

Aprovechamiento del Hardware y Software libre en la Ciencia Aplicada

Estación Meteorológica multiparamétrica sincronizada con GPS y monitoreada a través de Internet

Msc. Carlos Osmín Pocasangre Jiménez
 Universidad de EL Salvador, Escuela de Ingeniería Eléctrica
 Email: carlos.pocasangre@fia.ues.edu.sv

RESUMEN—La presente investigación documenta el proceso de diseño y construcción de una estación meteorológica multiparamétrica, esta lista con las siguientes mediciones ambientales: temperatura ambiente, Humedad relativa, presión barométrica, velocidad y dirección del viento, precipitación pluvial, irradiación solar y además es geo sincronizada con un GPS, también tiene acceso a los datos empleando una interfaz WEB para monitorear el estado actual de los sensores, y así poder descargar los archivos que contienen los registros de los parámetros. Toda ella fue diseñada en su totalidad empleando hardware y software de naturaleza libre. La estación meteorológica puede ser monitoreada desde <http://clima.fia.ues.edu.sv>.

ÍNDICE DE TÉRMINOS—Los siguientes conceptos serán utilizados en este documento:

- Ciencias aplicadas: es la aplicación del conocimiento científico de una o varias áreas especializadas de la ciencia para resolver problemas prácticos [1].
- Hardware Libre: Se llama hardware libre cuyas especificaciones y diagramas esquemáticos son de acceso público, ya sea bajo algún tipo de pago o de forma gratuita. La filosofía del software libre es aplicable a la del hardware libre convirtiéndose en una cultura libre [2].
- Estación Meteorológica Multiparamétrica: equipo capaz de monitorear los fenómenos atmosféricos como: temperatura, humedad, viento y dirección, presión atmosférica, irradiación solar, etc.
- Termómetro: Instrumento o sensor utilizado para cuantificar el nivel de energía promedio de un cuerpo, representado por la temperatura. Para este tema, se encarga de medir la temperatura ambiente bulbo seco.
- Higrómetro: Instrumento o sensor para cuantificar la humedad relativa del ambiente.
- Barómetro: Instrumento o sensor para medir la presión

atmosférica de un lugar.

- Anemómetro y Veleta: Instrumento o sensor que se utiliza para cuantificar la velocidad promedio de un punto y la veleta representa su dirección, dando como resultado el vector del viento.
- Pluviómetro: Instrumento o sensor para cuantificar la precipitación pluvial en un punto.
- GPS: Sistema de Posicionamiento Geográfico por medio de satélites circundantes Geoestacionarios.
- Servidor WEB: Equipo informático para ofrecer páginas electrónicas en la Internet.
- Pirómetro: Instrumento o sensor para cuantificar la irradiación solar en un punto geográfico.

I. INTRODUCCIÓN

Esta investigación se basa en avances de la tecnología moderna de uso de software y hardware libre aplicados a resolver uno de los problemas más comunes en la exploración de nuevas fuentes de energía, el cual es la medición de variables atmosféricas, antes de implementar o explotar un recurso potencial.

Desde que existe la humanidad, el hombre ha tenido una preocupación constante por entender los fenómenos climáticos que lo rodean. Mediante la observación sistemática del entorno se pueden apreciar las características que corresponden a diferentes tipos de comportamiento del clima. Presión atmosférica, temperatura, humedad, radiación solar, velocidad del viento, precipitación de agua, etc., son fenómenos cuya magnitud se puede medir utilizando diferentes métodos, convirtiéndose en variables meteorológicas que en conjunto pueden describir la situación climática de un área geográfica particular.

II. OBJETIVOS

OBJETIVOS GENERAL

Diseñar y construir un prototipo de estación meteorológica, que permita cuantificar, entre otras variables: temperatura, presión, humedad relativa, velocidad y dirección del viento para generar información impórtate que será utilizada en la búsqueda de energías alternativas como: sistemas fotovoltaicos, eólicos, solares térmicos, etc.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Construir una estación meteorológica utilizando una plataforma de hardware libre con lenguaje de programación de libre distribución y con la potencia de procesado de datos que requiere la aplicación.

Proveer al sistema con comunicación LAN, para mostrar las variables cuantificadas en una página web tipo texto, en un mini-servidor montado en la placa de hardware libre.

