

Desarrollo de Prototipo de Estación Hidrometeorológica.

Gabriel Romero⁽¹⁾, Jefferson Intriago⁽²⁾, Victor Asanza⁽³⁾

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)

Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral

Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador

gromero@fiec.espol.edu.ec⁽¹⁾, jrintria@espol.edu.ec⁽²⁾, vasanza@fiec.espol.edu.ec⁽³⁾

Resumen

Este proyecto de graduación consiste en el desarrollo de un prototipo de estación hidrometeorológica, el cual fue diseñado en una estructura metálica flotante, que sirve de soporte y base para colocar los equipos electrónicos como sensores, registrador de datos, módulo de transmisión inalámbrica y batería.

A través de los sensores, el prototipo captura variables físicas (humedad relativa, velocidad del viento, aceleración, orientación, Iluminancia, temperatura del ambiente y agua) que son transmitidas mediante comunicación inalámbrica, a una estación receptora en tierra que envía datos a un servidor que posee una base de datos y una aplicación web que permite monitorear el comportamiento de las variables por medio de gráficas en tiempo real, generar reportes históricos, así como configurar umbrales de estado para cada variable y emitir notificaciones de alerta vía mail.

Palabras claves: *Sensor, Servidor, Registrador, Django.*

Abstract

This graduation project is about the development of a hydrometeorological station prototype, designed and built on a floating metal structure that holds the electronic equipment such as sensors, data logger, wireless transmission module and battery. It is through sensors, the prototype gets the physical variables like relative humidity, wind speed, acceleration, orientation, illuminance, environment and water temperature which are transmitted via wireless communication, to a ground station that receives and stores the data in a data base to be sent to a server that processes the information through a web app that allows you to monitor the behavior of the variables. The monitoring can be held by means of real-time graphics, generate historical reports, set thresholds for each variable and issue alert notifications via email.

Keywords: *Sensor, Server, Datalogger, Django*

1. Introducción

La variedad de datos que se pueden obtener como humedad relativa, velocidad del viento, orientación, aceleración, Iluminancia, temperatura del ambiente y agua a través de una estación hidrometeorológica es de suma importancia en el Ecuador, ya que permitiría a los expertos interpretar y prevenir desastres climatológicos que afectarían a la ciudadanía en general.

En la actualidad nuestro país posee dos entidades el INAMHI y el INOCAR encargadas del monitoreo de datos ambientales, a través de estaciones meteorológicas ubicadas en zonas costeras que permiten la obtención constante de información, la cual proveen a centros de investigación. Para la obtención de la información, estos centros se basan en tecnologías de elevados costos y de constantes mantenimientos, entre las tecnologías están los sistemas GPRS, Radio-Frecuencia AM y Satelitales (GOES).

El siguiente proyecto hace referencia a la elaboración de una estación hidrometeorológica que permite la obtención de datos ambientales transportados por medio de un enlace inalámbrico a un receptor en tierra que permite enviar la información a un servidor web con el fin de almacenar, visualizar y monitorear las diferentes condiciones de variables medidas.

2. Objetivos y metodología

2.1. Objetivo general

Desarrollar un prototipo de estación hidrometeorológica con capacidad de envío de datos a un servidor en la nube para monitoreo a tiempo real.

2.2. Objetivos específicos

Implementar una estructura para mantener la estación hidrometeorológica a flote.

Configurar un dispositivo electrónico registrador de dato al cual se conectarán los sensores para medir parámetros de interés.

Configurar una red inalámbrica para el envío de datos adquiridos hacia una estación en tierra.

Implementar una base de datos en la nube para organizar la información enviada desde la estación en tierra y una aplicación web para el monitoreo de los datos.

2.3 Metodología

El proyecto se dividirá en las siguientes etapas:

Primera etapa: Análisis, selección y pruebas de sensores para el dispositivo emisor (dispositivo electrónico de registro de datos).

Segunda etapa: Estación Emisora: se realizará la construcción de la infraestructura flotante (boya marítima) para montaje del emisor. En el emisor, procederemos a la configuración del mismo, a realizar pruebas y su debida instalación en la infraestructura flotante.

