

**OPTIMIZACION DE LA ESTACIÓN METEOROLOGICA EN LA GRANJA
EXPERIMENTAL DE LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA**

**MARIO ANDRES CASTAÑEDA MEDINA
BRAYAN ANDRES SUAZA AYA**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRONICA
NEIVA
2018**

**OPTIMIZACION DE LA ESTACIÓN METEOROLOGICA EN LA GRANJA
EXPERIMENTAL DE LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA**

**MARIO ANDRES CASTAÑEDA MEDINA
BRAYAN ANDRES SUAZA AYA**

Proyecto de grado para optar por el título de ingeniero electrónico

**Director
JESUS DAVID QUINTERO
Ingeniero Electrónico**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRONICA
NEIVA
2018**

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, damos gracias a Dios por darnos salud y sabiduría, también expresar agradecimiento al director del proyecto, Ing. Jesús David Quintero, por el apoyo que ha brindado al mismo, por la dirección, el esfuerzo y con todos los conocimientos aportados en todo este proceso que se culminó con éxito. Gracias por la confianza ofrecida desde el inicio de este proyecto.

Así mismo, agradecemos a los compañeros de la carrera de Ingeniería Electrónica por su apoyo personal y humano, especialmente a todos aquellos que contribuyeron en nuestro proyecto.

Este proyecto de investigación es también fruto del reconocimiento y del apoyo vital que nos ofrecen las personas que nos estiman, el cual nos dan fuerza y energía que nos anima a crecer como personas y como profesionales, por tal razón gracias a nuestros padres, hermanos, abuelos y demás familiares.

Gracias a los amigos, que siempre nos han prestado un gran apoyo (moral y humano) y compañía en los momentos difíciles de este proyecto y durante toda la carrera profesional.

A todos, muchas gracias.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	9
1. OBJETIVOS DEL PROYECTO	11
2. COMPONENTES ELECTRÓNICOS DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA.....	12
2.1 REGULADOR DE TENSIÓN 5V	12
2.2 SENSOR DE TEMPERATURA	13
2.3 SENSOR DE HUMEDAD RELATIVA	14
2.4 SENSOR DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA.....	16
2.5 SENSOR DE VELOCIDAD DEL VIENTO	17
2.6 SENSOR DE PRECIPITACIÓN	19
2.7 CONVERTOR ANALÓGICO-DIGITAL ADS 1115	20
2.8 SENSOR DE DIRECCIÓN DEL VIENTO (VELETA).....	22
2.9 SENSOR DE HUMEDAD DE SUELO.....	24
2.10 SENSOR DE RADIACIÓN	25
3. RASPBERRY PI	27
3.1 LA RASPBERRY PI 3	27
3.3 INSTALANDO Y CONFIGURANDO EL SISTEMA OPERATIVO EN LA RASPBERRY PI 3....	30
3.4 EL PUERTO GPIO	33
3.5 BUS DE COMUNICACIONES I2C.....	35
4. DISEÑO ELECTRÓNICO DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA.....	37
5. DISEÑO DEL SOFTWARE PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS	44
5.1 SOFTWARE ADQUISICIÓN DATOS DEL CONVERTIDOR ADS1115	44
5.2 SOFTWARE ADQUISICIÓN DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA.....	45
5.3 SOFTWARE ADQUISICIÓN DATOS ANEMÓMETRO	46
5.4 SOFTWARE ADQUISICIÓN DATOS PLUVIÓMETRO	47
5.5 SOFTWARE DE ADQUISICIÓN DE DATOS HUMEDAD	47
5.6 SOFTWARE DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE LA VELETA.....	48
5.7 SOFTWARE DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE HUMEDAD DE SUELO	49
5.8 SOFTWARE DE ADQUISICIÓN DE DATOS RADIACIÓN	49
5.9 SOFTWARE DE ADQUISICIÓN DE DATOS TEMPERATURA	50
5.10 SOFTWARE DE ADQUISICIÓN DE DATOS GLOBAL.....	51

5.11 SOFTWARE DE ALERTAS.....	52
6. SERVIDOR WEB Y BASE DE DATOS	53
6.1 CREACIÓN DE LA BASE DE DATOS.....	53
6.2 CONEXIÓN ESTACIÓN METEOROLÓGICA CON BASE DE DATOS.....	54
6.3 DISEÑO DE LA PÁGINA WEB	54
7. ESTACIÓN METEOROLÓGICA TERMINADA.	56
7.1 ESTRUCTURA	56
8. CONCLUSIONES	58
9. BIBLIOGRAFÍA	59
10. ANEXOS	60
10.1 APLICACIÓN DE RADIO ENLACES PARA IMPLEMENTAR UNA RED WIFI EN LA GRANJA EXPERIMENTAL.....	60