Proveer al sistema con tecnología GPS que permita obtener datos de tiempo y posición para ajustar el reloj interno del sistema.

Disponer de suficiente memoria no volátil en el equipo, para poder soportar mediciones a un máximo de 32,000 muestras compuestas por: Hora, fecha, valor de las variables físicas estudiadas.

Guardar un registro diario de las magnitudes medidas por los sensores en un archivo tipo hoja de datos, para análisis posteriores.

III. ASPECTOS GENERALES DE METEOROLOGÍA

A. *La Ciencia de la Meteorología*

La meteorología es la ciencia interdisciplinaria, fundamentalmente una rama de la Física de la atmósfera, que estudia el estado del tiempo, el medio atmosférico, los fenómenos allí producidos y las leyes que lo rigen.

La meteorología incluye el estudio (descripción, análisis y predicción) de las variaciones diarias de las condiciones atmosféricas a gran escala o

Meteorología sinóptica, el estudio de los movimientos en la atmósfera y su evolución temporal basada en los principios de la mecánica de fluidos (Meteorología dinámica, muy relacionada actualmente con la meteorología sinóptica), el estudio de la estructura y composición de la atmósfera, así como las propiedades eléctricas, ópticas, termodinámicas, radiactivas y otras (Meteorología física), la variación de los elementos meteorológicos cerca de la Tierra en un área pequeña (Micrometeorología) y otros muchos fenómenos [3].

B. *Equipos e instrumentos meteorológicos*

En general, cada ciencia tiene su propio equipamiento e instrumental de laboratorio. Sin embargo, la meteorología es una disciplina corta en equipos de laboratorio y amplia en los equipos de observación en campo. En algunos aspectos esto puede parecer bueno, pero en realidad puede hacer que simples observaciones se desvíen hacia una afirmación errónea.

En la atmósfera, hay muchos objetos o cualidades que pueden ser medidos. La lluvia, por ejemplo, ha sido observada en cualquier lugar, siendo uno de los primeros fenómenos en ser medidos históricamente.

Una estación meteorológica es una instalación destinada a medir y registrar regularmente diversas variables meteorológicas. Estos datos se utilizan tanto para la elaboración de predicciones meteorológicas a partir de modelos numéricos como para estudios climáticos.

Una estación meteorológica completa está equipada con los principales instrumentos de medición, entre los que se encuentran los siguientes: Anemómetro y Veleta, Barómetro, Heliógrafo (mide la insolación recibida en la superficie terrestre), Higrómetro, Pirómetro, Pluviómetro y Termómetro. Estos instrumentos se encuentran protegidos en una casilla ventilada, denominada abrigo meteorológico o pantalla de Stevenson [3], la cual mantiene la luz solar lejos del termómetro y al viento lejos del higrómetro, de modo que no se alteren las mediciones de éstos (Fig. 1).



Fig. 1 Estación meteorológica multiparamétrica [4]

Cuanto más numerosas sean las estaciones meteorológicas, más detallada y exactamente se conoce la situación atmosférica [3].

C. Componentes principales para la implementación de la estación meteorológica multiparamétrica

El hardware consiste en una placa con un microcontrolador Atmel-AVR y puertos de entrada/salida. Los microcontroladores usados son el Atmega328 y ATmega2050 (Fig. 2) por su sencillez y bajo costo que permiten el desarrollo de múltiples diseños. Por otro lado el software consiste en un entorno de desarrollo que implementa el lenguaje de programación Processing/Wiring y el cargador de arranque (bootloader) que corre en la placa, y mediante el cual se cargan los códigos transformados de ANSI C a Código Máquina HEX en el microcontrolador [4].

TABLA 1
CARACTERÍSTICAS ATMEGA328

Descripción	Características
Voltaje de funcionamiento	5V
Pines E/S digitales	14 (de los cuales 6 proporcionan PWM)
Pines de entrada analógica	6
DC Corriente por I / O Pin	40 mA
Corriente CC para Pin 3.3V	50 mA
Memoria Flash	32 KB y 0,5 KB utilizado por boot loader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Velocidad del reloj	16 MHz

