginas web, teniendo la posibilidad de editar código de html, php, JavaScript entre más (Machado, 2017). A través de los años se ha convertido en el software más utilizado por diseñadores debido al trabajo final con aspecto profesional que brinda Dreamweaver, posee hojas de estilo y capas pre-establecidas facilitando su uso. La desventaja es que al ser un software avanzado resulta un poco difícil para las personas menos experimentadas y familiarizadas con el diseño de páginas web (Alvarez, 2001). En la *Figura 22-2* se puede evidenciar parte del código utilizado para agregar personal en la tabla entidad de control.

```
<p></p>
<table width="990" border="1">
  <tr>
    <td bgcolor="#66CCCC">CÉ&acute;DULA</td>
    <td bgcolor="#66CCCC">NOMBRES</td>
    <td bgcolor="#66CCCC">APELLIDO</td>
    <td bgcolor="#66CCCC">CORREO ELECTR&Oacute;NICO</td>
    <td bgcolor="#66CCCC">USUARIO</td>
    <td bgcolor="#66CCCC">CONTRAB&Ntilde;A</td>
  </tr>
  <?php do { ?>
    <tr>
      <td><?php echo $row_addperosnallista['CEDULA']; ?></td>
      <td><?php echo $row_addperosnallista['NOMBRE']; ?></td>
      <td><?php echo $row_addperosnallista['APELLIDO']; ?></td>
      <td><?php echo $row_addperosnallista['CORREO']; ?></td>
      <td><?php echo $row_addperosnallista['USUARIO']; ?></td>
      <td><?php echo $row_addperosnallista['CONTRAB&Ntilde;A']; ?></td>
    </tr>
  <?php } while ($row_addperosnallista = mysql_fetch_assoc($addperosnallista)); ?>
</table>
<p>&nbsp;</p>
```

Figura 33-2: Parte del código insertado en el Software Dreamweaver

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

2.4.1.4 Página Web AguaSeg

Para la creación de la página web se contrató el servicio a Hosting Ecuador, proporcionando la opción de elegir entre hosting de pago o gratuito. Eligiendo así un hosting y un dominio de pago debido a las ventajas que se prestaba como la confidencialidad, la seguridad, y la disponibilidad que prestaba este servicio. En la cual se almacena la información y la base de datos. Obteniendo un dominio con la URL: www.aguaseg.com en

la cual se albergaran los archivos .php de la programación de la página cargados por medio del administrador de archivos el cual brinda el servicio de Hosting.

En la *Figura 22-2* describe el ingreso a los servicios prestados por la página web, teniendo como primera instancia la consulta del estado de calidad de agua potable a través de la opción Usuarios, la cual para realizar la consulta debe ingresar el número de medidor de agua potable de la residencia. Además, se muestra el ingreso de Entidad de Control la misma que para poder acceder a las prestaciones debe autenticarse, otorgado el acceso tendrá la posibilidad de realizar consultas de calidad de agua de un medidor determinado o registrar un nuevo producto ingresando los valores del medidor y sus coordenadas.

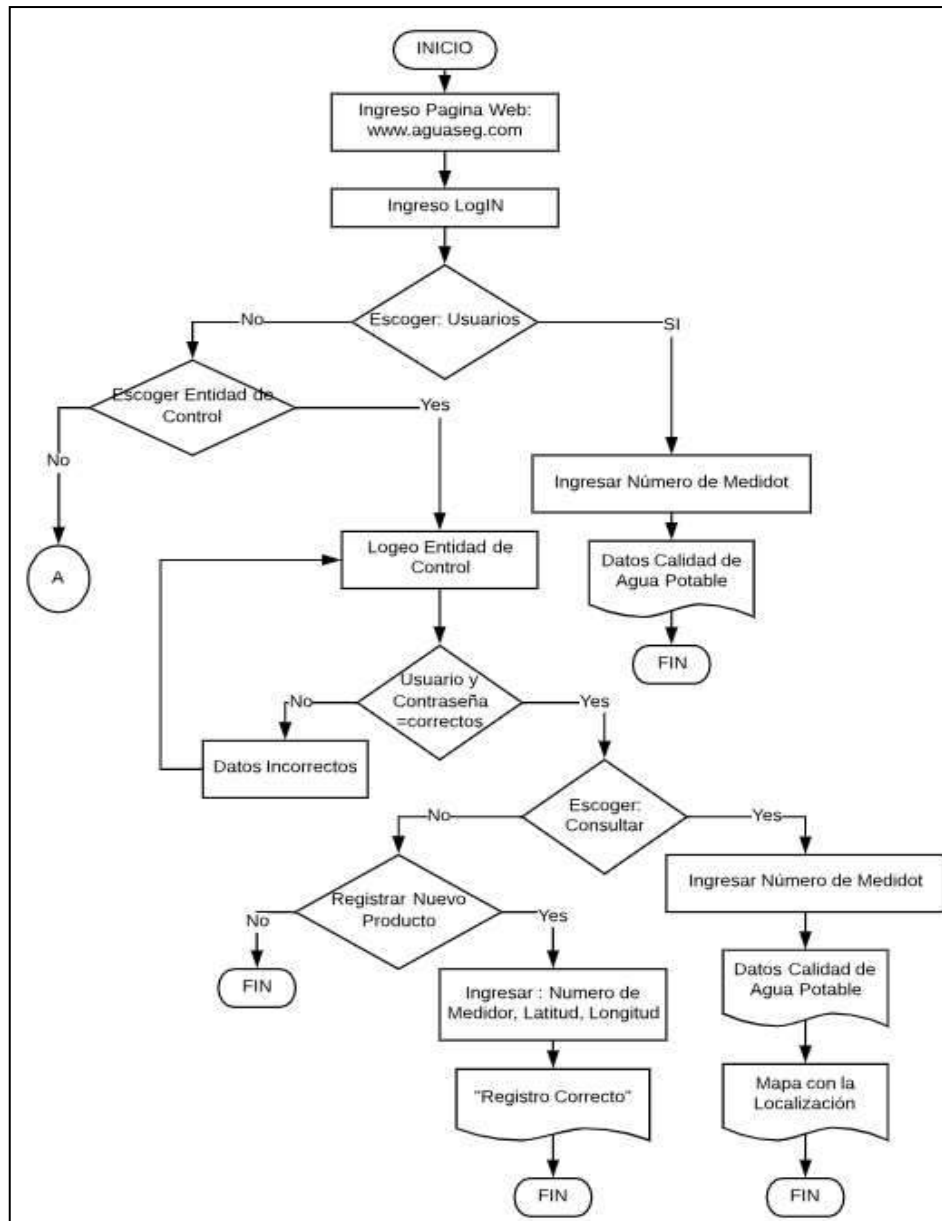


Figura 34-2: Diagrama de flujo de la página web 1/2

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

Finalmente, en la *Figura 23-2* se muestra el ingreso como administrador, para lo cual tendrá que ingresar su usuario y contraseña para poder tener la elección de realizar operaciones en las tablas de Entidad de Control como en la tabla denominada medidor la cual alberga datos del producto.

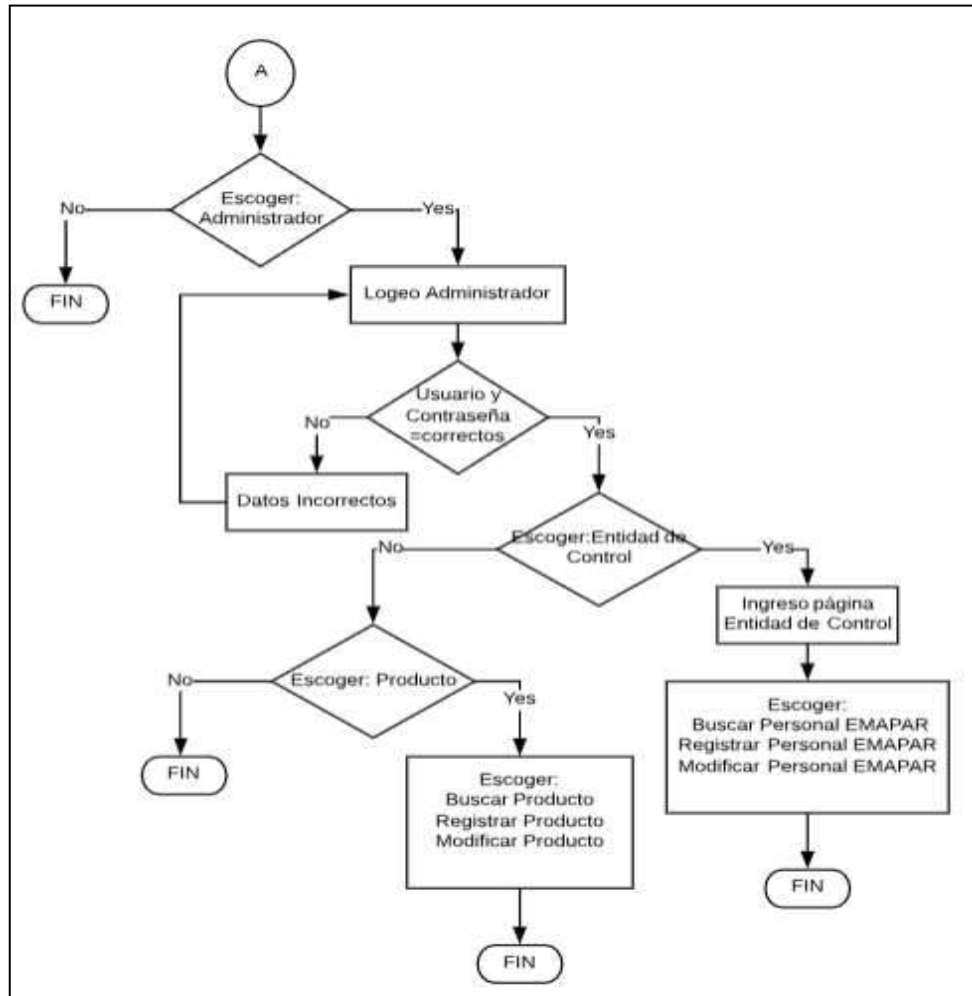


Figura 35-2: Diagrama de flujo de la página web 2/2

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

En la *Figura 24-2* se puede apreciar la distribución de la página principal de AguaSeg en la cual se aprecia un menú con diferentes opciones que brinda la página web y un submenú con información útil para la ciudadanía acerca de los contaminantes y enfermedades existentes en el Agua Potable además de noticias y valoraciones de la calidad de agua en el país.



Figura 36-2: Interfaz gráfica de la página web AguaSeg

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

CAPÍTULO III

3 ANÁLISIS Y RESULTADOS

En el presente capítulo se evidencian los análisis en función de las variables de medición manejadas por el sistema, como son los parámetros fisicoquímicos que determinan la calidad de agua potable que se suministra a las viviendas de la ciudad de Riobamba, determinando así: Potencial hidrógeno (pH), cloro (Cl), temperatura y turbidez. Evidenciando así los respectivos análisis tanto de hardware como de software del sistema propuesto.

3.1 Análisis del hardware implementado

En el presente apartado se subdivide a su vez en tres secciones: Validación de sensores, Estabilidad del equipo y Funcionamiento General, permitiendo analizar el desarrollo y funcionamiento del hardware del sistema.

3.1.1 *Validación de sensores*

Se realizó una comparativa con los siguientes equipos patrones como son: ACCUMET XL150, CONSORT C562, ESPECTROFOTÓMETRO INFRARROJO (FT-IR) JASCO MODELO FT/IR-4100, TURBIDIMETER 2020WE, existentes en los Laboratorios de Calidad de Agua y Laboratorio de Química Instrumental de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

3.1.1.1 Análisis de potencial de hidrógeno (pH)

Previamente a realizar el análisis de pH, se efectuó la calibración respectiva del sensor de pH la cual se la ejecuto con una sustancia denominado búfer, que viene predeterminado con valores de pH: 4, 7, y 10. Estableciendo como referencia el de pH=7.

Para el análisis se realizaron veinte diferentes muestras de agua potable, estableciendo una comparación entre el sensor de pH SEN061 que posee un error propio de ± 0.1 pH (Robot, s.f.), en relación con el equipo patrón ACCUMET XL150 con un error propio de ± 0.1 pH. (Scientific, s.f.), *Figura 1-3*.

Los resultados obtenidos posterior al análisis realizado se los puede evidenciar en la *Tabla 1-3*.



Figura 37-3: Validación del sensor de pH con el equipo patrón.

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

Tabla 17-3: Validación del sensor de pH.

| Muestra | AGUASEG | ACCUMET XL150 | Error Absoluto |
|---------|---------|------------------|----------------|
| 1 | 7,12 | 7,06 | 0,06 |
| 2 | 7,35 | 7,26 | 0,09 |
| 3 | 7,05 | 7,08 | 0,03 |
| 4 | 6,95 | 7,04 | 0,09 |
| 5 | 7,22 | 7,18 | 0,04 |
| 6 | 7,15 | 7,16 | 0,01 |
| 7 | 7,13 | 7,16 | 0,03 |
| 8 | 7,23 | 7,33 | 0,1 |
| 9 | 7,21 | 7,26 | 0,05 |
| 10 | 7,15 | 7,16 | 0,01 |
| 11 | 7,16 | 7,2 | 0,04 |
| 12 | 7,15 | 7,16 | 0,01 |
| 13 | 7,1 | 7,18 | 0,08 |
| 14 | 7,13 | 7,08 | 0,05 |
| 15 | 7,2 | 7,16 | 0,04 |
| 16 | 7,01 | 7,05 | 0,04 |
| 17 | 7,21 | 7,21 | 0 |
| 18 | 7,12 | 7,16 | 0,04 |
| 19 | 7,23 | 7,16 | 0,07 |
| 20 | 7,16 | 7,15 | 0,01 |

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

El error total esperado propio de los sensores es de ± 0.1 pH, posterior al análisis realizado se puede apreciar en la *Tabla 1-3*, que el error absoluto fluctúa entre 0 y 0.1. Determinando así que no se incorpora error adicional al sistema, además de concluir que el sensor SEN061 es confiable debido a que no sobrepasa el 0.1pH esperado.