Tercera Etapa: Estación Receptora: Se realizará la construcción de la infraestructura fija a tierra para el montaje del receptor. En el receptor se procederá a la configuración del mismo, a realizar pruebas y a su debida instalación en la infraestructura fija a tierra.

Cuarta Etapa: Pruebas de alcance entre las estaciones emisora y receptora y medición de consumo de energía de los equipos (emisor y receptor).

Quinta Etapa: Análisis e Implementación de Base de Datos, Diseño y Desarrollo de la aplicación web.

3. Estación Hidrometeorológica

La oportuna y correcta interpretación de las condiciones y la atmósfera del océano otorgado por una estación hidrometeorológica, permite pronosticar cambios climáticos a nivel mundial. Claro ejemplo de ello es el pronóstico de la evolución del fenómeno del niño que es monitoreado constantemente a través de la temperatura de la superficie del mar en el océano Pacífico. [1]

3.1 Tipos de Estaciones Hidrometeorológicas

Estación Automática conformada por elementos electrónicos o sensores, central de procesamiento y equipo periférico. La señal obtenida por los sensores es convertida a un código binario y almacenada en memoria.

Estación Convencional compuesta por dispositivos no digitales donde la variable medida es transformada en el movimiento mecánico de una plumilla sobre una banda otorgando una gráfica [2].

Estación Hidrometeorológica Ordinaria (HMO) es la que realiza mediciones tres veces al día 07:00, 13:00 y 18:00 (horas locales) con el propósito de obtener las variaciones más importantes en el clima.

Estación Hidrometeorológica Principal (HMP) es la que realiza mediciones cada tres horas 00:00; 03:00; 06:00; 09:00; 12:00; 15:00 y a las 18:00 (horas internacionales) y sus datos son enviados de inmediato al centro de control [3], [4].

3.2 Componentes de una Estación Hidrometeorológica

La estación hidrometeorológica o estación emisora posee las siguientes partes: Estructura flotante, sensores, tarjeta de adquisición de datos, módulo de comunicación inalámbrica y batería.

3.3 Estructura flotante

Está construida por una forma rectangular soldada a una circular donde se colocan flotadores de a su alrededor.



Figura 1. Estructura metálica con flotadores.

3.4. Sensores

Los sensores utilizados en el prototipo son los que se detallan a continuación:

3.4.1. Sensor de Humedad y Temperatura. El sensor DHT11, como se muestra en la Figura 2, es un sensor digital de bajo costo, de alta calidad, fiabilidad, permite medir la temperatura en un rango de 0-50[°C] y humedad relativa entre 20-80[%] en valores enteros y de forma rápida[5], [6].

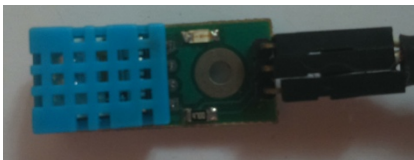


Figura 2. Sensor de Temperatura y Humedad DHT11.

4.4.2. Sensor de Temperatura del Agua. El DS18B20, tal como se ve en la Figura 3, es un sensor digital que mide temperaturas entre -55[°C] a +125[°C], envía y recibe la información usando un solo cable.[7][8]

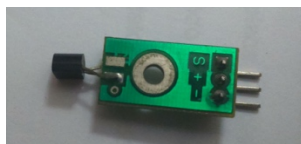


Figura 3. Sensor de Temperatura DS18B20.

4.4.3. Sensor de Aceleración. El Acelerómetro MPU6050, como se observa en la Figura 4, es un dispositivo que mide la velocidad y aceleración, combina un giroscopio y un acelerómetro de 3-ejes cada uno[9], [10].

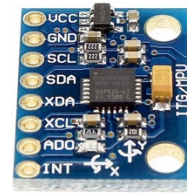


Figura 4. Sensor de Aceleración MPU6050.

4.4.4 Sensor de Viento. El HYXC, es un sensor metálico, como se observa en la Figura 5, que detecta un elemento móvil sin contacto directo, permitiendo medir y controlar la velocidad del viento[11], [12].



Figura 5. Sensor de Aceleración MPU6050.