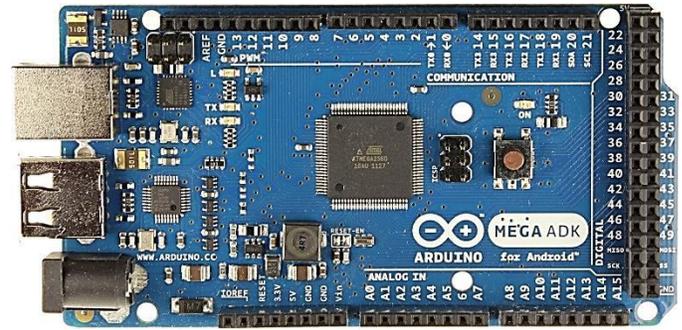


Fig. 2 Arduino Mega ATmega2050

D. Sistema de Comunicaciones TCP/IP

El Ethernet Shield le permite a una placa Arduino conectarse a Internet. Está basada en el chip Ethernet Wiznet W5100 (Fig. 3), que es capaz de usar los protocolos TCP y UDP. En modo Servidor soporta hasta cuatro clientes con conexiones simultáneas.

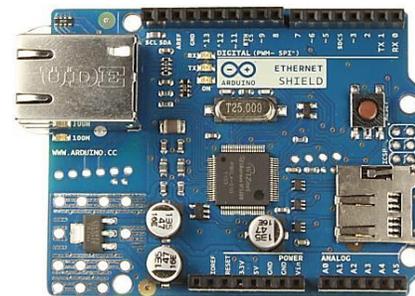


Fig. 3 Ethernet Shield W5100

Este shield se coloca directamente sobre el Arduino, y dispone de unos conectores que permiten a su vez, apilar otras placas encima. Entonces, para utilizar este módulo solo hay que montarlo sobre el Arduino, y conectar el Ethernet Shield a un ordenador, a un switch o a un router utilizando un cable Ethernet estándar (CAT5e o CAT6 con conectores RJ45-TIA/EIA568B).

Al shield se le debe asignar una dirección MAC y una IP. Una dirección MAC es un identificador global único para cada dispositivo en particular, asignar una al azar suele funcionar, pero no se debe utilizar la misma para más de una placa, y una dirección IP válida depende de la configuración de la red. Es posible usar DHCP para asignar una IP dinámica a la placa. Opcionalmente se pueden especificar un Gateway de salida y la máscara de subred.

E. Sistema de Reloj de Tiempo Real

Un RTC o reloj de tiempo real es básicamente un circuito dedicado a proveer fecha y hora, además generalmente funciona con una batería, de manera que mantiene la fecha/hora incluso cuando hay un corte de energía. La Fig. 4 muestra el reloj de tiempo real, DS1307. Es de bajo costo, fácil de soldar, puede funcionar durante varios años con una batería de Litio, y mantiene el registro de la hora y fecha incluso cuando el Arduino pierde energía.

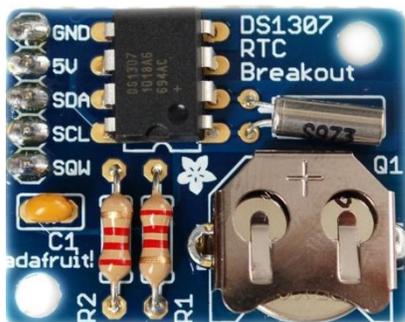


Fig. 4 Reloj de Tiempo Real DS1307

F. Sensores de medición de variables atmosféricas

BMP085: Este sensor (Fig. 5) de precisión de Bosch es la mejor solución de detección de bajo costo para medir la presión atmosférica y la temperatura. Debido a los cambios de presión con la altitud también se puede utilizar como un altímetro. El sensor está soldado a un PCB con un regulador de 3.3V, se conecta al bus I2C.

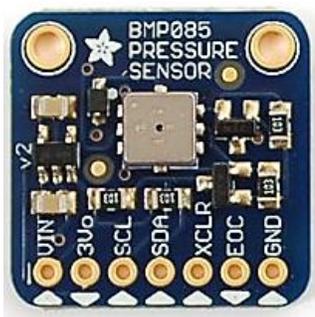


Fig. 5 Sensor de presión BMP085

El DHT22: Es un sensor digital de temperatura y humedad (Fig. 6), de bajo costo. Se utiliza un sensor de humedad capacitivo y un termistor para medir el aire circundante, y da una señal digital en el pin de datos. Es bastante simple de usar, pero requiere sincronización cuidadosa para tomar datos. El único

inconveniente de este sensor es que sólo se pueden obtener lecturas una vez cada 2 segundos. La Fig. 6 muestra el esquema físico.