3.1.1.2 *Análisis de Temperatura*

Como se mencionó en apartados anteriores, fue importante determinar la temperatura del agua debido a la temática de proliferación de microorganismos.

Para establecer la temperatura de la muestra de agua potable, se analizaron 20 muestras distintas, a su vez se determinó una comparación de resultados mediante la utilización de un equipo de laboratorio, el DS18B20 con un error propio de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ (Quick-Teck, s.f.) en relación con el equipo patrón CONSORT C562, el cual posee un error propio de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ (Consort, s.f.). Dicha comparación se muestra en la *Figura 2-3*.



Figura 38-3: Comparación del sensor de temperatura con el equipo patrón

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

Los resultados obtenidos posterior al análisis realizado se los puede evidenciar en la *Tabla 2-3*.

Tabla 18-3: Validación del sensor de Temperatura

| Muestra | AGUASEG | CONSORT C562 | Error Absoluto |
|---------|---------|-----------------|-------------------|
| 1 | 21,06 | 21,2 | 0,14 |
| 2 | 21,06 | 21,2 | 0,14 |
| 3 | 21,12 | 21,2 | 0,08 |
| 4 | 21,19 | 21,2 | 0,01 |
| 5 | 21,12 | 21,2 | 0,08 |
| 6 | 21,2 | 21,2 | 0 |
| 7 | 21,2 | 21,3 | 0,1 |
| 8 | 21,2 | 21,3 | 0,1 |
| 9 | 21,2 | 21,2 | 0 |
| 10 | 21,2 | 21,2 | 0 |
| 11 | 21,19 | 21,2 | 0,01 |
| 12 | 21,19 | 21,3 | 0,11 |
| 13 | 21,2 | 21,3 | 0,1 |
| 14 | 21,2 | 21,3 | 0,1 |
| 15 | 21,2 | 21,3 | 0,1 |
| 16 | 21,19 | 21,3 | 0,11 |
| 17 | 21,19 | 21,3 | 0,11 |
| 18 | 21,2 | 21,3 | 0,1 |
| 19 | 21,2 | 21,3 | 0,1 |
| 20 | 21,2 | 21,3 | 0,1 |

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

El error total esperado propio de los sensores es de ± 0.5 °C, posterior al análisis realizado se puede apreciar en la *Tabla 2-3*, que el error absoluto fluctúa entre 0 y 0.14. Determinando así que no se incorpora error adicional al sistema, además de concluir que el sensor DS18B20 es confiable debido a que no sobrepasa el error esperado de 0.5°C.

3.1.1.3 Análisis de Cloro

Para evaluar la presencia de cloro en el agua potable, se realizó una comparación con el equipo de laboratorio ESPECTROFOTÓMETRO INFRARROJO (FT-IR) JASCO MODELO FT/IR-4100, el cual posee un error propio de ± 0.01 cm⁻¹, (Jasco, s.f.), el cual se puede utilizar para identificar sustancias químicas, es capaz de revelar la composición de sólidos y líquidos, al compararlo con el sensor de cloro PC-101 que al no ser una sonda de

medición especializada únicamente para cloro evidentemente posee un error no establecido por el fabricante .

A continuación, en la *Figura 3-3*, se evidencia una comparación entre el equipo de laboratorio y el sensor de cloro.

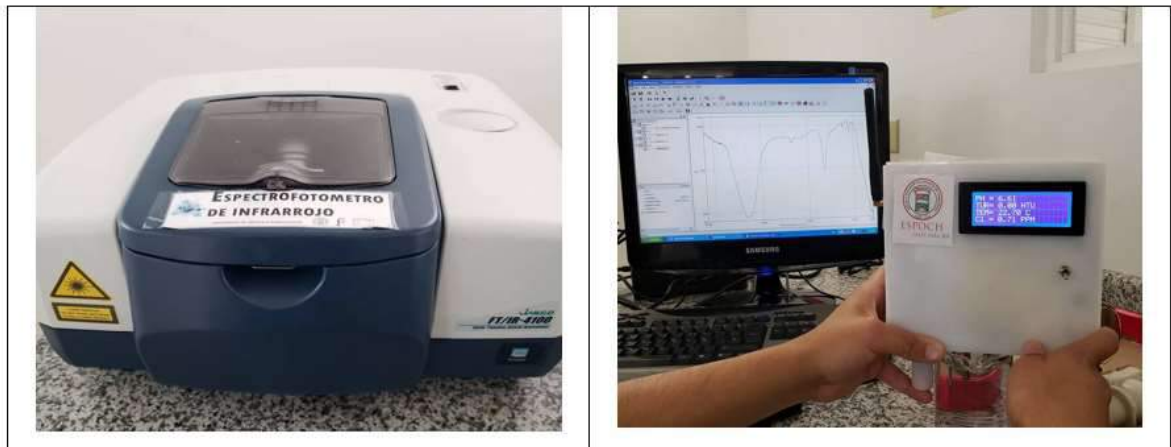


Figura 39-3 Comparación del sensor de cloro con el equipo patrón .

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

Como se muestra en la *Figura 4-3*, el ESPECTROFOTÓMETRO INFRARROJO (FT-IR) JASCO MODELO FT/IR-4100, utiliza un software que procesa la información, y genera los resultados de manera que a través de una gráfica se obtiene la composición general de la muestra y de esta se puede seleccionar datos en específico. (H.F Shurvell, 2002)

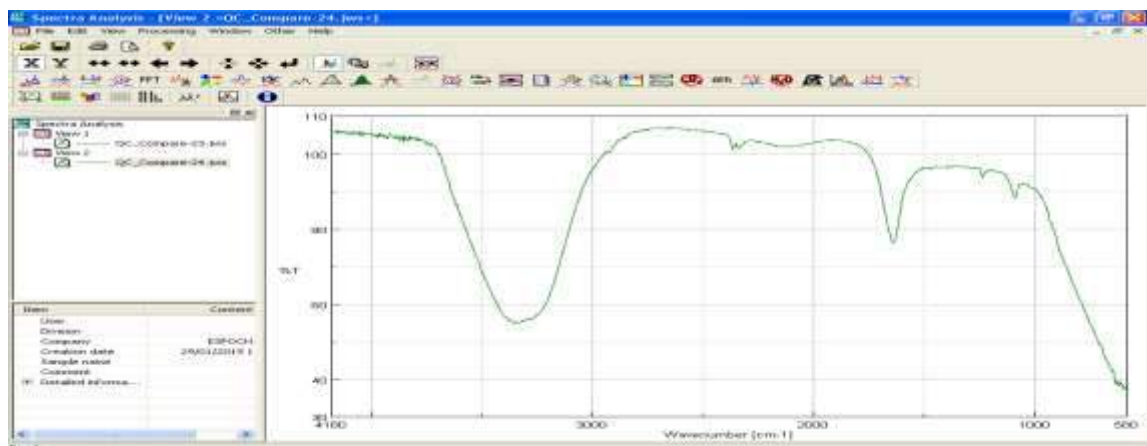


Figura 40-3: Análisis de muestra de agua potable en el software Espectro Analysis

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

A continuación, en la *Tabla 3-3* se muestran los resultados obtenidos de la determinación de Cloro con ambos equipos.

Tabla 19-3: Validación del sensor de Cloro

| Muestra | AGUASEG | JASCO MODELO FT/IR- 4100 | Error Absoluto |
|---------|---------|-----------------------------------|-------------------|
| 1 | 0,51 | 0,54 | 0,03 |
| 2 | 0,55 | 0,56 | 0,01 |
| 3 | 0,63 | 0,55 | 0,08 |
| 4 | 0,72 | 0,56 | 0,16 |
| 5 | 0,71 | 0,55 | 0,16 |
| 6 | 0,68 | 0,55 | 0,13 |
| 7 | 0,6 | 0,58 | 0,02 |
| 8 | 0,65 | 0,57 | 0,08 |
| 9 | 0,65 | 0,53 | 0,12 |
| 10 | 0,68 | 0,59 | 0,09 |
| 11 | 0,71 | 0,57 | 0,14 |
| 12 | 0,71 | 0,56 | 0,15 |
| 13 | 0,63 | 0,51 | 0,12 |
| 14 | 0,75 | 0,59 | 0,16 |
| 15 | 0,71 | 0,56 | 0,15 |
| 16 | 0,7 | 0,56 | 0,14 |
| 17 | 0,65 | 0,5 | 0,15 |
| 18 | 0,71 | 0,59 | 0,12 |
| 19 | 0,65 | 0,56 | 0,09 |
| 20 | 0,68 | 0,56 | 0,12 |

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

La comparación de muestras entre el sensor de cloro y el ESPECTROFOTÓMETRO INFRARROJO (FT-IR) JASCO MODELO FT/IR-4100 evidenciada en la *Tabla 3-3*, define la confiabilidad del equipo de AGUASEG, puesto que se tiene un error que fluctúa entre 0 y 0.16 que es un error aceptable, debido a que se utilizó una sonda adaptada a las necesidades para la determinación de cloro, estableciendo un error de lectura de media de 0,11. Con lo que se puede concluir que el sensor de pH y Cloro PC-101 posee un error propio de alrededor de ± 0.1 para análisis de cloro, dato que el fabricante no especifica, cómo se mencionó con anterioridad.

3.1.1.4 Análisis de Turbidez

Previo a la realización del análisis de turbidez de la muestra, se utilizó el equipo de laboratorio TURBIDIMETER 2020WE especializado en determinación de turbidez del agua, se efectuó la calibración respectiva del equipo mediante la utilización de un recipiente de cristal conocido como celda, el cual ingresa con agua destilada para permitir una primera medición, posterior a esto ya es posible introducir en la celda la muestra de agua potable para la respectiva medición.

Para el respectivo análisis se tomaron veinte muestras diferentes, estableciendo una comparación entre el sensor de turbidez SEN0189 que evidencia un error propio que no especifica el fabricante, en relación con el equipo de laboratorio TURBIDIMETER 2020WE con un error propio de ± 0.05 NTU. (Yareth Químicos, s.f.)

A continuación, se evidencia una comparación entre el equipo de laboratorio y el prototipo.

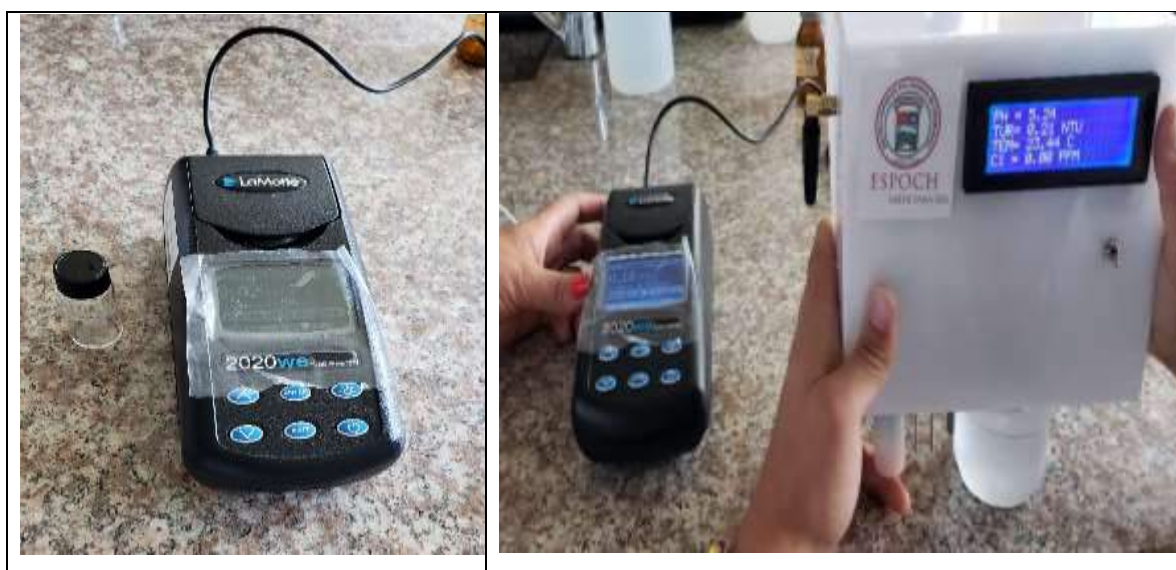


Figura 41-3: Análisis de la muestra, TURBIDIMETER 2020WE Y AGUASEG

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

Posterior a las pruebas los datos recopilados se muestran a continuación en la *Tabla 4-3*.