4.4.5. Sensor Compás Magnético. El sensor DCSS504, como se indica en la Figura 6, es un módulo de alta precisión de medición, sensibilidad y estabilidad, que posee un sensor que detecta las mínimas variaciones de campo magnético, se utiliza para la navegación[13], [14].



Figura 6. Sensor de Orientación DCSS504.

4.4.6. Sensor de luminosidad. El TSL2561 es un sensor de luminosidad, como se lo muestra en la Figura 7, que mide y transforma la intensidad de luz de forma precisa bajo diferentes condiciones en una señal digital. Se puede configurar permitiendo detectar rangos de luz[15].

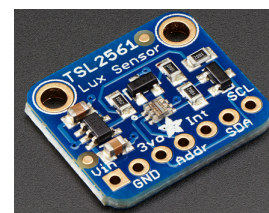


Figura 7. Sensor de Luminosidad TSL2561.

3.5. Tarjeta de adquisición de datos

Para procesar las variables obtenidas del entorno mediante el uso de los sensores y conformar un conjunto de datos, se utilizó la tarjeta Beaglebone Black que se muestra en la Figura 8, la cual recibe cada dato enviado por un sensor y los agrupa en una cadena de texto para ser enviada a través de un módulo de comunicación[16].

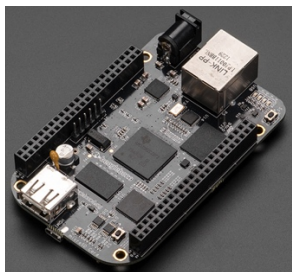


Figura 8. Tarjeta Beaglebone Black.

3.6. Módulo de comunicación inalámbrica

El Xbee s1 PRO como se muestra en la Figura 9, permite el transporte de la información adquirida por los sensores, mediante un enlace establecido por una red punto a punto, con otro módulo similar instalado en un equipo receptor.



Figura 9. Módulo Xbee s1 PRO.

3.7. Batería

Es un componente como muestra la Figura 10, encargado de suministrar energía a todo el equipo emisor, con una capacidad de 12V – 7.2A.



Figura 10. Batería Matrix 12V - 7.2A.

4. Diseño e implementación

El esquema general del prototipo está compuesto por un componente estación emisora, estación receptora y un sistema web como se muestra en la Figura 11.

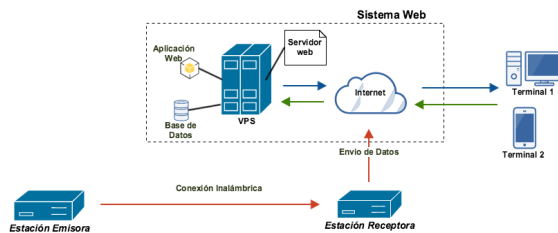


Figura 11. Esquema general del sistema

4.1. Componente estación emisora

La estación emisora como se muestra en la Figura 12, está formada por una estructura flotante que esta sobre el agua, un periférico registrador de datos encargado de procesar las variables físicas medidas, seis sensores, una batería de 12[V] que energiza el sistema y un Xbee para la transmisión de los datos hacia una estación receptora.

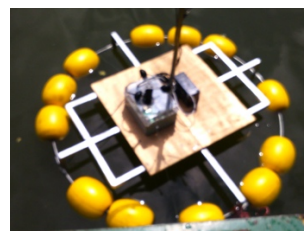


Figura 12. Estación emisora.

4.2. Configuración de registrador de datos

El registrador de datos se compone de una tarjeta BeagleBone Black programada y conectada a una placa de expansión de funcionalidades, esta tarjeta contiene módulos desarrollados en python donde cada módulo permite obtener el valor del sensor respectivo a través de una función, para finalmente crear una trama formada por los datos capturados y es enviada por comunicación serial a la estación receptora, como se muestra en la Figura 13.

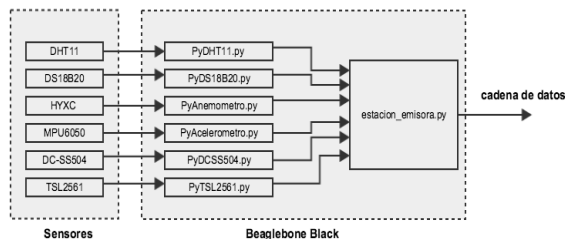


Figura 13. Esquema de funcionamiento de registrador de datos.