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Diagrama de bloques	10
Ilustración 2 Regulador de tensión 5V LM2596.....	12
Ilustración 3 Sensor termistor Davis 6470.....	13
Ilustración 4 Lecturas de la resistencia del sensor.	14
Ilustración 5 Relación salida de voltaje y humedad relativa.	14
Ilustración 6 Pines sensor de humedad relativa.	15
Ilustración 7 Pines sensor SB-100.	16
Ilustración 8 Relación salida de voltaje en mV y Presión Barométrica.	17
Ilustración 9 Sensor de velocidad del viento anemómetro.	17
Ilustración 10 Funcionamiento del anemómetro.....	18
Ilustración 11 Conexión del anemómetro a la veleta.	18
Ilustración 12 Sensor de medición de precipitación 7852 Davids (Pluviómetro).....	19
Ilustración 13 Funcionamiento del pluviómetro.	20
Ilustración 14 ADS1115 y sus distintas configuraciones.	21
Ilustración 15 Ganancias y equivalencias ADS1115.	21
Ilustración 16 Comandos para la instalación de librería ADS1115.....	22
Ilustración 17 Sensor de medición de la dirección del viento (Veleta).	22
Ilustración 18 Estructura interna de la veleta.....	23
Ilustración 19 Circuito equivalente del sensor Veleta.....	23
Ilustración 20 Sensor humedad de suelo Sparkfun (SEN-13322).	24
Ilustración 21 Circuito equivalente Sparkfun (SEN-13322).	25
Ilustración 22 Sensor de radiación SQ-110.	25
Ilustración 23 Conexiones sensor SQ-110.....	26
Ilustración 24 Raspberry Pi 3 modelo B y sus partes.....	27
Ilustración 25 Página web para la descarga de la herramienta NOBBS.....	30
Ilustración 26 Entorno de NOOBS.	31
Ilustración 27 VNC Viewer.....	32
Ilustración 28 Autenticación Ingreso Raspberry.....	32
Ilustración 29 Interfaz Raspberry Pi.....	33
Ilustración 30 Estructura interna de un pin GPIO.....	34
Ilustración 31 Esquema de conexión del puerto GPIO en Raspberry Pi 3.....	34
Ilustración 32 Estructura del bus I2C.	35
Ilustración 33 Activación del bus I2C.	36
Ilustración 34 Puertos de la Raspberry Pi destinados al bus I2C.	36
Ilustración 35 Sistema de almacenamiento (Baterías).	37
Ilustración 36 Regulador de carga.	38
Ilustración 37 Consumo energético al día.....	40
Ilustración 38 Dispositivos y conexión.....	41
Ilustración 39 Placa de alimentación y distribución de energía.	42
Ilustración 40 Simulación del circuito implementado.....	42
Ilustración 41 Diseño final y placa de componentes.....	43
Ilustración 42 Creación base de datos.....	53
Ilustración 43 Base de datos y variables en Firebase.....	53

Ilustración 44	Página principal aplicación Web.....	54
Ilustración 45	Graficas de medición e información.	55
Ilustración 46	Estadísticas y exportar datos.	55
Ilustración 47	Montaje de sensores.....	56
Ilustración 48	Circuitería Interna.	57
Ilustración 49	PowerBeam 5AC-400.....	60
Ilustración 50	Antena LiteBeam M5.	61
Ilustración 51	PowerBeam ac torre USCO.	63
Ilustración 52	PowerBeam ac torre granja.	63
Ilustración 53	LiteBeam M5 torre granja.	64
Ilustración 54	Conexión a internet.	70
Ilustración 55	Navegación mediante la página Web YouTube.	71
Ilustración 56	Test de velocidad y tasa de transmisión.	71
Ilustración 57	ping y transmisión con alta latencia debido a el ruido, pero está en un rango permitido para el buen funcionamiento.	72