Tabla 20-3: Análisis de Turbidez

| Muestra | AGUASEG | TURBIDIMETER 2020WE | Error Absoluto |
|---------|---------|------------------------|-------------------|
| 1 | 0,25 | 0,20 | 0,05 |
| 2 | 0,35 | 0,29 | 0,06 |
| 3 | 0,43 | 0,38 | 0,05 |
| 4 | 0,21 | 0,18 | 0,03 |
| 5 | 0,28 | 0,21 | 0,07 |
| 6 | 0,24 | 0,27 | 0,03 |
| 7 | 0,30 | 0,23 | 0,07 |
| 8 | 0,18 | 0,24 | 0,06 |
| 9 | 0,20 | 0,18 | 0,02 |
| 10 | 0,23 | 0,29 | 0,06 |
| 11 | 0,29 | 0,19 | 0,1 |
| 12 | 0,32 | 0,24 | 0,08 |
| 13 | 0,33 | 0,26 | 0,07 |
| 14 | 0,43 | 0,32 | 0,11 |
| 15 | 0,38 | 0,42 | 0,04 |
| 16 | 0,32 | 0,39 | 0,07 |
| 17 | 0,33 | 0,24 | 0,09 |
| 18 | 0,34 | 0,40 | 0,06 |
| 19 | 0,40 | 0,3 | 0,1 |
| 20 | 0,29 | 0,19 | 0,1 |

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

Como se muestra en la *Tabla4-3*, la medición y comparación de muestras realizadas entre el equipo AGUASEG y el equipo de laboratorio TURBIDIMETER 2020WE, evidencia que, para determinación de turbidez, el equipo es confiable puesto que el error absoluto varía entre 0.02 y 0.1 NTU con una media de 0.07. Lo que determina que el equipo arroja resultados satisfactorios, ya que el error del equipo patrón es de 0.05 y el error del sensor no es especificado por el fabricante.

3.1.2 GPS

Para poder determinar la precisión que proporciona el modulo GPS NEO-6m se establecio una comparativa entre la aplicación google maps con ayuda de un dispositivo movil y el mapa de ubicación en la pagina web del sistema AGUASEG.

En la *Figura 6-3* , se puede apreciar las coordenadas dadas por: latitud y longitud, brindadas por el modulo GPS del sistema AGUASEG mostrados en la pagina web.

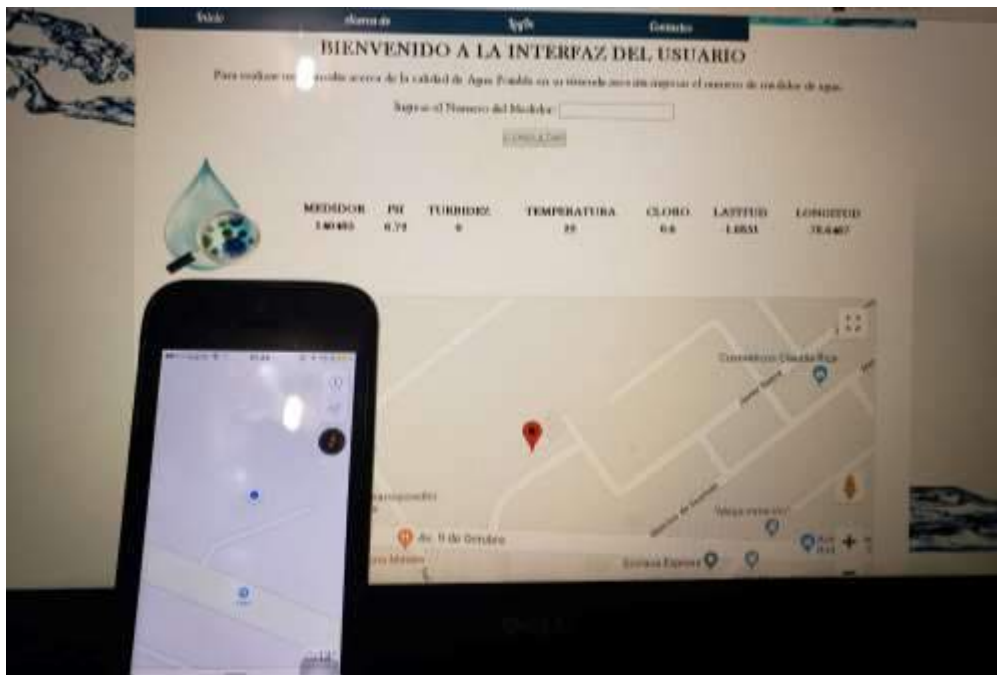


Figura 42-3: Comparación del GPS del sistema AGUASEG y de un dispositivo móvil

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

Gracias a la aplicación Google Maps instalada en un dispositivo móvil y a los servicios prestados por la página web AGUASEG, se puede realizar una comparativa de posicionamiento global determinando con el error en metros que nos proporciona el mismo google maps, *Figura 7-3* , dando como resultado un aproximado de 1 a 2 metros de error que perviamente se había mencionado en las especificaciones del fabricante.



Figura 43-3: Comparación del GPS del sistema AGUASEG y un dispositivo móvil

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

Posterior a las pruebas, los datos recopilados por el módulo se muestran a continuación en la *Tabla 5-3*

Tabla 21-3: Comparación y error de AGUASEG y Google Maps

| NÚMERO DE PRUEBA | AGUASEG | | GOOGLE MAPS | | ERROR (m) |
|------------------|-----------|------------|-------------|------------|-----------|
| | LATITUD | LONGITUD | LATITUD | LONGITUD | |
| 1 | -1.685100 | -78.646720 | -1.685101 | -78.646748 | 2 |
| 2 | -1.683479 | -78.643070 | -1.683470 | -78.643061 | 2 |
| 3 | -1.649641 | -78.674465 | -1.649630 | -78.674457 | 1 |
| 4 | -1.685251 | -78.648149 | -1.685243 | -78.648156 | 1 |
| 5 | -1.687910 | -78.648386 | -1.687904 | -78.648379 | 0 |

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

De los resultados obtenidos en la *Tabla 5-3*, se puede determinar que el margen de error obtenido no es mayor a 2m, debido al error propio del módulo GPS NEO-6m antes

mencionado. Determinando que no se incorpora error adicional por causa de programación, concluyendo que las coordenadas emitidas por el sistema AGUASEG son confiables.

3.1.3 Estabilidad del equipo

Para poder identificar la estabilidad del sistema AGUASEG se analizó una muestra de agua bajo las mismas condiciones en un rango de 1 minuto tomando datos cada 10 segundos, como se lo puede evidenciar en la *Figura -3*, y los resultados obtenidos se pueden apreciar en la *Tabla 6-3*.

Tabla 22-3: Estabilidad del sistema AGUASEG

| TIEMPO (s) | PH | TURBIDEZ | TEMPERATURA | CLORO |
|-------------------------------------|-----------|-----------------|--------------------|--------------|
| 0 | 7,35 | 0,20 | 19,20 | 0,30 |
| 10 | 7,42 | 0,26 | 19,28 | 0,50 |
| 20 | 7,38 | 0,33 | 19,30 | 0,62 |
| 30 | 7,41 | 0,42 | 19,25 | 0,53 |
| 40 | 7,35 | 0,35 | 19,22 | 0,61 |
| 50 | 7,40 | 0,30 | 19,23 | 0,65 |
| 60 | 7,42 | 0,38 | 19,42 | 0,62 |
| MEDIA | 7,39 | 0,32 | 19,27 | 0,55 |
| DESVIACIÓN ESTANDAR | 0,033 | 0,074 | 0,074 | 0,122 |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | 0,004 | 0,23 | 0,004 | 0,22 |

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

Como se puede evidenciar en la *Tabla 6-3*, el coeficiente de variación de los sensores de ph, turbidez, temperatura, cloro varían de 0.004 a 0.23. Se dice que un sistema es estable cuando el coeficiente de variación tiende a 0. Determinando que el sistema es estable.

3.1.4 Funcionamiento en general

Para analizar el funcionamiento en general del hardware se lo realizó con 3 diferentes muestras de agua contaminada en función del tiempo de respuesta de los actuadores a los diferentes niveles de contaminación, tomando como valores de referencia de turbidez, temperatura, cloro, de: (1.3 NTU, 3.5 NTU, 5.5 NTU), (22°C, 25°C, 28°C), (0.5PPM, 1PPM, 1.5PPM) respectivamente.

TURBIDEZ

A continuación, en la *Figura 8-3*, se puede apreciar las muestras previamente analizadas para ser comparado con el sistema AGUASEG y el proceso de análisis se puede evidenciar en la *Figura 9-3*, siendo el análisis con diferentes medidas de turbidez en función a NTU. Y los resultados obtenidos se los puede apreciar en la *Tabla 7-3*.



Figura 44-3: Muestras para análisis de turbidez

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019



Figura 45-3: Proceso de lectura de muestras de turbidez a 5.5NTU.

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

Tabla 23-3: Análisis de turbidez a diferentes valores

| TURBIDEZ DE REFERENCIA (NTU) | AGUASEG | ERROR ABSOLUTO | TIEMPO DE RESPUESTA ELECTROVÁLVULAS (s) |
|-------------------------------------|----------------|-----------------------|--|
| 1.3 | 1.21 | 0.09 | 1 |
| 3.5 | 3.45 | 0.05 | 1 |
| 5.5 | 5.38 | 0.12 | 3 |
| MEDIA | 3.35 | 0.086 | 1.67 |

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

En función a los resultados evidenciados en la *Tabla 7-3*, se puede determinar que el sensor de turbidez en relación al funcionamiento en general arroja valores muy satisfactorios concluyendo que el sistema AGUASEG en análisis de Turbidez es sumamente confiable debido a que la media del error absoluto no sobrepasa el 0.09 valor que tiende a 0.

TEMPERATURA

A continuación, en la *Figura 10-3*, se puede apreciar las muestras previamente analizadas para ser comparado con el sistema AGUASEG y el proceso de análisis se puede apreciar en la *Figura 11-3*, siendo el análisis con diferentes medidas de temperatura en función de grados centígrados. Y los resultados obtenidos se los puede apreciar en la *Tabla 8-3*.



Figura 46-3: Muestras para análisis de temperatura
Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019



Figura 47-3: Proceso de lectura de muestras de temperatura a 28°C.

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

Tabla 24-3: Análisis de temperatura a diferentes grados.

| TEMPERATURA DE REFERENCIA (°C) | AGUASEG | ERROR ABSOLUTO | TIEMPO DE RESPUESTA ELECTROVÁLVULAS (s) |
|---------------------------------------|----------------|-----------------------|--|
| 22 | 22.09 | 0.09 | 1 |
| 25 | 24.95 | 0.05 | 1 |
| 28 | 28.14 | 0.14 | 3 |
| MEDIA | 25,06 | 0.09 | 1.67 |

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

En función a los resultados evidenciados en la *Tabla 8-3*, se puede determinar que el sensor de temperatura en relación al funcionamiento en general arroja valores muy satisfactorios concluyendo que el sistema AGUASEG en análisis de Temperatura es sumamente confiable debido a que el rango de error absoluto esta entre 0.05 y 0.14 con una media de 0.09 ya que no sobrepasa el error propio del sensor que era de 0.5°C.

COLORO

A continuación, en la *Figura 12-3*, se puede apreciar las muestras previamente analizadas para ser comparado con el sistema AGUASEG y el proceso de análisis se puede apreciar en la *Figura 13-3*, siendo el análisis con diferentes medidas de cloro en función de ppm. Y los resultados obtenidos se los puede apreciar en la *Tabla 9-3*.



Figura 48-3: Muestras para análisis de cloro
Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019



Figura 49-3:Proceso de lectura de muestras de cloro a 0.5 ppm.
Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

Tabla 25-3: Análisis de cloro a diferentes ppm.

| CLORO DE REFERENCIA (PPM) | AGUASEG | ERROR ABSOLUTO | TIEMPO DE RESPUESTA ELECTROVÁLVULAS (s) |
|----------------------------------|----------------|-----------------------|--|
| 0.5 | 0.51 | 0.01 | 1 |
| 1 | 1.1 | 0.15 | 1 |
| 1.5 | 1.39 | 0.12 | 3 |
| MEDIA | 1 | 0.09 | 1.67 |

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

En función a los resultados evidenciados en la *Tabla 9-3*, se puede determinar que el sensor de cloro en relación al funcionamiento en general arroja valores muy satisfactorios concluyendo que el sistema AGUASEG en análisis de Cloro es sumamente confiable ya que presenta un error de media de 0.09, valor que está dentro del rango del sensor evaluado con anterioridad.

3.1.5 Consumo de Energía

Para determinar el consumo de energía del Hardware del sistema se realizaron las medidas correspondientes de corriente y voltaje con ayuda del multímetro, los mismos que se pueden evidenciar en la *Tabla5-3*.

Tabla 26-3: Consumo de corriente y voltaje del prototipo.

| N | DISPOSITIVO | Consumo de Corriente medidos(mA) | Voltaje de entrada medidos (V) |
|----------|----------------------------|---|---------------------------------------|
| 1 | Shield GPRS Sim900 | 310.2 | 5.05 |
| 2 | GPS Neo 6m | 42.6 | 4.74 |
| 3 | LCD i2c 4*20 | 130.1 | 5.10 |
| 4 | Sensor de pH SEN0161 | 80.6 | 4.77 |
| 5 | Sensor temperatura DS18B20 | 30.3 | 5.08 |
| 6 | Sensor de Turbidez SEN0189 | 90.5 | 4.90 |
| 7 | Sensor de Cloro | 15.6 | 1.51 |
| 8 | Modulo Relé de dos canales | 45.4 | 4.85 |
| 9 | Convertidor DC-DC 12V-9V | 2.2 | 16.4 |
| 10 | Convertidor DC-DC 12V-5V | 3.9 | 16.4 |
| 11 | Convertidor DC-DC 5V-1.5V | 1.3 | 5.10 |
| TOTAL= | | 752.7 | |

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

El consumo de corriente del Hardware es de 752.7mA, teniendo en cuenta que se tuvo como Fuente de alimentación un transformador de 110v-12v teóricamente, ya que se midió un voltaje de salida del transformador de 16.62v. La tarjeta de desarrollo Arduino Mega posee un rango de alimentación de 5 a 12v y hasta 20v como voltaje limite, mientras que de corriente tiene un margen de 2 amperios. Determinando que el consumo de corriente generando es relativamente bajo.