4.3. Componente estación receptora

Está formado por un Xbee s1 PRO que recibe los datos desde la estación emisora, una tarjeta Raspberry Pi conectada a internet que se encarga de enviar los datos por medio de un programa desarrollado en python a una base de datos instalada en un Servidor Virtual.

4.4. Configuración Raspberry Pi

Para ésta configuración se instaló el sistema operativo Raspbian y se desarrolló un script en python para la recepción y envío de datos por medio de una comunicación cliente-servidor TCP/IP hacia el Servidor Virtual como se indica en la Figura 14.

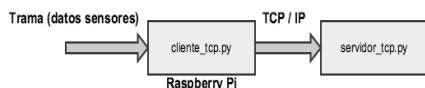


Figura 14. Bloques del funcionamiento Raspberry Pi.

4.5. Configuración de red inalámbrica

El transporte de la información adquirida por los sensores entre la estación emisora y receptora, se da mediante un enlace establecido de una red punto a punto, por lo que tan solo se necesitó dos Xbee s1 PRO. El Xbee de la estación emisora y receptora se configuró en el programa coolTerm con los siguientes parámetros como se muestran en la Tabla 1:

Tabla 1. Configuración Xbee emisor y receptor.

Función	Comando	Emisor	Receptor
PAN ID	ATID	3001	3001
Mi dirección	ATMY	1	2
Dirección de destino alto	ATDH	0	0
Dirección de destino bajo	ATDL	2	1

4.6. Componente Web

Este componente se encarga de mostrar la información de las datos de cada variable física almacenados en una base de datos, brindando un software online que muestra el monitoreo de dichas variables por medio de gráficas en tiempo real. Así como también la creación de reportes históricos y notificaciones para alertar cuando las variables tengan un comportamiento fuera del rango de tolerancia configurado por el usuario administrador.

Está formado por un Servidor Virtual donde fue instalado un servidor web, una base de datos desarrollada en PostgreSQL y una aplicación web construida en Django y Nodejs que interactúan entre si como se muestra en la Figura 15.

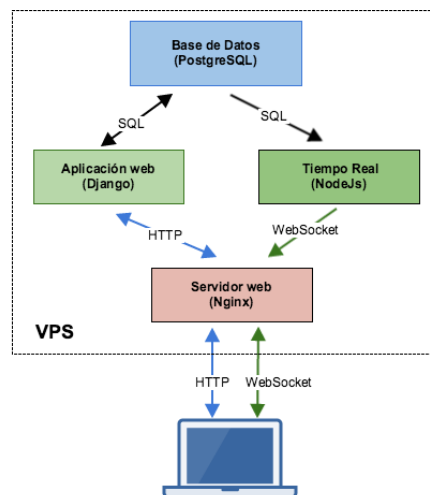


Figura 15. Diagrama componente web.

4.7. Desarrollo de la aplicación web

La aplicación está desarrollada con tecnologías webs como: Bootstrap framework CSS utilizado para crear las interfaces web, HighCharts librería javascript encargada de la creación de gráficos estadísticos, Socket.IO librería Javascript implementada para generar el comportamiento en tiempo real de los gráficos de monitoreo y finalmente Django 1.7 framework que permite la creación y organización de toda la aplicación web combinando el uso de las tecnologías antes mencionadas bajo el diseño Modelo Vista Plantilla.

4.7.1 Interfaz de Autenticación. Permite al usuario ingresar al sistema por medio de un usuario y clave a fin de restringir las funcionalidades a usuarios autorizados como se indica en la Figura 16.



Figura 16. Interfaz de Autenticación.

4.7.2. Interfaz de Monitoreo General. Permite observar el comportamiento de las diferentes variables físicas en gráficos de gauge como se muestra en la

Figura 17, donde cada gráfico indica el valor y un color de aviso asociado.