Fig. 6 Sensor de Temperatura y Humedad relativa DHT22

ANEMÓMETRO Y VELETA: Un anemómetro es un aparato para medir la velocidad del viento. Por lo general, utiliza copas montadas sobre un eje vertical, que giran a medida que el viento fluye. Una veleta ubicada cerca de las copas tiene como función obtener la dirección del viento (Fig. 7). El anemómetro y la veleta forman un dispositivo analógico pasivo de vector del viento [5].



Fig. 7 Anemómetro de copas y veleta

EL GPS MTK3339: es un módulo GPS de alta calidad que puede rastrear hasta 22 satélites en 66 canales (Fig. 8). Cuenta con un excelente receptor de alta sensibilidad de -165dBm y una antena cerámica incorporada [6].

Este dispositivo tiene la capacidad de registrar de datos en una memoria Flash interna de 64 KB. Si esta opción se encuentra activa, el GPS registrara hora, fecha, latitud, longitud y altura, cada 15 segundos, siempre y cuando estos datos se hayan recibido satisfactoriamente. El modulo puede almacenar aproximadamente 16 horas de datos.

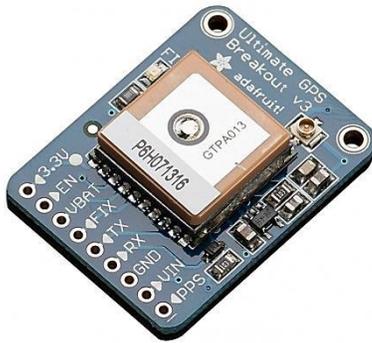


Fig. 8 Módulo GPS MTK3339

G. Montaje de los sensores en el instrumento de medición

IV. SOFTWARE LIBRE COMO HERRAMIENTAS DE DESARROLLO

Para escribir el código se ha utilizado el entorno de compilación del proyecto Arduino v1.0.3 [7]. Este software tiene acceso al puerto serial principal de la placa que se encuentre conectada a la computadora, lo que permite facilitar el proceso de diputación o debugging y llevar un control de flujo del programa.

El IDE carga de códigos en las placas, utilizando el puerto USB para dicha función. Los programas o sketches se componen de 2 secciones: 1) Setup, espacio para inicializar los objetos y cualquier otro procedimiento necesario para el programa, y es la primera función que se ejecuta cuando se inicia el flujo del programa, y 2) Loop, que contiene la sección de código que se ejecutara continuamente hasta que el microcontrolador sea reiniciado.