3.2 Análisis del Software Implementado

Como se había mencionado con anterioridad, se creó una página web la cual está situada en la nube (internet). la misma que alberga la base de datos general del sistema, que consta de diferentes tablas entre las principales se encuentra la de Medidor, la misma que contiene información de los parámetros fisicoquímicos de agua potable con sus respectivas coordenadas que nos sirven para la respectiva monitorización.

3.2.1 Página Web

Para el respectivo análisis de la página web AGUASEG, se analizó el tiempo de respuesta en la consulta de la calidad de agua potable realizada por el usuario, el tiempo de autenticación de la entidad de control, tiempo de respuesta de la consulta de la entidad de control tanto en los parámetros fisicoquímicos como el tiempo de respuesta para la georreferenciación.

Como se mencionó en el capítulo anterior existen tres opciones para utilizar los servicios de AGUASEG, denominados como Usuario, Entidad de Control, Administrador como se puede apreciar en la *Figura8-3*.



Figura 50-3 Interfaz de la página principal de acceso a AGUASEG

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

3.2.1.1 Usuario

Para el respectivo análisis del tiempo de respuesta generado por la consulta realizada por el Usuario, se efectuaron cuatro consultas relacionadas a cuatro medidores correspondientemente, los resultados de las mismas se pueden evidenciar en la *Tabla 6-3*.

Tabla 27-3: Tiempo que toma el sistema AGUASEG en generar una respuesta

| N.- | NÚMERO DE MEDIDOR | CONSULTA PARAMETROS FISICOQUIMICOS (seg) | GEORREFERENCIAR UBICACIÓN (seg) |
|------------------------------|--------------------------|---|--|
| 1 | 140495 | 2 | 1 |
| 2 | 250918 | 1.5 | 1 |
| 3 | 261288 | 1.5 | 1 |
| 4 | 123456 | 2 | 1 |
| PROMEDIO DE RESPUESTA | | 1.75 | 1 |
| PROMEDIO GENERAL | | 1.38 | |

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

Como se puede evidenciar en la *Tabla 6-3* el tiempo promedio de respuesta es de 1.75 mientras el tiempo de respuesta de la ubicación del mapa es de 1 segundo, teniendo como un promedio general de 1.38 segundos. Determinando así una respuesta rápida a la consulta realizada por el usuario tanto en los parámetros fisicoquímicos como en el tiempo de georreferenciar la ubicación específica de cada medidor.

3.2.1.2 Entidad de Control

Para el análisis realizado de la Entidad de Control se consideró los tiempos de respuesta de autenticación, como de consulta de los parámetros fisicoquímicos, además del tiempo de registro de nuevos productos. Los resultados se pueden apreciar en la *Tabla7-3*.

Tabla 28-3: Tiempo de autenticación, registro de nuevos productos y consulta de parámetros fisicoquímicos.

| N | PERSONAL ENTIDAD DE CONTROL | TIEMPO DE AUTENTICACIÓN | TIEMPO DE REGISTRO DE NUEVOS PRODUCTOS (seg) | TIEMPO DE CONSULTA PARAMETROS FISICOQUIMICOS (seg) |
|------------------------------|-----------------------------|-------------------------|--|--|
| 1 | ALBERTO GUIJARRO | 3 | 22 | 2 |
| 2 | DAYANA AUQUI | 2.5 | 25 | 1.5 |
| 3 | ALEX MONTENEGRO | 2.5 | 26 | 2 |
| 4 | ANDERSON AUQUI | 2.5 | 23 | 2 |
| PROMEDIO DE RESPUESTA | | 2.63 | 24 | 1.88 |
| PROMEDIO GENERAL | | 28.51 | | |

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

Como se puede apreciar en la *Tabla 7-3*, el tiempo promedio que le toma al personal en la etapa de autenticación es de 2.63 segundos mientras que el tiempo promedio en la etapa de registro es de 24 segundos y el tiempo que le toma realizar una consulta de los parámetros fisicoquímicos es de 1.88 segundos. Determinando así que el personal de la entidad de control se demora alrededor de 28.51 segundos realizar un registro y una consulta en la base de datos. Evidenciando un tiempo muy corto que le toma al personal de la entidad de control realizar una consulta o un registro dependiendo su necesidad.

3.2.1.3 *Administrador*

Para el análisis en el apartado de administrador se tienen diferentes opciones ya que en este apartado se pueden realizar las diferentes operaciones en las tablas relacionadas a entidad de control y a tabla denominada medidor.

En la *Tabla 8-3*, se puede apreciar el tiempo de respuesta como el tiempo de demora que le toma al administrador realizar las distintas operaciones en la base de datos.

Tabla 29-3: Tiempo de operación y respuesta del administrador

| N,- | ADMIN | AUTEN | TIEMPO DE OPERACIÓN | | | | | |
|-----------------------------|-------------------|-------|---------------------|------------|---------------------|------------|---------------------|------------|
| | | | BUSCAR | | REGISTRAR | | MODIFICAR | |
| | | | PERSONA L EMAPAR | PRODU C | PERSONA L EMAPAR | PRODU C | PERSONA L EMAPAR | PRODU C |
| 1 | Cristian Muñoz | 2 | 3 | 2 | 7 | 12 | 5 | 4 |
| 2 | Mayra Ortiz | 2,5 | 3,5 | 2 | 8 | 16 | 6 | 6 |
| 3 | Marllory Cobos | 2 | 3,5 | 2,5 | 8 | 15 | 5 | 5,5 |
| PROMEDIO DE RESPUESTA | | 2,17 | 3,33 | 2,17 | 7,67 | 14,33 | 5,33 | 5,17 |
| 6,57 | | | | | | | | |

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

Como se puede apreciar en la *Tabla 8-3*, el promedio tiempo que le toma a los administradores autenticarse es de 2.17 segundos, mientras que el tiempo promedio de respuesta en realizar cualquier operación en la base de datos es de 6.57 segundos. Determinando así que la respuesta del Software en relación a el tiempo de respuesta es corta en función a la necesidad del administrador.

3.2.2 Georreferenciación

A continuación, se puede evidenciar en la *Figura 9-3*, la interfaz gráfica del sistema para georreferenciar puntos de contaminación de agua potable en hogares, generando un mapa con aquellas coordenadas emitidas por los medidores que en el resultado del análisis realizado de los parámetros fisicoquímicos se encuentren fuera del rango establecido en la norma INEN-1108 la cual fue mencionada en la *Tabla 1-1*.



Figura 51-3: Interfaz de la georreferenciación de la página web

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

Como se puede apreciar en la *Figura 9-3*, se enmarcan los resultados numéricos como gráficos de los hogares en los cuales la calidad de agua se encuentre en los límites permisibles.

Emitiendo resultados altamente satisfactorios además de proporcionar un alto beneficio para la entidad pública encargada de la distribución del recurso hídrico a la ciudadanía.

3.3 Presentación y Costos

Finalmente se presenta a continuación el hardware totalmente ensamblado, además de evidenciar la inversión realizada detalle a detalle de cada adquisición realizada.

3.3.1 Presentación del prototipo

En la *Figura 10-3* se puede observar el equipo totalmente ensamblado presentando en dos partes físicas como son, la sección donde se almacenaron los dispositivos y la sección por donde atravesará el agua potable antes de ingresar al hogar.



Figura 52-3: Sistema AGUASEG ensamblado

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

3.3.2 Análisis de Costos

En la *Tabla 9-3*, Se puede evidenciar cada detalle del costo invertido en el sistema denominado AGUASEG, identificando la inversión realizada tanto en hardware como en software.

Tabla 30-3: Análisis de Costos

| | CANTIDAD | DETALLE | C/U | TOTAL |
|----------------|----------|-------------------------------|------|---------------|
| AGUASEG | | | | |
| HARDWARE | 1 | Arduino Mega | 21 | 21 |
| | 1 | Shield Sim900 | 38 | 38 |
| | 1 | GPS Neo 6m | 18 | 18 |
| | 1 | LCD 4*20 | 20 | 20 |
| | 1 | Sensor de pH SEN0161 | 55 | 55 |
| | 1 | Sensor temperatura DS18B20 | 5,5 | 5,5 |
| | 1 | Sensor de Turbidez SEN0189 | 38 | 38 |
| | 1 | Ph y Cloro Tester | 55 | 55 |
| | 1 | Módulo Relé de 2 Canales | 3,75 | 3,75 |
| | 2 | Electroválvula | 12 | 24 |
| | 1 | Transformador AC-DC(110v-12v) | 9 | 9 |
| | 3 | Convertidor DC-DC | 2,5 | 7,5 |
| | 3 | Capacitores | 0,75 | 2,25 |
| | 4 | Resistencias | 0,15 | 0,6 |
| | 1 | Switch | 1,15 | 1,15 |
| | 2 | Puente de Diodos | 2,5 | 5 |
| | 1 | Protoboard mini | 3,5 | 3,5 |
| | | | | |
| SOFTWARE | 1 | Dominio Web por 1 año | 50 | 50 |
| | | | | |
| VARIOS | 1 | Cables de Conexión (Paquete) | 15 | 15 |
| | 3 | Caja Acrílico | 8 | 24 |
| | 1 | Estaño(m) | 0,5 | 0,5 |
| | | Transporte | 20 | 20 |
| | | | | |
| TOTAL= | | | | 416,75 |

Realizado por: MUÑOZ, Cristian 2019

Como se puede apreciar en la *Tabla9-3*, el valor total invertido en el sistema es de \$416.75 dólares americanos determinando así que el costo general no es muy elevado tomando en cuenta las características y beneficios que brinda el sistema.

El sistema AGUASEG en comparación en costo al Medidor portátil multiparamétrico de Calidad del Agua es un 89.12% menor, concluyendo que el sistema AGUASEG es sumamente bajo para las prestaciones y beneficios que brinda

CONCLUSIONES

- Se diseñó un sistema inalámbrico para georreferenciar puntos de contaminación de agua potable en hogares con el fin de precautelar la salud y prevenir futuras enfermedades.
- Como resultado de la validación del sensor de pH SEN061, se concluyó, que presenta un error absoluto que fluctúa entre 0 a 0.1 de pH, concluyendo que no se incorpora error adicional debido a que el error propio del sensor es de ± 0.1 de pH.
- Del análisis realizado de la valoración del sensor de temperatura DS18B20, se comprobó que presenta un error absoluto que varía entre 0 y 0.14 °C. Determinando así que no se incorporó un error adicional, sabiendo con anterioridad que el error propio del sensor es de ± 0.5 °C.
- Para la validación del sensor de pH y Cloro PC-101, se estableció un error absoluto que oscila entre 0 y 0.16 ppm, debido a que se utilizó una sonda adaptada a las necesidades, concluyendo un error de lectura de media de 0,066. Determinando un error propio de alrededor de ± 0.1 ppm, dato que el fabricante no especificó.
- Se determinó de los resultados de la validación del sensor de turbidez SEN0189 de turbidez, un error absoluto que fluctúa entre 0.02 y 0.1 NTU con una media de 0.066 NTU. Lo que determina que el equipo arroja resultados satisfactorios, ya que el error del sensor se aproxima al error del equipo patrón que es de ± 0.05 NT, debido a que el error del sensor SEN0189 no es especificado por el fabricante.
- Posterior al análisis realizado al módulo GPS NEO-6mse concluyó que presenta un margen de error no mayor a 2m, debido al error propio del módulo que es de 1 a 3m el cual se mencionó con anterioridad. Determinando que no se incorpora error adicional a causa de la programación.

- Del previo análisis de estabilidad del equipo AGUASEG, se concluye que el coeficiente de variación de los sensores de pH, turbidez, temperatura, cloro varían de 0.004 a 0.23. Estableciendo que el sistema es estable debido a que el coeficiente de variación tiende a 0.
- En función a los resultados del funcionamiento general del sistema, se puede determinar que el sensor de turbidez presenta errores absolutos entre 0.09 y 0.12, resultado que oscila entre los valores previamente obtenidos del análisis individual del sensor.
- El sensor de temperatura en relación al funcionamiento en general del sistema, arroja errores absolutos que se encuentran entre 0.05 y 0.14 °C con una media de 0.09, determinando que los valores obtenidos se encuentran dentro del rango de error del análisis individual del sensor.
- El sensor de cloro en respuesta al análisis del funcionamiento general del sistema presenta un error absoluto entre 0.01 y 0.15 ppm con una media de 0.09, concluyendo que estos valores se encuentran en el rango del análisis previo a la validación individual del sensor.
- El tiempo de respuesta de los actuadores varían de 1 a 3 segundos permitiendo ingresar aproximadamente 100 ml previo al cambio de cada actuador.
- El consumo de corriente del Hardware del sistema es de 752.7mA, Determinando que entre la relación consumo de energía y beneficios que brinda el sistema, este valor es relativamente bajo.
- El sistema AGUASEG en comparación con el costo del Medidor portátil multiparamétrico de Calidad del Agua es de un 89.12% menor, concluyendo que el costo general del sistema es sumamente bajo en relación a equipos existentes en el mercado que presentan algunas similitudes.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar investigaciones con el fin de que se permita miniaturizar el hardware ensamblado con el objetivo de convertir el sistema en un dispositivo móvil.
- Para incrementar la eficiencia del sistema AGUASEG se recomienda la utilización de sensores especializados y con mayor precisión con el fin de obtener resultados más precisos.
- Se recomienda investigar acerca de sensores para análisis de parámetros microbiológicos que permitan que el sistema sea más eficiente.
- Para una mejor comprensión a la hora de interpretar el mapa de georreferenciación se recomienda utilizar sectorización, que ayude a optimizar el tiempo para identificar sectores afectados por agua contaminada.
- Se recomienda investigar diferentes tipos de materiales que ayuden a alargar la vida útil del hardware,
- Ante posibles cortes o fallos de energía eléctrica se recomienda utilizar una fuente de alimentación alternativa que ayude a solventar el tiempo que sea necesario para mantener el sistema en funcionamiento hasta que se reestablezca el suministro eléctrico.