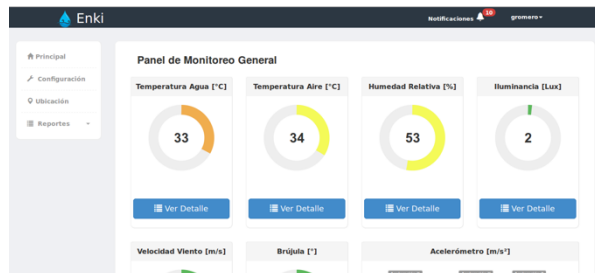


Figura 17. Interfaz de monitoreo General.

4.7.3. Interfaz de Configuraciones. Se utiliza para establecer rangos de valores como se muestra en la Figura 18, con el objetivo de indicar niveles de avisos en cada variable física.



Figura 18. Interfaz de configuraciones.

4.7.4. Interfaz de Reportes. Permite al usuario generar reportes de datos en tablas y gráficos, estos reportes pueden ser por períodos de tiempo como años, meses y entre fechas.



Figura 19. Interfaz de reportes.

4.8. Desarrollo de la base de datos

Se diseñó una base de datos en PostgreSQL versión 9.3.6, el cual su diagrama entidad relación se indica en la Figura 20.

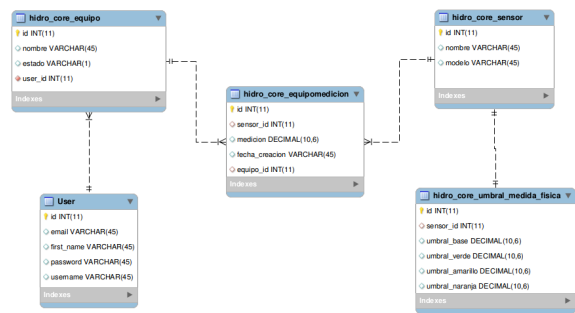


Figura 20. Diseño Entidad – Relación

5. PRUEBAS Y RESULTADOS

Entre las diferentes pruebas realizadas tenemos las siguientes:

- Captura de datos desde sensores.
- Conectividad entre Xbee emisor y Xbee receptor.
- Comunicación entre la Raspberry y el Servidor Virtual.
- Consumo de energía para recarga de batería.
- Comparativa en mediciones de temperatura del ambiente y humedad respecto al INAMHI.

5.1. Captura de datos desde los sensores

Se creo un archivo llamado sensores.py el cual imprime en pantalla los datos obtenidos por cada sensor como se muestra en la Figura 21.

```
MacBook-Pro-de-Astro:Desktop astrophoenix$ python sensores.py
Temperatura Agua: 30,06 grados Celsius
Temperatura Aire: 31,00 grados Celsius
Humedad Aire: 53 %
Iluminancia: 0,30 Lux
Velocidad Viento: 8,45 m/s
Brújula Magnética : 212,90 grados
Aceleración X: 58,86 m/s²
Aceleración Y: 1,37 m/s²
Aceleración Z: -31,10 m/s²
MacBook-Pro-de-Astro:Desktop astrophoenix$
```

Figura 21. Mediciones obtenidas por los sensores.

5.2. Conectividad entre Xbee emisor y Xbee receptor.

Se conectó el xbee emisor a un computador por medio de un explorador xbee, se abrió el programa coolTerm y se procedió a enviar datos de prueba hacia el xbee receptor conectado a la raspberry el cual tenía un programa (sensores.py) que leía y mostraba el dato recibido. Si el dato recibido coincidía con el enviado se aseguraba que la comunicación fue exitosa como se presenta en la Figura 22.

```
MacBook-Pro-de-Astro:Desktop astrophoenix$ python sensores.py
Prueba de Conexion entre Xbee Emisor y Receptor:
Emisor Envía : 1
Receptor Captura : 1
Mensaje : Comunicación Exitosa!
MacBook-Pro-de-Astro:Desktop astrophoenix$
```