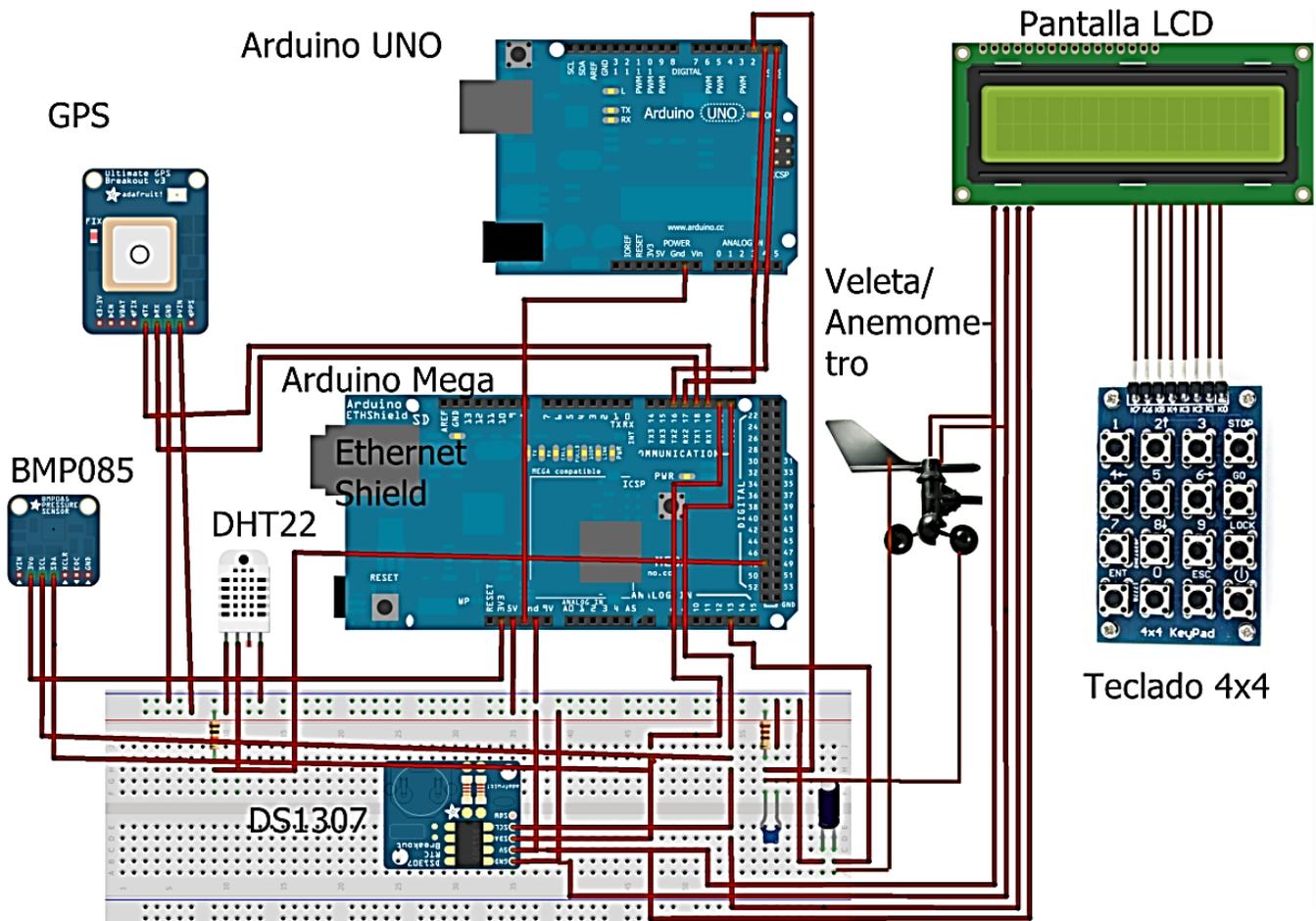


Fig. 9 Montaje final de los sensores y el microcontrolador

A. Arduino IDE v1.03

La Fig. 10 muestra la ubicación de las características y opciones más importantes del entorno de programación.

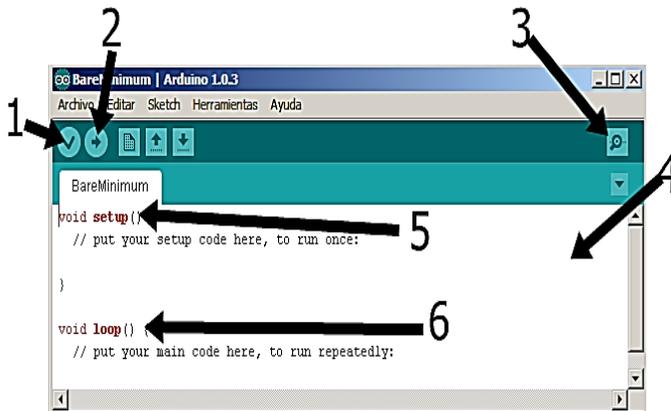


Fig. 10 Arduino IDE v1.03

Dónde:

1. Compila el código actual.
2. Compila el código, y si no arroja ningún error, lo carga en la placa que esté conectada en ese momento a la computadora.
3. Acceso al puerto serial.
4. Área para escribir el código.
5. Función Setup del código actual.
6. Función Void del código actual.

Las funciones básicas como el manejo sencillo de strings, comunicación serial, algunos procesos matemáticos, etc. se incluyen por defecto, y no es necesario declarar ninguna librería [8]. Sin embargo, de ser necesario, el compilador permite el uso de las librerías C/C++ soportadas por AVR.

B. Parámetros y funciones extras

Con las variables que se están monitoreando, es posible calcular algunos parámetros adicionales.