BIBLIOGRAFÍA

Alulema, Marta. Dspace. *Estudio de comunicación con comandos at y microcontroladores caso práctico implementación de un prototipo sistema de gestión de alarma para viviendas con monitoreo mediante telefonía celular.* [En línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo 2010. [Citado el: 10 de Junio de 2018.] Disponible en: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/331/1/38T00174.pdf>.

Alvarez, Miguel Angel. Desarrollo Web. *Dreamweaver.* [En línea] 2001. [Citado el: 29 de Junio de 2018.] Disponible en: <https://desarrolloweb.com/articulos/332.php>.

Arduino. Arduino. *Arduino IDE 1.8.5.* [En línea] 2017. [Citado el: 21 de Junio de 2018.] Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>.

Arduino. Arduino. *Intel Galileo.* [En línea] 2018. [Citado el: 20 de Febrero de 2018.] Disponible en: <https://arduino.cl/intel-galileo/>.

Arduino. Arduino. *Arduino Mega 2560.* [En línea] 2019. [Citado el: 15 de Julio de 2018.] Disponible en: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-mega-2560-rev3>.

Arduino, Mi. Iescamp. *Placa Arduino Uno.* [En línea] [Citado el: 20 de Marzo de 2018.] Disponible en: <http://www.iescamp.es/miarduino/2016/01/21/placa-arduino-uno/>.

Avilés, Martin Luther y Bajaña, Juan Carlos. Dspace. *Aplicación de Módulo Receptor de GPS para el posicionamiento de robots manejados a control remoto con capacidad de comunicación serial a Datalogger e Interfaz Gráfica.* [En línea] Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2010. [Citado el: 2 de Abril de 2018.] Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/11612/1/DocumentacionFinal.pdf>.

Calderon, Carmen Cristina y Orellana, Vanesa Elizabeth. Dspace. *Control de calidad del agua potable que se distribuye en los campus: Central, Hospitalidad, Balzay, Paraíso, Yanuncay, y las granjas de Irquis, y Romeral, pertenecientes a la Universidad de Cuenca.* [En línea] Universidad de Cuenca, 2015. [Citado el: 25 de Enero de 2018.] Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/22285/1/Tesis.pdf>.

Castillo, Isabel y Murillo, Santiago. Dspace. *Diseño de una red de comunicaciones para la medición y control del consumo de agua potable en tiempo real para la parroquia Yaruquíes perteneciente a la ciudad de Riobamba.* [En línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2017. [Citado el: 16 de Marzo de 2018.] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8440/1/98T00187.pdf>.

Condorchem. Condorchem Envitech. *Países mas contaminantes y mas sostenibles del mundo.* [En línea] 2013. [Citado el: 11 de Enero de 2018.] Disponible en: <http://blog.condorchem.com/tag/paises-mas-sostenibles/>.

Consort. *Manual C56x* [En línea] 2012. [Citado el: 18 de Enero de 2018.] Disponible en: http://www.consort.be/data/uploads/manuals/old-manuals/c56x_hl.pdf.

Dignani, Jorge Pablo. Sedici. *Análisis del protocolo Zigbee.* [En línea] Universidad Nacional de la Plata, 2011. [Citado el: 28 de Marzo de 2018.] Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/18349/Documento_completo__.pdf?sequence=1.

Disaster. Disaster. *Medición del cloro residual en el agua.* [En línea] Mayo de 2009. [Citado el: 17 de Enero de 2018.] Disponible en: <http://www.disaster-info.net/Agua/pdf/11-CloroResidual.pdf>.

EastRsing. BuyDisplay. *ERM2004-2 Series Datasheet LCD i2c.* [En línea] 2016. [Citado el: 10 de Junio de 2018.] Disponible en: <https://drive.google.com/file/d/0BzaKjvCRihgbc2M2MlcyMFdz0U/view>.

El Universo. 76,51% de hogares ecuatorianos tienen acceso al agua potable. *El Universo* . 21 de Marzo de 2013, pág. 3.

El Universo. El universo. *5 barrios de Riobamba en emergencia.* [En línea] 25 de Abril de 2007. [Citado el: 16 de Enero de 2018.] Disponible en: <http://www.eluniverso.com/2007/04/25/0001/12/B0D2CC5AAA324D5DB909AD43096A987B.html>.

El Universo. El Universo. *76,51% de hogares ecuatorianos tienen acceso al agua potable.* [En línea] 21 de Marzo de 2013. [Citado el: 12 de Enero de 2018.]

<http://www.eluniverso.com/2013/03/21/1/1356/7651-hogares-ecuatorianos-tienen-acceso-agua-potable.html>.

Electro-Informatica. Electro-Informática XXI. *Medidor de Cloro* [En línea] 2018. <http://electroinformaticaxxi.com/electronica-de-consumo/975-medidor-de-cloro-cl2-y-ph-ph-101-para-piscina-spa-acuario-riegos--0742010006312.html>.

Electronics, Sparkfun. Sparkfun Electronics. *AT Commands Reference Guide*. [En línea] 2017. [Citado el: 16 de Abril de 2018.] Disponible en: https://www.sparkfun.com/datasheets/Cellular%20Modules/AT_Commands_Reference_Guide_r0.pdf.

ElectroniLab. ElectronicLab Ingeniería Y Diseño Electrónico. *Sensor de temperatura DS18B20 tipo sonda*. [En línea] [Citado el: 1 de Junio de 2018.] Disponible en: https://electronilab.co/tienda/sensor-de-temperatura-ds18b20-tipo-sonda/?fbclid=IwAR2GAF5G4Sx-fOeBakJLrpHdfdEcN49k-KUZEBGSHk5UX1v47_JGeJZnFSA.

Environmental Perfonce Index. Environmental Perfonce Index. [En línea] 2018. <https://epi.envirocenter.yale.edu/epi-country-report/ECU>.

Escobar, Michele Sthefanny. Dspace. *Evaluación de la calidad física, química y microbiológica del agua potable del catón Palora, provincia de Morona Santiago*. [En línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Marzo de 2017. [Citado el: 2 de Febrero de 2018.] Disponible en: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/6409/1/56T00694.pdf>.

Galindo, David Leonardo y Sánchez, César Paúl. Dspace. *Red de sensores inalámbricos para monitoreo de parámetros hidrológicos aplicado en lagunas, estanques y plantas de tratamiento*. [En línea] Universidad del Azuay, 2015. [Citado el: 27 de Febrero de 2018.] Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/4856/1/11298.pdf>.

Gisiberica. Calidad del Agua. *Medidor de Oxígeno Disuelto*. [En línea] 2016. [Citado el: 1 de Marzo de 2018.] Disponible en: <http://www.gisiberica.com/MANUALES/qw045.pdf>.

Guerra, Ricardo Marcelo y Atiaga , Vinicio Sebastian. Repositorio. *Diseño y simulación de un sistema de control y comunicación para la activación de circuitos eléctricos secundarios en la zona centro de la ciudad de Ambato.* [En línea] Escuela Politécnica del Ejército, 2011. [Citado el: 10 de Junio de 2018.] Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/2971/T-ESPE-030755.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Gusqui, Pamela. Dspace. *Implementación de un prototipo de red inalámbrica para la identificación, supervisión y localización en tiempo real de personas con padecimiento de Alzheimer.* [En línea] Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, 2017. [Citado el: 20 de Junio de 2018.] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7953/1/98T00171.pdf>

H.F Shurvell. *Spectra-Structure Correlations in the Mid and Far Infrared.* Canadá : Queen`s University , 2002.

Hach. Hach. *Medidor de pH.* [En línea] 2018. [Citado el: 20 de Febrero de 2018.] Disponible en: (<https://www.tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/materiales-e-instrumentos-de-un-laboratorio-quimico/phmetro.html>).

Hortega Simon. Módulos GPS. *Case de equipo GPS xcn2050.* [En línea] [Citado el: 3 de Abril de 2018.] Disponible en: [https://www.ortegasimon.com/index.php/tienda/gps,-cda,-mp3,-camaras/gps/case-equipo-gps-xcn2050-glonas-\(ref-c-ztn96500-85\)-detail](https://www.ortegasimon.com/index.php/tienda/gps,-cda,-mp3,-camaras/gps/case-equipo-gps-xcn2050-glonas-(ref-c-ztn96500-85)-detail).

Instituto Nacional de Estadística y Censos. Ecuador en cifras. *Información Ambiental en Hogares.* [En línea] Junio de 2012. [Citado el: 16 de Febrero de 2018.] Disponible en: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Ambientales2012junio/Presentacio_Junio%202012.pdf.

Informática, Electro. Electro-Informática XXI. [En línea] 2018. <http://electroinformaticaxxi.com/electronica-de-consumo/975-medidor-de-cloro-cl2-y-ph-pc-101-para-piscina-spa-acuario-riegos--0742010006312.html>.

Inspiration.org. Inspiration. *Contaminación del agua.* [En línea] 2013. [Citado el: 10 de Enero de 2018.] Disponible en: <https://www.inspiration.org/cambio-climatico/contaminacion/contaminacion-del-agua>.

Instruments, PCE. PCE. [En línea] 2018. https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/turbidometro-kat_70147_1.htm.

Instruments, PCE. PCE Instruments. *pHmetro*. [En línea] 2018. [Citado el: 21 de Febrero de 2018.] Disponible en: https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/analizador-de-agua-kat_160609_1.htm.

Jasco. [En línea] <http://www.gmkakiest.com/userfiles/Product/PDF/FTIR4000.pdf>.

La Motte. Calidad del Agua. *Medidor de Oxigeno DIuelto*. [En línea] 2018. [Citado el: 2 de Marzo de 2018.] Disponible en: <http://www.gisiberica.com/MANUALES/qw045.pdf>.

Lelu. Neetescuela. *Proceso de potabilización del agua*. [En línea] 2012. [Citado el: 11 de Enero de 2018.] Disponible en: <https://neetescuela.org/proceso-de-potabilizacion-del-agua/>.

Machado, Sheila Pamela. Dspace. *Implementación de un prototipo de red inalámbrica para la identificación , supervisión y localización en tiempo real de personas con padecimiento de Alzheimer*. [En línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2017. [Citado el: 5 de Marzo de 2018.] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7953/1/98T00171.pdf>.

Madigan, Michael T. Brock, *biología de los microorganismos*. Madrid : Prentice Hall : s.n., 1998.

Marco, Leandro, y otros. Salud Publica. *La turbidez como indicador básico de calidad de aguas*. [En línea] 2004. [Citado el: 22 de Enero de 2018.] Disponible en: [http://salud-publica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc510156890491c_Hig.Sanid.Ambient.4.72-82\(2004\).pdf](http://salud-publica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc510156890491c_Hig.Sanid.Ambient.4.72-82(2004).pdf).

Martel, Ada Barrenechea. Ingeniero Ambiental. *Aspectos Fisicoquímicos de la calidad del agua*. [En línea] 2004. [Citado el: 3 de Febrero de 2018.] Disponible en: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/uno.pdf>.

Martinez, Amdres. Ecuador. *Agua: nuevos desafíos*. [En línea] 25 de Marzo de 2014. [Citado el: 12 de Enero de 2018.] Disponible en: <https://andresmartinez.wordpress.com/category/ecuador/>.

Maturana, Jesús. Xataka. *Intel Galileo, placa de desarrollo fruto de la colaboración entre Intel y Arduino.* [En línea] 3 de Octubre de 2013. [Citado el: 11 de Marzo de 2018.] Disponible en: <https://www.xataka.com/makers/intel-galileo-placa-de-desarrollo-fruto-de-la-colaboracion-entre-intel-y-arduino>.

Mejia, Julio. Monografias. *Importancia, contaminación y enfermedades del agua.* [En línea] 2014. [Citado el: 15 de Enero de 2018.] Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos102/importancia-contaminacion-y-enfermedades-del-agua/importancia-contaminacion-y-enfermedades-del-agua.shtml>.

Moy, Hau Fung y Carrillo, Ali José. *Integración de la Tecnología GPRS en redes GSM.* [En línea] Universidad Rafael Bellosó Chacín, Marzo de 2009. [Citado el: 1 de Abril de 2018.] Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/784/78411785002.pdf>.

MuñozHipólito, y otros. Scielo. *Oxígeno Disuelto.* [En línea] 2015. [Citado el: 8 de Febrero de 2018.] Disponible en: <https://es.slideshare.net/posesmi/oxigeno-disuelto>.

Oleas, Byron. Dspace. *Evaluación de la calidad física, química y microbiológica del agua de consumo humano en la parroquia rural de Cubijíes del cantón Riobamba.* [En línea] Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, 2016. [Citado el: 19 de Enero de 2018.] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5709/1/56T00644.pdf>.

Olivera, Maria. *Subproductos de Cloración Inorgánicos y Orgánicos en las Aguas de Castilla y León. Estado Actual y Perspectivas ante la Revisión de la Directiva Europea.* [En línea] Universidad de Salamanca, 2011. [Citado el: 17 de Enero de 2018.] Disponible en: https://gredos.usal.es/jspui/bitstream/10366/110550/1/DQANB_Dantas_Leite_MV_Estado_Actual.pdf.

Organización Mundial de la Salud. Organización Mundial de la Salud. *Saneamiento.* [En línea] 2006. Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf?ua=1.

Organización Mundial de la Salud. Organización Mundial de la Salud. *Enfermedades relacionadas con el agua.* [En línea] 2019. [Citado el: 10 de Febrero de 2018.] Disponible en: https://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/es/.

Organización Mundial de la Salud. Organización Mundial de la Salud. [En línea] 7 de Febrero de 2018. [Citado el: 15 de Febrero de 2018.] Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>.