Figura 22. Mensaje de comunicación exitosa o fallida

5.3. Comunicación entre la Raspberry y el Servidor Virtual.

Esta prueba se la realizó con una conexión cliente-servidor TCP/IP. Donde el programa cliente que se encuentra en la Raspberry Pi y envía datos de prueba hacia el programa servidor instalado en el Servidor Virtual y éste muestra los datos recibidos con el objetivo de que compruebe la igual entre enviados como recibidos tal cual se indica en la Figura 23.

```
MacBook-Pro-de-Astro:Desktop astrophoenix$ python sensores.py
==Datos Enviados desde Estacion Receptora ==
Temperatura Agua: 30,06 grados Celsius
Temperatura Aire: 31,00 grados Celsius
Humedad Aire: 53 %
Iluminancia: 0,30 Lux
Velocidad Viento: 8,45 m/s
Brújula Magnética : 212,90 grados
Aceleración X: 58,86 m/s2
Aceleración Y: 1,37 m/s2
Aceleración Z: -31,10 m/s2

== Datos Recibidos en VPS ==
Temperatura Agua: 30,06 grados Celsius
Temperatura Aire: 31,00 grados Celsius
Humedad Aire: 53 %
Iluminancia: 0,30 Lux
Velocidad Viento: 8,45 m/s
Brújula Magnética : 212,90 grados
Aceleración X: 58,86 m/s2
Aceleración Y: 1,37 m/s2
Aceleración Z: -31,10 m/s2
MacBook-Pro-de-Astro:Desktop astrophoenix$
```

Figura 23. Datos de prueba en el Servidor Virtual.

5.4. Consumo de energía para recarga de batería.

El sistema de la estación emisora se alimenta de una batería, la cual se debe recargar cada cierto tiempo a continuación, para esto se debe conocer el consumo de cada los elementos como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Consumo de Elementos del registrador de datos.

Elemento	Consumo[mA]
Beaglebone Black	470
Sensor DHT11	2,38
Sensor DS18B20	0,27
Sensor TSL2561	0,005
Sensor MPU6050	1,5
Sensor DC-SS504	23,7
Sensor HYXC	18,4

Tiempo de duración batería = CapacidadBateria / ConsumoEquipoEmisor * factor_afectacion
 Tiempo de duración batería = 7200/516,255*0.7
 Tiempo de duración batería = 9.76 horas

5.5. Comparativa en mediciones de temperatura del ambiente y humedad respecto al INAMHI.

A continuación se muestra datos medidos por nuestro equipo ENKI y del INAMHI durante ocho horas, como se indica en la Tabla 3 y Figura. 24. El porcentaje de error de nuestras mediciones respecto al INAMHI se indican Tabla 4.

Tabla 3. Comparativa en mediciones de Temperatura Aire y Humedad Relativa Aire entre ENKI e INAMHI.

Hora	ENKI		INAMHI	
	Temperatura Aire[°C]	Humedad Relativa Aire[%]	Temperatura Aire[°C]	Humedad Relativa Aire[%]
13:00	26	62	26,75	66,5
14:00	27	60	27,8	62
15:00	28	58	28,4	62,3
16:00	28	62	28,1	64
17:00	26	61	27,3	63,6
18:00	26,75	66	27,5	67,5
19:00	26,75	68	27	70,2
20:00	26	69	26,5	72
21:00	26	66	25,6	72

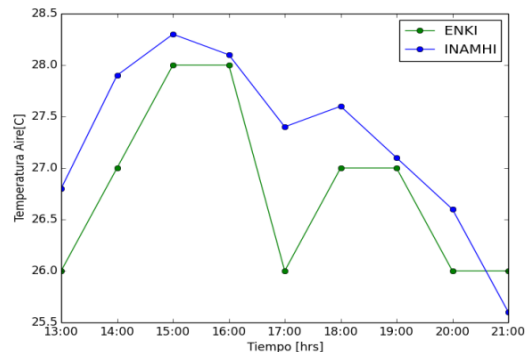
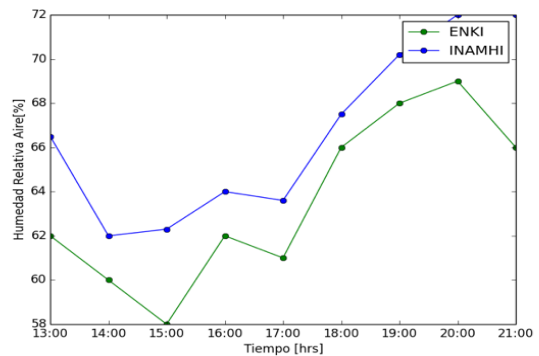


Figura 24. Gráfico comparativo de temperatura del aire y humedad del sistema ENKI y el INAMHI.