PUNTO DE ROCÍO: Se define como la temperatura a la cual inicia la condensación del vapor de agua que contiene el aire, de manera que se produce rocío, neblina, y en casos más extremos, escarcha. Una temperatura baja indica condiciones secas, y

una temperatura de rocío alta es propia de un clima húmedo. Para el cálculo del Punto de Rocío, se utiliza la fórmula de Magnus:

$$\gamma(T, RH) = \ln\left(\frac{RH}{100} e^{\left(\frac{bT}{c+T}\right)}\right) = \ln\left(\frac{RH}{100}\right) + \frac{bT}{c+T}$$

$$T_{dp} = \frac{c\gamma(T, RH)}{b - \gamma(T, RH)}$$

Ecuación 1 Cálculo de la Temperatura Punto de Rocío

Dónde:

T_{dp} = Temperatura de Punto de Rocío.
 T: Temperatura en Grados Centígrados.
 RH: Humedad Relativa, en porcentaje.
 b = 17.271 y c = 237.7

ALTURA, PUESTA Y SALIDA DEL SOL: Utilizando los parámetros de latitud, longitud, fecha, hora y zona horaria es posible calcular de manera bastante precisa las horas de puesta y salida del sol [9] [10]. La altitud solar α es la distancia angular del sol sobre el horizonte, y viene dada por:

$$\sin \alpha = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos h$$

Ecuación 2 Altura solar

Dónde:

φ : Latitud
 δ : ángulo de declinación del sol.
 h: ángulo horario.

V. RESULTADOS Y PUESTA EN MARCHA DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

A. Armado de los componentes y arranque

En la Fig. 9 y Fig. 11 muestra la ubicación de todos los módulos y dispositivos que constituyen la Estación Meteorológica ya construida, la cual se ha ubicado dentro de una caja impermeable, para poder soportar las inclemencias del tiempo.

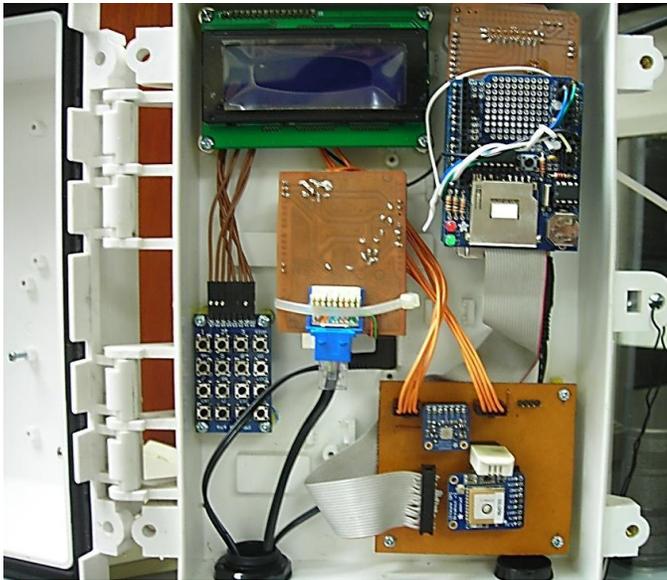


Fig. 11 Implementación final de la Estación Meteorológica

B. Prueba 1: Configuración básica

Se prueba el sincronismo de la estación meteorológica con el GPS, Memoria SD y el servidor WEB. Este análisis se hace en vivo con pruebas a Internet y LAN.



Fig. 12 Prueba del sincronismo GPS, SD y LAN

C. Prueba 2: Servidor de página WEB

El resultado final consiste en una Estación de monitoreo meteorológico, capaz de obtener, presentar y registrar los siguientes parámetros y colocarlos en una tabla en una página web (Fig. 13). En la página se pueden observar los siguientes parámetros: fecha, hora, latitud, longitud, altitud, temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, punto de rocío, velocidad y dirección del viento, salida y puesta del sol, y fase de la luna.

Fecha	2013 /8/9
Hora	14:58:25
Latitud:	13.87 N
Longitud:	-89.63 W
Altitud (m):	719.7
Temperatura (Grados C)	28.50
Humedad Relativa (%)	62.50
Presion Atmosferica (Hpa)	932.00
Punto de Rocío (Grados C):	20.63
Velocidad del Viento (m/s):	0
Direccion:	S
Grados:	195
Salida del Sol	5:44
Puesta del Sol	18:23
Fase de la Luna	Nueva

Fig. 13 Tabla de datos del Servidor de la Estación Meteorológica

D. Costos de la Implementación

En la TABLA 2 se muestra los gastos para la implementación y puesta en marcha de la estación meteorológica multiparamétrica. El costo total de materiales y equipo fue de **USD\$553.17**.