Organización Mundial de la Salud. Who. *Informe 2015 del PCM sobre el acceso a agua potable y saneamiento: datos esenciales.* [En línea] 2015. [Citado el: 15 de Enero de 2018.] Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/jmp-2015-key-facts/es/.

Oracle.. Oracle MySQL. *La base de datos de código abierto más popular del mundo.* [En línea] 2018. [Citado el: 1 de Julio de 2018.] Disponible en: <https://www.oracle.com/co/mysql/>.

Ortiz, Mayra Estefanía y Cobos, Marllory Corina. Dspace. *Implementación de un prototipo de una red inalámbrica de sensores para la identificación de personas y acceso a historias clínicas basado en tarjetas de desarrollo.* [En línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2017. [Citado el: 22 de Marzo de 2018.] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6869/1/98T00148.pdf>.

Pastrano, Luis. Dspace. *Diseño e Implementación de un sistema electrónico para conducción segura basado en monitorización de señales biométricas utilizando tecnologías GSM GPRS.* [En línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2017. [Citado el: 20 de Abril de 2018.] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6864/1/98T00143.pdf>.

PCE Instruments. PCE Instruments. *Medidor de salinidad y temperatura.* [En línea] 2018. [Citado el: 25 de Febrero de 2018.] Disponible en: https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/medidor-de-agua-horiba-medidor-de-agua-laquatwin-salt-22-salinidad-temperatura-det_515169.htm?_list=kat&_listpos=18.

Quick-Teck. Quick-Teck. *DS18B20 Waterproof Temperature Sensor Cable.* [En línea] [Citado el: 11 de Diciembre de 2018.] Disponible en: <https://www.elementsonline.com/downloads/DS18B20.pdf>.

Quimipool. QUIMIPOOL. [En línea] [Citado el: 6 de Febrero de 2018.] <https://www.quimipool.com/2469-pca-330-medidor-en-continuo-cloro-libre-totalphorptemperatura.html>.

Raspberry. Raspberry. *Raspberry Pi2 Model B*. [En línea] 2018. [Citado el: 15 de Marzo de 2018.] Disponible en: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-2-model-b/>.

Remtavares. Madridmas. *Derechos Humanos*. [En línea] 2006. [Citado el: 10 de Enero de 2018.] Disponible en: <http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2006/11/12/50666>.

Rivera, Diana y Yopez, Eddy. Dspace. *Diseño e implementación de un prototipo para la medición de calidad del agua y control de la oxigenación en forma remota orientado a la producción acuícola*. [En línea] Universidad Politécnica Salesiana, Abril de 2015. [Citado el: 15 de Enero de 2018.] Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10328/1/UPS-GT001238.pdf>.

Robot, DF. DFRobot. *pH SEN0619 Datasheet*. [En línea] [Citado el: 15 de Diciembre de 2018.] Disponible en: https://media.digikey.com/pdf/Data%20Sheets/DFRobot%20PDFs/SEN0161_SEN0169_Web.pdf.

Ruiz, Ricardo, Quijano, Jimmy Andrés y Holguín, Germán Andrés. *Implementación del protocolo bluetooth para la conexión inalámbrica de dispositivos electrónicos programables*. [En línea] Universidad Tecnológica de Pereira, 2004. [Citado el: 26 de Marzo de 2018.] Disponible en: <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/7293/4297>.

Sánchez, Alicia. Higiene y Salud Ambiental. *Efectos de los trihalometanos sobre la salud*. [En línea] 2008. [Citado el: 11 de Febrero de 2018.] Disponible en: <http://www.elaguapotable.com/Efectos%20de%20los%20THM%20sobre%20la%20salud.pdf>.

Scientific, Fisher. Fisher Scientific. *Reference Guide Accumet XL*. [En línea] [Citado el: 10 de Diciembre de 2018.] Disponible en: <https://pim-resources.coleparmer.com/instruction-manual/accumet-xl-series-ref-guide.pdf>.

Severiche, Carlos Alberto, Castillo, Marlon Enrique y Acevedo, Rosa Leonor. *Manual de Métodos Analíticos para la determinación de Parámetros Fisicoquímicos Básicos en Aguas.* [En línea] Biblioteca Virtual Eumed, 2013. [Citado el: 28 de Enero de 2018.] Disponible en: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/1326.pdf>.

Terán, Christian y Cando, Christian. Ecuador en Cifras. *Documento Técnico "Estadística Ambiental Económica, en Gobiernos Autónomos, Descentralizados Municipales" Gestión de agua potable y alcantarillado 2016.* [En línea] 2016. [Citado el: 5 de Febrero de 2018.] Disponible en: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2016/Documento%20tecnico%20APA%202016.pdf.

Torres, Patricia, Cruz, Camilo Hernán y Patiño, Paola Jhaneth. Revista Ingenierías Universidad de Medellín. *Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano.* [En línea] 05 de Octubre de 2009. [Citado el: 20 de Enero de 2018.] Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15s1/v8n15s1a09.pdf>.

Tulsma. Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente Título VI Anexo 1. *Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluyentes: Recurso Agua.* [En línea] 2016. [Citado el: 21 de Enero de 2018.] Disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>.

U-blox. NEO-6. *U-blox 6 GPS Modules.* [En línea] 2017. [Citado el: 29 de Abril de 2018.] Disponible en: [https://www.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/NEO-6_DataSheet_\(GPS.G6-HW-09005\).pdf](https://www.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/NEO-6_DataSheet_(GPS.G6-HW-09005).pdf).

Vidarte, Namir El-Khoury. *Adaptación e implementación de un sistema autónomo de bajo coste de monitorización de calidad del agua en tiempo real.* [En línea] Universidad Politécnica de Madrid, 2016. [Citado el: 10 de Mayo de 2018.] Disponible en: http://oa.upm.es/44683/1/PFC_NAMIR_EL_KHOURI_VIDARTE_2016.pdf.

World Health Organization. Who. *Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua.* [En línea] 2009. [Citado el: 19 de Enero de 2018.] Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/publication_9789241562638/es/.

Yareth Químicos. Yareth Instruments. *Turbidimetro 2020WE Guide*. [En línea] [Citado el: 18 de Diciembre de 2018.] Disponible en: http://www.yarethquimicos.com/Turbidimetro_Portatil_2020we-2020wi_LaMotte_Yareth_Quimicos_Ltda.html.

ANEXOS

ANEXO A: Datasheet pH Sen0161

pH meter(SKU: SEN0161)



Analog pH Meter Kit (SKU: SEN0161)



Analog pH Meter Kit (SKU: SEN0161)

Contents

- 1 Introduction
- 2 Specification
- 3 Precautions
- 4 pH Electrode Characteristics
- 5 Usage
 - 5.1 Connecting Diagram
 - 5.2 Method 1: Software Calibration
 - 5.3 Method 2: Hardware Calibration through potentiometer
- 6 FAQ

Introduction

Need to measure water quality and other parameters but haven't got any low cost pH meter? Find it difficult to use with Arduino? Here comes an analog pH meter, specially designed for Arduino compatible and has built-in simple, convenient and practical connection and features. It has an LCD which works on the Power Indicator, a BNC connector and PH2.0 sensor interface. You can just connect the pH sensor with BNC connector, and plug the PH2.0 interface into any analog input on Arduino controller to read pH value easily.

Specification



SEN0161 dimension

- Module Power: 5.00V
- Circuit Board Size: 40mm*20mm
- pH Measuring Range: 0-14
- Measuring Temperature: 0-50 °C
- Accuracy: ±0.1pH (25 °C)
- Response Time: 2 mins
- pH Sensor with BNC Connector
- PH2.0 Interface (3 Pin Patch)
- Clear Adjustment Potentiometer
- Power Indicator LED

Precautions

- Before and after use of the pH electrode every time, you need to use potentiometer to clean it.
- The electrode plug should be kept clean and dry to avoid short circuit.
- **Precaution: Electrode reference compensation solution is Ph 6.86KCL solution.**
- Measurement should be avoided staggered pollution between solutions, so as not to affect the accuracy of measurement.
- Electrode fault or wear state is detected which will make PTS decline, slow response. So, it should be based on the characteristics of the pollutant, adapted to the cleaning solution, the electrode performance recovery.

- Electrode when in use, the ceramic sand core and liquid outlet rubber ring should be removed, in order to make salt bridge solution to maintain a certain velocity.

NOTE: Differences between the probes: SEN0161 and SEN0162

Their major specifications are almost the same. The differences focus at

Long-Term Operation: SEN0162 supports, while SEN0161 NOT, i.e. you can not measure SEN0161 in water for Continuous Testing.

Life Span: In 25 °C, pure water at Continuous Testing with them both, SEN0162 can work ten years, while SEN0161 can only last for 6 months. Also, for reference, if your tank is full of strongly acid and alkali solution, 25 °C, the life span would drop to one year (SEN0162), 4 months (SEN0161).
Temperature, pH, turbidity of the water affect the probe life span a lot.

Waterproof: You can immerse the whole probe SEN0162 into the water, while you can only immerse the front part of the probe SEN0161. The electrode glass bulb, into water, the rear part, from the white shell to the cable, MUST NOT be under water.

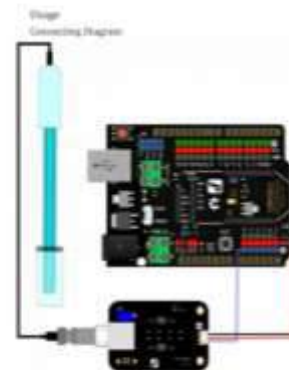
Strongly Acid and Alkali: SEN0162 are preferred for strongly acid and alkali test, and if your testing range is usually within pH=4, then SEN0161 is a better for that.

pH Electrode Characteristics

The output of pH electrode is mV, and the pH value of the relationship is shown as follows (25 °C):

| VOLTAGE (mV) | pH value | VOLTAGE (mV) | pH value |
|--------------|----------|--------------|----------|
| 424.22 | 0.00 | 424.22 | 14.00 |
| 344.76 | 1.00 | 344.76 | 13.00 |
| 265.30 | 2.00 | 265.30 | 12.00 |
| 185.84 | 3.00 | 185.84 | 11.00 |
| 106.38 | 4.00 | 106.38 | 10.00 |
| 26.92 | 5.00 | 26.92 | 9.00 |
| -52.54 | 6.00 | -52.54 | 8.00 |
| -133.08 | 7.00 | -133.08 | 7.00 |
| -213.62 | 8.00 | -213.62 | 6.00 |
| -294.16 | 9.00 | -294.16 | 5.00 |
| -374.70 | 10.00 | -374.70 | 4.00 |
| -455.24 | 11.00 | -455.24 | 3.00 |
| -535.78 | 12.00 | -535.78 | 2.00 |
| -616.32 | 13.00 | -616.32 | 1.00 |
| -696.86 | 14.00 | -696.86 | 0.00 |

NOTE: The voltage that if your need is a much different with the table above you can still reading from the electrode directly, but from the voltage output, it has converted the output voltage (25 ~ +50) to Arduino-compatible voltage, i.e. 0 ~ 5V. See the [connection diagram](#).



NOTE

ANEXO B: Datasheet Temperatura DS18B20

Check for the availability of your preferred package.

DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer

General Description
The DS18B20 digital thermometer provides 1-Wire™ 1-DiG Celsius temperature measurements and has an alarm function with programmable user-programmable upper and lower trigger points. The DS18B20 communicates over a 1-Wire bus that is defined by a single data line and a pull-up resistor to VCC. The DS18B20 can detect power polarity from the data line ("parasitic power"), eliminating the need for an external power source. Standby DS18B20s in function on the same 1-Wire bus. Thus, it is simple to add one thermometer to existing buses. DS18B20s include over a high rate applications that use built-in from the factory include HVAC environmental controls, temperature monitoring systems, health facilities, equipment, or treatment, and process monitoring and control systems.