Tabla 4. Porcentaje de Error ENKI respecto al INAMHI.

Variable Fisica	Porcentaje Error
Temperatura Aire	9 %
Humedad Relativa Aire	12 %

6. Conclusiones

La estación emisora permanece en equilibrio y a flote en el agua debido al diseño de la estructura boya, la cual cumple con una flotabilidad positiva, el cual indica que un cuerpo tiende a ascender dentro de un fluido.

El programa `estacion_hidrometeorologica.py` realizado en lenguaje Python e instalado en la tarjeta BeagleBone Black permitió acceder a los sensores a través de sus librerías para obtener los valores de las mediciones en tiempo real de cada uno de ellos y posteriormente ser enviadas a la estación receptora como se muestra en la Figura 21.

La conexión TCP/IP establecida entre la Raspberry Pi y el VPS, como se indica en la Figura 23, permitió que la información enviada de la estación emisora, sea guardada en una base de datos para ser mostrada y monitoreada en la aplicación web a través de gráficos y reportes.

7. Referencias

- [1] Empresa de Transmisión Eléctrica S.A, Olmeda Berta, Fenómeno el Niño, <http://goo.gl/dQ0TyK>, fecha de publicación 2009.
- [2] Bizkaiko Foru Aldundia, Diputación Foral de Bizkaia, Redes Hidrometeorológicas, <http://goo.gl/HIRxJn>, fecha de consulta Enero 2015.
- [3] Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental, Glosario, <http://goo.gl/IffhwU>, fecha de consulta Febrero 2015.
- [4] Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Dirección de Estadísticas Económicas, Sección Geográfica, <http://goo.gl/QUc7sr>, fecha de consulta Marzo 2015, páginas 3-4
- [5] Adafruit, DHT11 Basic Temperature-Humidity Sensor, <http://goo.gl/1ElvBw>, fecha de consulta Marzo 2015
- [6] Taller Arduino, Senor DHT11 (humedad y temperatura) con arduino, <http://goo.gl/QOFOVT>, fecha de publicación Diciembre 2012
- [7] Brico Geek, Sensor de Temperatura DS18B20 One-Wire, <http://goo.gl/nO73BE>, fecha de consulta Marzo 2015
- [8] Sparkfun, One Wire Digital Temperature Sensor- DS18B20, <https://goo.gl/pUmWtT>, fecha de consulta Marzo 2015
- [9] BOT Science, IMU Acelerómetro Giroscopio MPU6050 -6DOF, <http://goo.gl/9W7Rlz>, fecha de consulta Marzo 2015
- [10] Comunidad de tutoriales en electrónica y computación de HeTPro, Acelerómetro y Giroscopio MPU6050, <http://goo.gl/7TqE8E>, fecha de consulta Marzo 2015
- [11] AliExpress, Beijing HYXC Technology CO., LTD., <http://goo.gl/9i94VS>, fecha de consulta Marzo 2015
- [12] Centro para la Innovación y Desarrollo de la Educación a Distancia, Sensores Magnéticos, <http://goo.gl/w6y085>, fecha de consulta Marzo 2015
- [13] Core Electronics, Dual Axis Magnetic Sensor Module with UART & I2C Interface Edition II (DC-SS504), <http://goo.gl/xddniR>, fecha de consulta Marzo 2015
- [14] eBay, Dual Axis Magnetic Sensor Module with UART & I2C Interface DC-SS504, <http://goo.gl/2JXrz8>, fecha de consulta Marzo 2015
- [15] Adafruit, Adafruit TSL2561 Digital Luminosity, <http://goo.gl/1AhZtr>, fecha de consulta Marzo 2015
- [16] Hernandez Daniel, Tarjeta de Adquisición de Datos, <http://goo.gl/nMtmol>, fecha de publicación Marzo 2014.