Aunque es posible adquirir estaciones meteorológicas a un precio similar e incluso menor según tipo, calidad, fabricante, el costo total se justifica si se tienen en cuenta las consideraciones que se detallan a continuación:

- a. El instrumento es modular. Si uno o más de los dispositivos fallan, basta con ubicar donde se está dando el problema y sustituir el modulo correspondiente. Teniendo dispositivos específicos para cada parámetro a medir, el proceso de detectar un fallo se simplifica considerablemente. En el caso de un instrumento de origen propietario, un desperfecto implica que el usuario debe recurrir al fabricante, y si el periodo de garantía se ha

vencido, esto generalmente incurre en un costo económico extra. La situación se agrava si el fabricante no cuenta con oficinas a nivel regional, en cuyo caso, si los desperfectos del instrumento son muy severos, significa que el dispositivo tendrá que ser desechado sin posibilidad de reparación.

- b. El instrumento no está sujeto a copyright, por lo que el usuario es libre de modificar a voluntad las características de la estación meteorológica, lo que incluye realizar expansiones del sistema, trastornar el software, añadir o quitar sensores, o incluso sustituir los dispositivos o sensores que tengan un mayor rango y precisión.
- c. El hecho de que los diseños y códigos sean de libre acceso también proporciona mayor seguridad contra la obsolescencia de los dispositivos, ya que existen varios fabricantes para los mismos módulos, que aunque con algunas diferencias, mantienen la compatibilidad de los dispositivos, y si alguna placa dejara de fabricarse, el usuario puede construir sus propios módulos de ser necesario.

TABLA 2
LISTADO DE MATERIALES E INSTRUMENTOS

Componente	Modelo/Tipo	Cantidad	USD\$
Microcontrolador	ATmega2050	1	66.61
Microcontrolador	ATmega328	1	29.95
Modulo Web	Ethernet Shield	1	51.92
Sensor	Anemómetro/Veleta	1	130
Sensor	BMP085	1	19.95
Sensor	DHT22	1	12.50
GPS	Ultimate GPS3339	1	39.95
Módulo RTC	DataLogger	1	19.95
LCD	LCD I2C y Serial	1	40
Teclado	4x4	1	5
Resistencia	10K	1	0.25
Resistencia	4.7K	1	0.25
Capacitor	10uF	1	0.49
Capacitor	22nF	1	0.35
Memoria SD	4 GB	1	6
Costos de Envío	AeroPost SV	1	60
Caja	Caja Multipropósito	1	50
Gastos varios		1	30
Total			553.17

VI. CONCLUSIONES

El Hardware libre es una opción viable para construir instrumentos de naturaleza compleja, mediante la implementación de módulos individuales prefabricados ha sido posible construir una estación meteorológica, capaz de obtener y registrar los parámetros más esenciales en este tipo de dispositivos: Temperatura, Humedad Relativa, Presión Atmosférica, Velocidad y Dirección del Viento. Además el instrumento realiza los cálculos necesarios para obtener el Punto de Rocío, la Salida y la Puesta del Sol, y la fase actual de la Luna.

El instrumento cuenta con un servidor que muestra los datos a través de un navegador de Internet, también muestra los archivos contenidos en la memoria, su tamaño en bytes, y permite el acceso al contenido de los mismos, de forma que pueden ser descargados como archivos CSV.

La estación meteorológica sincroniza la hora y fecha mediante el GPS de forma diaria, a las 0 horas de cada día y/o en cada reinicio. Esta es la opción por defecto y este enfoque evita el desfase horario que se produce en los RTC DS1307 cada cierto tiempo. Sin embargo, si el usuario así lo desea, se ha dejado la opción de programar la fecha de forma arbitraria, en cuyo caso el GPS no se utilizara para sincronizar el RTC, hasta que el usuario configure de nuevo esta opción en el instrumento. El GPS también sincroniza la ubicación geográfica, proporcionando datos de Latitud, Longitud y Altitud (Sobre el nivel del mar).

Es posible mejorar o cambiar los cerebros del procesamiento o microcontroladores, sensores y otros dispositivos, ya que continuamente aparecen nuevas opciones disponibles. Más aun, fabricantes y desarrolladores siempre buscan mantener la compatibilidad de los diferentes dispositivos, lo que minimizaría cualquier problema a la hora de planear una actualización del sistema.