Applications

- Thermocouple Control
- Industrial Systems
- Environmental
- Thermocouples
- The Body Detection Systems

Benefits and Features

- Single 1-Wire™ Interface Requires Only One Pin for Communication
- Reduce Component Count with Integrated Temperature Sensor and DS18B20
 - Measure Temperature from -55°C to +125°C (-67°F to +257°F)
 - 0.5°C Resolution from -55°C to +125°C
 - Programmable Resolution from 0.5°C to 0.125°C
 - No External Components Required
- Flexible Power Mode Requires Only 2 Pairs of Wires (0.5 and GND)
 - Standby Current Consumption of 0.1µA
 - Simplifies Distributed Temperature-Sensing Applications with Walking Bit Capability
 - Standby Current is a Unique 650µA Standby Current Based on On-Chip ROM
- Flexible User-Definable Resolvable (10) Binary Digits with Alarm Control Commandable Device with Temperature-Sensitive Programmable Logic
- Available in 5-Pin SC (10-Pin), 8-Pin, SOIC and 5-Pin TO-46 Packages

Pin Configurations

Delivery Information appears at end of data sheet.
1-Wire is a registered trademark of Dallas Semiconductor, Inc.

maxim integrated

DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer

Absolute Maximum Ratings

| | | | |
|--|-----------------|---------------------------|--|
| Voltage Input on Any Pin Exceeds to Ground | -0.5V to +6.0V | Storage Temperature Range | -55°C to +125°C |
| Operating Temperature Range | -55°C to +125°C | Active Temperature | Range is the DS18B20's ±0.5°C Resolution |

DC Electrical Characteristics
(V_{CC} = 3.0V to 5.5V, I_{CC} = 0.1µA to 0.5µA)

| Parameter | Symbol | Conditions | Min. | Typ. | Max. | Unit |
|-----------------------|----------------------|---|--------|--------|--------|------|
| Supply Current | I _{CC} | V _{CC} = 3.0V to 5.5V, Standby | 0.05 | 0.1 | 0.5 | µA |
| Active Supply Voltage | V _{CC} | Resolution 0.5°C | 1.7 | 1.8 | 1.9 | V |
| | | Resolution 0.125°C | 1.7 | 1.8 | 1.9 | V |
| Thermistor B Value | B | DS18B20 | 3450 | 3450 | 3450 | K |
| Resolution 0.5°C | Resolution | DS18B20 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | °C |
| Resolution 0.125°C | Resolution | DS18B20 | 0.125 | 0.125 | 0.125 | °C |
| Accuracy 0.5°C | Accuracy | DS18B20 | ±0.5 | ±0.5 | ±0.5 | °C |
| Accuracy 0.125°C | Accuracy | DS18B20 | ±0.125 | ±0.125 | ±0.125 | °C |
| Standby Current | I _{CC(SB)} | V _{CC} = 3.0V to 5.5V, Standby | 0.05 | 0.1 | 0.5 | µA |
| Current Limit | I _{CC(LIM)} | V _{CC} = 3.0V to 5.5V, Standby | 1 | 1 | 1 | mA |
| Pin Capacitance | C _{IN} | DS18B20 | 5 | 5 | 5 | pF |
| ESD | ESD | DS18B20 | ±2 | ±2 | ±2 | kV |

Notes:

1. All voltages are referenced to ground.
2. The 1-Wire™ supply voltage specification does not include the high level of the pulse to reach 1, 0, or 150 ns to reach the 1-Wire™ bus which is not for the 1-Wire™ supply. For more details refer to the voltage drop across the capacitor when it is turned on. See "Pin 1" in the "Pin Configuration" section.
3. The typical consumption current is I_{CC(SB)}. Thermistor B value is 3450K.
4. The maximum supply voltage is 5.5V. The maximum current is 1mA.
5. The maximum current is 1mA. The maximum current is 1mA. The maximum current is 1mA.
6. The maximum current is 1mA. The maximum current is 1mA. The maximum current is 1mA.
7. The maximum current is 1mA. The maximum current is 1mA. The maximum current is 1mA.
8. The maximum current is 1mA. The maximum current is 1mA. The maximum current is 1mA.
9. The maximum current is 1mA. The maximum current is 1mA. The maximum current is 1mA.
10. The maximum current is 1mA. The maximum current is 1mA. The maximum current is 1mA.

maxim integrated

ANEXO C: Datasheet Turbidez SEN0189

DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer

Pin Description

| NO. | Pin | IO/CP | DS18B20 | NAME | FUNCTION |
|------------------------|------------------------|-------|-----------------|-----------------|--|
| 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 | — | — | NC | No Connection |
| 9 | 9 | I | V _{CC} | V _{CC} | Supply Voltage. V _{CC} must be provided for operation in parasite power mode. |
| 10 | 10 | I | ESD | ESD | Electrostatic Discharge Protection. 100kΩ resistance per 400pF parasitic capacitance to the device when used in parasite power mode (see the DS18B20 section). |
| 11 | 11 | I | GND | GND | Ground |

maxim integrated



Turbidity sensor SKU: SEN0189



Contents

- 1 Introduction
- 2 Specifications
- 3 Connection Diagram
- 4 Examples

Introduction

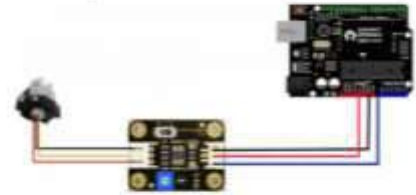
The turbidity sensor detects water quality by measuring the levels of turbidity. It uses light to detect suspended particles in water by measuring the light transmission and scattering rate, which changes with the amount of total suspended solids (TSS) in water. As the TSS increases, the liquid naturally turns opaque.



Specifications

- Operating Voltage: 5V DC
- Operating Current: 40mA (max)
- Response Time: ~100ms
- Insulation Resistance: 100M Ohm
- Output Method:
 - Analog output: 0-4.2V
 - Digital Output: High/Low level signal (you can adjust the threshold value by adjusting the potentiometer)
- Operating Temperature: 0°C~40°C
- Storage Temperature: -10°C~60°C
- Weight: 30g
- Adapter Dimensions: 30mm*20mm*13mm*1 Slot*2 Pinholes*11 Slot*2 Pinholes

Connection Diagram



Interface Description:

1. "DIN" Output Digital Switch
1. "AN" Analog Signal Output: the output value will decrease when it inputs with a high turbidity
2. "DO" Digital Signal Output: high and low levels, which can be adjusted by the threshold potentiometer
2. Threshold Potentiometer: you can change the trigger condition by adjusting the threshold potentiometer in digital signal mode

Examples

Here are two examples:
Example 1 uses Analog output mode
Example 2 uses Digital output mode

Example 1

```
void setup() {  
  Serial.begin(9600); //Serial output: 9600  
}  
  
void loop() {  
  int sensorValue = analogRead(A0); // read the input on analog pin 0  
  float voltage = sensorValue * 5.0 / 1023.0; // Convert the reading into the default span from 0 to 5.00V, for a voltage 0.0 to 5.0V  
  Serial.println(voltage); // print out the value you read  
  delay(1000);  
}
```

Example 2

```
int ledPin = 13; // LEDs are located on pins 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 on the Uno  
int sensor = A0; // Connect the turbidity sensor on Analog  
int led; //
```

ANEXO D: Datasheet Módulo Relé de 2 Canales

rambal
AUTOMATIZACIÓN Y ELECTRICIDAD

www.rambal.com

Módulo relé de 2 canales

(Traducido por Rambal Ltda.)



Versión de mayor inmunidad a ruidos eléctricos. Full Optocouplado Versión 4.
Esta placa puede ser controlada directamente desde cualquier controlador Home-Kit, Arduino, PIC, AVR, S, Stamps, Raspberry Pi, placas TTL... solo se requiere que el microcontrolador proporcione 5 voltios y 20 mA por cada uno de los dos pines y fácilmente estará controlando artefactos eléctricos de hasta 10 Amperes y 220 voltios en corriente alterna o artefactos de 10 Amperes y 30 Voltios en corriente continua. Hemos verificado la calidad de este componente de nuestro proveedor de confianza junto a nuestros clientes y ya ha presentado fallas. El único inconveniente que encontramos fue la falta de imágenes de conexión, pero esto incrementamos la solución al contactarnos con el fabricante.

Especificaciones:

- Voltaje de operación de 5 vcc.
- Corriente de activación de 15 a 20 mA.
- 2 Canales independientes, protegidos con opto acopladores.
- Voltaje máximo de carga en los relés de 220Vac x 10A o 30Vdc x 10A.
- Modo de funcionamiento ecoque.
- Los 2 relés cuentan, cada uno con salidas NC y NA.
- Distancia de aislamiento de 15 a 30 metros.
- Indicación led para el estado de cada relé.
- Puede ser controlado directamente por circuitos lógicos.
- Terminales de entrada de señal lógica y alimentación con terminal macho.

Sistema extra de protección:


Con jumper en la posición 10-Vcc / Vcc: La bobina del relé es excitada con la misma fuente de poder que es alimentado el módulo.
Sin jumper: Se requiere alimentar independientemente la bobina del relé en los pines VCC y GND, con esto se asegura una máxima protección en posibles cortocircuitos.
Importante: No conectar el jumper entre VCC y GND.

Características:

Control por variador microcontroladores como: Home-Kit, Arduino, PIC, AVR, S, Stamps, Raspberry Pi, placas TTL.

Acordamos el uso de Stamps Sierra, especialmente al modelo Home-Kit.
Nota: Nuestros clientes del área educación han probado los equipos Ubiquitous y no han encontrado diferencias en calidad / funcionamiento.

Conexión:



Modelo: 820-01-02000

www.rambal.com

ANEXO E: Datasheet Arduino Mega

Arduino MEGA 2560



Product Overview

The Arduino Mega 2560 is a microcontroller board based on the ATmega2560 (datasheet). It has 54 digital input/output pins (of which 14 can be used as PWM outputs), 16 analog inputs, 4 UARTs (hardware serial ports), a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Mega is compatible with most shields designed for the Arduino Uno or Duemilanove.

Index

- Technical Specifications [Page 2](#)
- How to use Arduino Programming Environment, Main Tutorial [Page 6](#)
- Terms & Conditions [Page 7](#)
- Environmental Policies [Page 7](#)

for more information visit our website

Technical Specification

00002 Rev. 01/2014 www.arduino.cc/en/Reference/Mega www.arduino.cc/en/Reference/Mega

Summary

| | |
|-----------------------------|---|
| Microcontroller | ATmega2560 |
| Operating Voltage | 5V |
| Input Voltage (recommended) | 7-12V |
| Input Voltage (limits) | 0-20V |
| Digital I/O Pins | 54 (of which 14 provide PWM output) |
| Analog Input Pins | 16 |
| DC Current per I/O Pin | 40 mA |
| DC Current for 3.3V Pin | 50 mA |
| Flash Memory | 256 KB of which 8 KB used by bootloader |
| SRAM | 8 KB |
| EEPROM | 4 KB |
| Clock Speed | 16 MHz |

the board



RS **radiospares** **RADIONICS**

3 Electrical specifications

3.1 Absolute maximum ratings

| Parameter | Symbol | Module | Min | Max | Units | Condition |
|--|------------------------|------------------------------------|------|-----|-------|--|
| Power supply voltage | VCC | ME0-002 | -0.5 | 3.3 | V | |
| | | ME0-001, ME0-002, ME0-003, ME0-004 | -0.5 | 4.0 | V | |
| Backup battery voltage | V _{BATT} | ME0-001 | -0.5 | 3.0 | V | |
| USB supply voltage | V _{USB} | ME0-001 | -0.5 | 3.0 | V | |
| Reset pin voltage | RES | ME0-001 | -0.5 | 3.0 | V | |
| | RES _{pull-up} | ME0-001 | -0.5 | 3.0 | V | |
| ESD contact through any metal pad (pin through hole) | ESD | ME0-001 | - | 100 | kV | |
| VCC pin voltage options | VCC _{pin} | ME0-001 | - | 100 | kV | |
| Power power-on reset (POR) | POR | ME0-001, ME0-002, ME0-003, ME0-004 | - | 100 | kV | Device temperature is 25°C, maximum rate |
| Storage temperature | T _{STG} | ME0-001 | -40 | 85 | °C | |

Table 9 Absolute maximum ratings

GPS receivers are Electronic Sensitive Devices (ESD) and require special precautions when handling. For more information see chapter 5.4.

Stressing the device beyond the "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage. These are stress ratings only. The product is not protected against overvoltage or reversed voltages. If necessary, voltage spikes exceeding the power supply voltage specifications, given in table above, must be limited to values within the specified boundaries by using appropriate protection diodes. For more information see the *LSA-6/NEO-6/MA0-4 Hardware Integration Manual* [1].

3.2 Operating conditions

All specifications are at an ambient temperature of 25°C.

| Parameter | Symbol | Module | Min | Typ | Max | Units | Condition |
|---|--------------------|-------------|------|---------------------|---------------------|-------|--------------------------------------|
| Power supply voltage | VCC | ME0-001 | 1.75 | 1.8 | 1.85 | V | |
| | | ME0-002/003 | 2.7 | 3.0 | 3.3 | V | |
| Supply voltage USB | V _{USB} | ME0-001 | 2.0 | 2.1 | 2.4 | V | |
| Backup battery voltage | V _{BATT} | ME0-001 | 1.8 | - | 3.0 | V | |
| Module battery current | I _{BATT} | ME0-001 | - | 20 | 100 | µA | V _{BATT} = 1.8 V, VCC = 0 V |
| Input pin voltage (with) | V _{in} | ME0-001 | - | 0 | 3.0 | V | |
| Digital I/O pin high level input voltage | V _{I(OH)} | ME0-001 | - | 0 | 0.7 V _{CC} | V | |
| Digital I/O pin high level output voltage | V _{O(OH)} | ME0-001 | - | 0.7 V _{CC} | V _{CC} | V | |
| Digital I/O pin low level input voltage | V _{I(OL)} | ME0-001 | - | 0 | 0.3 V _{CC} | V | |
| Digital I/O pin low level output voltage | V _{O(OL)} | ME0-001 | - | 0 | 0.3 V _{CC} | V | |
| USB D+ I/O pin | V _{D+} | ME0-001 | - | 0 | 3.0 | V | |
| UART pin voltage | V _{UART} | ME0-001 | - | 0 | 3.0 | V | |
| UART pin current (max) | I _{UART} | ME0-001 | - | 50 | 100 | mA | |
| Resetting pin | I _{RES} | ME0-001 | - | 50 | 100 | mA | |
| Power-on Reset (POR) pin | I _{POR} | ME0-001 | - | 50 | 100 | mA | |
| Operating temperature | T _{OP} | ME0-001 | -40 | - | 85 | °C | |

Table 10 Operating conditions

Operation beyond the specified operating conditions can affect device reliability.

3.3 Indicative power requirements

Table 11 lists examples of the total system supply current for a possible application.

| Parameter | Symbol | Module | Min | Typ | Max | Units | Condition |
|--------------------------|-------------------|-------------|-----|-----|-----|-------|--|
| Max. standby current* | I _{STBY} | ME0-001 | - | 20 | 100 | µA | V _{BATT} = 1.8 V, V _{CC} = 0 V |
| | | ME0-002/003 | - | 20 | 100 | µA | |
| | | ME0-004/005 | - | 20 | 100 | µA | |
| Average module current** | I _{MOD} | ME0-001/002 | - | 20 | 100 | µA | V _{BATT} = 1.8 V, V _{CC} = 0 V |
| | | ME0-003/004 | - | 20 | 100 | µA | |
| | | ME0-005 | - | 20 | 100 | µA | |

Table 11 Indicative power requirements

* When in Table 11 are provided for customer information only as an example of typical system requirements. Values are characterized on samples. Actual power requirements can vary depending on the system used, external circuitry, number of full-functional, loaded resources, time of start-up, such as boot.

ANEXO G: Datasheet módulo GSM/GPRS Sim900

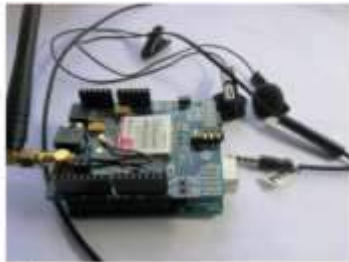
AZL GPRS/GSM SHIELD SIM900

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/GSM Shield is compatible with all boards which have the same form factor (and pin out) as a standard Arduino Board. The GPRS/GSM Shield is configured and controlled via its UART using simple AT commands. Based on the SIM900 module from SIMCOM, it is like a real phone. Besides the communication features, the GPRS/GSM Shield has 5 GPIOs. 2 of them are on AZL.



Features

- Quad-Band GSM / 800 / 900 / 1800 MHz – would work on GSM networks in all countries across the world.
- GPRS multi-class Class 1+ B
- GPRS module system class B
- Compliant to GSM phase 2+
 - Class 1 (3 W @ 900 / 1800 MHz)
 - Class 1 (1 W @ 800 / 1000 MHz)
- Control via AT commands – Standard Commands: GSM AT & ET & ST & Z; Enhanced Commands: SIMCOM AT Commands.

- Short Message Service – so that you can send and receive small amounts of data over the network (SMS) (see Introduction).
- Embedded TCP/IP stack – allows you to upload data to a web server.
- RTC supported.
- Subminiature serial port
- 5 in 1 level set pin
- Low power consumption – (5mA sleeping mode)
- Industrial Temperature Range –40°C to +85°C

Application Ideas

- M2M (Machine 2 Machine) Applications – To transfer control data using SMS or GPRS between two machines located at two different locations.
- Remote control of appliances – Send SMS while you are at your office to turn on or off your washing machine at home.
- Remote Weather station or a Wireless Sensor Network – Make it with (AZL)sim900 (B) and create a battery module capable of transferring sensor data (like from a weather station - temperature, humidity etc.) to a web server (like code.google.com)
- Indoor Tracking System – Couple the GPRS Shield with an Arduino and GPS module and install it in your car and submit your location live on the Internet. Can be used as a substitute burglar alarm.

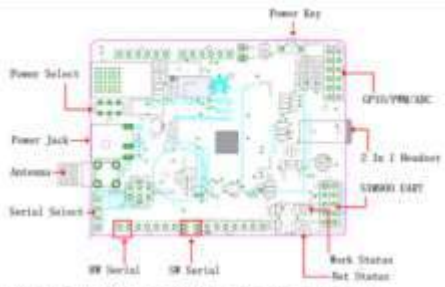
Cautions

- Make sure your SIM card is unlocked.
- The product is provided as is without any insulating enclosure. Please observe ESD precautions especially in dry (low humidity) weather.
- The factory default setting for the GPRS Shield UART is 115200 bps 8-N-1. (Can be changed using AT commands)

Specifications

| Item | Min | Typical | Max | Unit |
|----------------------------|-----------|---------|-----|------|
| Voltage | 4.8 | 5.0 | 5.2 | VDC |
| Current | 7 | 50 | 450 | mA |
| Dimension (with extension) | 110x50x15 | | | mm |
| Net Weight | 47.2 | | | g |

Interface Function



Power select - select the power supply for GPSR (external power or by of Arduino)

Power jack - connected to external 4.0-5.0VDC power supply

Antenna interface - connected to external antenna

Serial port select - select either software serial port or hardware serial port to be connected to GPSR Shield

Hardware Serial - D0/D1 of Arduino/Dawidkin

Software serial - D0/D1 of Arduino/Dawidkin only

Status LED - led whether the power of SIM900 is on

Red light - led the status about SIM900 being to be set

UART of SIM900 - UART pins breakout of SIM900

Microphone - to answer the phone call

Speaker - to answer the phone call

GPS,PWM and ADC of SIM900 - GPS,PWM and ADC pins breakout of SIM900

Power key - power up and down for SIM900

Pins usage on Arduino

D0 - Unused if you select hardware serial port to communicate with GPSR Shield

D1 - Unused if you select hardware serial port to communicate with GPSR Shield

D2 - Unused

D3 - Unused

D4 - Unused

D5 - Unused

D6 - Unused

D7 - Used if you select software serial port to communicate with GPSR Shield

D8 - Used if you select software serial port to communicate with GPSR Shield

- D9 - Unused
- D10 - Unused
- D11 - Unused
- D12-15 - Unused
- D16-19 - Unused
- D20-23 - Unused
- D24-27 - Unused
- D28-31 - Unused
- D32-35 - Unused
- D36-39 - Unused
- D40-43 - Unused
- D44-47 - Unused

Light Status

| LED | Name | Function |
|-------|-------|-------------------------------|
| Green | Power | Power of GPSR Shield is on |
| Red | Power | Power of GPSR Shield is on |
| Blue | Power | Power on |
| Blue | Power | Power on |
| Blue | Power | GPSR is not working |
| Blue | Power | GPSR data not full the memory |
| Blue | Power | GPSR data not full the memory |
| Blue | Power | GPSR communication |

Usage

Hardware Installation

- Insert an external SIM card to SIM Card holder - 2 Pin holder for SIM Cards. Both 1.8v and 3.0v SIM Cards are supported by SIM900. Any 3.0v SIM voltage type is automatically disabled.



- Make sure the antenna port finished properly. A 100mm length of connector is placed on the GPSR Shield board to connect with a GSM antenna. The connector provided on the GPSR Shield is called a [TNC connector](#). The GSM antenna supplied with the GPSR Shield has an [SMA connector](#) and will be RF-SMA connector. It is good option.

ANEXO H: Código del Arduino

```

1
2 //*****
3 //SHIELD APB apbserial
4 //*****
5 //Libreria
6 #include <SoftwareSerial.h>
7 #include <string.h>
8 #define SERIAL mySerial(10, 11) //RX(7, 8) TX(10, 11) (RX10, TX11)
9 //Impresor en Hardware Serial(Defecto)
10 //Conectar shield al arduino
11 //RX
12 //TX
13 //Usuario y Password: vacío
14
15 //*****
16 //FTP
17 //*****
18 //Características
19 //WEB: apuaseq.com
20 //FTP: ftp.apuaseq.com
21 //Web: FTP: apuaseq.com/apuaseq
22 //Usuario: apuaseq
23 //Contraseña: apuaseq
24 //Dirección: public_IP
25 //Puerto: 21
26
27 //*****
28 //MODELO DEL HARDWARE
29 //*****

```

```

30 const int
31 int def[10], temp;
32
33 // *****
34 const voltage = sensorValue * (5.0 / 1024.0); // Convert the analog in
35
36 // *****
37 #include <Arduino.h> //Se importan las librerías
38 #include <APB/apbserial.h>
39 #define PIN_2 //Se declara el pin donde se conectará la DHT
40 #define DHTPIN(FIN) //Se declara el pin declarado como bus para el
41 #define DHTTYPE(DHT) //Se instancia la librería DHT
42
43 // *****
44 // Número de muestras analógicas a tomar para la lectura
45
46 #define NUM_MUESTRAS 255
47 int pin = 0; // para de cuántas lecturas
48 const sample_count = 0; // número de la muestra
49 const vol1 = 0.0; // voltaje calculado
50
51 // *****
52 // *****
53 // *****
54 int an = 211110001111;
55 //*****
56 //RELAY 1 V 1

```

```

57 //*****
58 //*****Libreria
59 #include <TuyaOTA.h>
60 #define pin
61 //*****
62 #define SERIAL mySerial(10, 11) //RX(7, 8) TX(10, 11) (RX10, TX11)
63 //Impresor en Hardware Serial(Defecto)
64 //Conectar shield al arduino
65 //RX
66 //TX
67 //Usuario y Password: vacío
68
69 //*****
70 //FTP
71 //*****
72 //Características
73 //WEB: apuaseq.com
74 //FTP: ftp.apuaseq.com
75 //Web: FTP: apuaseq.com/apuaseq
76 //Usuario: apuaseq
77 //Contraseña: apuaseq
78 //Dirección: public_IP
79 //Puerto: 21
80
81 //*****
82 //MODELO DEL HARDWARE
83 //*****

```

```

84 int RELAY1 = 4; //pin 4
85 int RELAY2 = 3; //pin 5
86
87 //*****
88 //*****
89 //*****
90 //*****
91 //*****
92 //*****
93 //*****
94 //*****
95 //*****
96 //*****
97 //*****
98 //*****
99 //*****
100 //*****
101 //*****
102 //*****
103 //*****
104 //*****
105 //*****
106 //*****
107 //*****
108 //*****
109 //*****
110 //*****
111 //*****
112 void setup() {
113 pinMode (RELAY1, OUTPUT);
114 pinMode (RELAY2, OUTPUT);
115 pinMode (13, INPUT);

```



```

287         SerialWrite(0);
288     }
289     }
290     else
291     {
292         digitalWrite(LED1, LOW); // LED 2 is active
293         digitalWrite(LED1, HIGH);
294     }
295     delay(2000);
296 }
297
298 //-----INITIALIZACION SER-----
299
300 void ShowSerialData()
301 {
302     while(mySerial.available() > 0)
303     {
304         Serial.print(mySerial.read());
305     }
306 }
307
308 void powerUp()
309 {
310     digitalWrite(LED1, LOW);
311     digitalWrite(LED2, HIGH);
312     delay(1000);
313     digitalWrite(LED1, HIGH);

```

```

344     delay(1000);
345     ShowSerialData();
346 }
347
348 mySerial.println("AT+CI=SMUT");
349 delay(100);
350 mySerial.println();
351 delay(10000);
352 ShowSerialData();
353
354 mySerial.println("AT+CGATT=0");
355 delay(100);
356 mySerial.println();
357 delay(10000);
358 ShowSerialData();
359
360 mySerial.println("AT+CGATT=1");
361 delay(100);
362 mySerial.println();
363 delay(10000);
364 ShowSerialData();
365
366 mySerial.println("AT+CSQ");
367 delay(100);
368 mySerial.println();
369 delay(1000);
370 ShowSerialData();
371
372 mySerial.println("AT+CREG?");
373 delay(100);

```

```

394 delay(100);
395 mySerial.println();
396 delay(2500);
397 ShowSerialData();
398 }
399
400 mySerial.println("AT+DORM=1,1"); //
401 delay(100);
402 mySerial.println();
403 delay(2500);
404 ShowSerialData();
405 }
406
407 mySerial.println("AT+DORM=1,1,1,1,1"); //
408 delay(100);
409 mySerial.println();
410 delay(2500);
411 ShowSerialData();
412 }
413
414 mySerial.println("AT+DORM=1,1,1,1,1,1"); //
415 delay(100);
416 mySerial.println();
417 delay(2500);
418 ShowSerialData();
419 }
420
421 mySerial.println("AT+DORM=1,1,1,1,1,1,1"); //
422 delay(100);
423 mySerial.println();
424 delay(2500);
425 ShowSerialData();
426 }
427
428 mySerial.println("AT+DORM=1,1,1,1,1,1,1,1"); //
429 delay(100);
430 mySerial.println();
431 delay(2500);
432 ShowSerialData();
433 }

```

```

717 delay(1000);
718 }
719
720 //-----OPERA-----
721
722 void Oper()
723 {
724     //Serial.write("\n");
725     mySerial.println("AT");
726     delay(100);
727     mySerial.println();
728     delay(1000);
729     ShowSerialData();
730 }
731
732 mySerial.println("AT+OPIN=?");
733 delay(100);
734 mySerial.println();
735 delay(1000);
736 ShowSerialData();
737
738 mySerial.println("AT+OPIN=?");
739 delay(100);
740 mySerial.println();
741 delay(1000);
742 ShowSerialData();
743
744 mySerial.println("AT+OPIN=?");
745 delay(100);
746 mySerial.println();

```

```

779 mySerial.println();
780 delay(1000);
781 ShowSerialData();
782 }
783
784 mySerial.println("AT+OPIN=?");
785 delay(100);
786 mySerial.println();
787 delay(2500);
788 ShowSerialData();
789 }
790
791 mySerial.println("AT+DORM=1,1,1,1,1,1,1,1"); //setting the
792 delay(100);
793 mySerial.println();
794 delay(2500);
795 ShowSerialData();
796 }
797
798 mySerial.println("AT+DORM=1,1,1,1,1,1,1,1"); //
799 delay(100);
800 mySerial.println();
801 delay(2500);
802 ShowSerialData();
803 }
804
805 mySerial.println("AT+DORM=1,1,1,1,1,1,1,1"); //setting the

```

```

837 mySerial.println("AT+DORM=1,1,1,1,1,1,1,1"); //
838 delay(100);
839 mySerial.println();
840 delay(5000);
841 ShowSerialData();
842 }
843
844 mySerial.println("AT+DORM=1,1,1,1,1,1,1,1,1"); //
845 delay(100);
846 mySerial.println();
847 delay(5000);
848 ShowSerialData();
849 }
850
851 delay(2000);
852 }
853
854 //-----FIN-----
855
856 void FIN()
857 {
858     Serial.println();
859     mySerial.println("AT+DORM=1,1"); //
860     delay(100);
861     mySerial.println();
862     delay(2500);
863     ShowSerialData();
864 }
865
866 //fin de session FFT
867 mySerial.println("AT+DORM=1,1"); //
868 delay(100);

```