La memoria actual del dispositivo para registro de datos es de 4 GB. El tamaño mínimo de cada archivo es de 320 bytes, y la cantidad máxima de bytes en cada lectura de sensores puede llegar a ser de hasta 47 bytes. Entonces, el sistema es capaz de

registrar más de 90 millones de lecturas, lo que es comparable a realizar un registro de datos cada 10 segundos durante más de 25 años, superando ampliamente las expectativas iniciales. Además, es posible aumentar esta capacidad hasta donde lo permitan las características de las memorias microSD disponibles hasta la fecha.

Ventajas del uso de Software y hardware libre:

- a. Modularidad y Simplificación del proceso de diagnóstico y reparación.
- b. Sin restricciones legales sobre el uso y modificación de hardware/software.
- c. Capacidad de alteración del instrumento para adecuarlo a las necesidades del usuario, lo que incluye: Actualización del sistema, cambio de sensores, aumento o disminución del número de los mismos e inclusión de nuevos dispositivos.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Real academia de la Lengua Española. *Diccionario Generico*. 2014. www.rae.es.
- [2] Open Source and hardware Association OSHWA. *Software and Hardware*. 2014. www.oshwa.org.
- [3] Larocca, National Instruments. *Los instrumentos meteorológicos*. 2013. http://www.tutiempo.net/silvia_larocca/Temas/instrumentos.htm.
- [4] Justo, Gertz E. & Di. *Environmental Monitoring with Arduino*. Editado por O'Reilly Media Inc. 2012.
- [5] Davis Instruments. «Derived Weather Variables in Davis Weather Products.» *Application note 28*, 2001.
- [6] Fried, L. *Adafruit Ultimate GPS*. 2013. <http://learn.adafruit.com/adafruit-ultimate-gps>.
- [7] Arduino Inc. *Getting Started with Arduino*. 2013. <http://arduino.cc>.
- [8] Porter, B. «EasyTransfer Arduino Library.» 2011. <http://www.billporter.info/2011/05/30/easytransfer-arduino-library>.
- [9] John A. Duffie, y William A. Beckman. *SOLAR ENGINEERING OF THERMAL PROCESSES*. Second Edition. Editado por INC Interscience Publication JONH WILEY & SONS. United States of America, 2002.
- [10] Robert Foster, Majid Ghassemi, y Alma Cota. «Solar Energy and Renewable Energy and the Environment.» Editado por CRC PressTaylor & Francis Group. ISBN 9781420075663, *Meteting of Enviromental CAP2*. 2005.

VIII. AUTORES



Msc. Carlos O. Pocasangre se graduó de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de El Salvador en 2004 y Maestro en Energías Renovables y Medio Ambiente, UNAN-León, Nicaragua.

Actualmente es Docente e investigador de la Facultad de Ingeniería, UES.

Ha realizado investigaciones en el ramo de las Energías Renovables como la implementación de un sistema Fotovoltaico en la Escuela de Ingeniería Eléctrica junto otros Colegas y levantamiento de Línea Base en aplicaciones de eficiencia energética en edificios públicos. Ha hecho instalaciones y configuraciones de servidores Debian y Centos (HTTP, DNS, VoIP, AAA), aplicaciones en lenguajes de programación como Java, C/C++, Ensamblador Intel y ATmel, y LabView de National Instruments. También ha utilizado herramientas de Comunicación de Redes, tales como: protocolos Enrutables y de Enrutamiento (IP, OSPF, EIGRP), protocolos de comunicación WAN (PPP, FRAME RELAY, HDLC) y seguridad en la Red Firewall.



Ing. Francisco R. Ramírez graduado de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, Universidad de El Salvador, 2013, también tiene una certificación 6.002x en el Diseño e Implementación de Circuitos Eléctricos y Electrónicos, Instituto de

Tecnología de Massachusetts MIT. Actualmente labora en la compañía eléctrica AES S.A. de C.V.

Ha trabajado en el Diseño e implementación de redes con cable estructurado y fibra óptica bajo topología CISCO, Auditor de Medio ambiente con las Normas ISO 14001 y OHSAS 18001, y junto al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales MARN en la implementación de un sistema de Alerta Temprana usando Software y Hardware libre.