TABLA DE TABLAS

Tabla 1	parámetros de funcionamiento HIH 4000.....	15
Tabla 2	Características de la Raspberry Pi 3.....	28
Tabla 3	Comparativa de los consumos de la Raspberry Pi 3 con otros modelos de Raspberry Pi.....	29
Tabla 4	Consumo energético Raspberry	38
Tabla 5	Características y consumo de la estación.....	39
Tabla 6	Autonomía de consumo.....	40
Tabla 7	Factor de calibración según las unidades.....	45
Tabla 8	Características tecnología InnerFeed.....	60
Tabla 9	Características antena 5AC.....	61
Tabla 10	especificaciones antena LiteBeam M5.....	62

INTRODUCCIÓN

La meteorología es la ciencia interdisciplinaria de la física de la atmósfera, que estudia el estado del tiempo, el medio atmosférico, los fenómenos producidos y las leyes que lo rigen. En este proyecto se plantea poner nuevamente en funcionamiento la estación meteorológica situada en la Granja experimental, reemplazando totalmente el módulo de control de esta y a su vez mejorando su funcionamiento tanto en procesamiento como cantidad de variables, pero a fin de poder tomar medidas y realizar el seguimiento de las siguientes variables atmosféricas: temperatura, luminosidad, velocidad del viento, dirección del viento, presión atmosférica, humedad relativa, humedad del suelo y precipitación.

Para la realización del seguimiento de las variables atmosféricas se deberán utilizar transductores los cuales transformarán la magnitud física en una señal eléctrica, de los cuales la mayoría serán reutilizados y los faltantes serán escogidos apropiadamente, así como el sistema de acondicionamiento de las señales para poder interpretarlas y poder hacer un correcto seguimiento. El encargado de almacenar y posibilitar realizar los seguimientos, será un sistema embebido con sistema operativo Raspbian Jessie, concretamente la Raspberry Pi3.

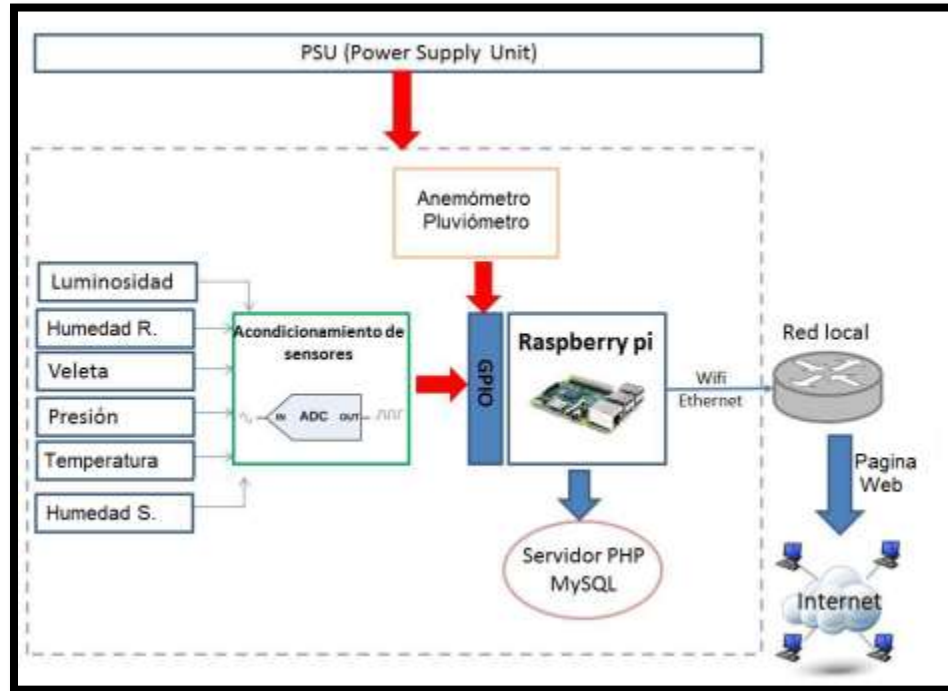
Mediante comunicación I2C y unos pocos puertos GPIO de la Raspberry Pi, interaccionarán las señales acondicionadas procedentes de los diferentes transductores con la Raspberry Pi. Usando el Servidor de FCM (Firebase Cloud Messaging) que proporciona Google, para almacenar los datos suministrados por el dispositivo y al mismo tiempo estos serán redirigidos a una página web, donde se podrá observar las mediciones de los diferentes sensores en un intervalo de 5 minutos. También se tendrá una interfaz gráfica alojada en el sistema operativo de la Raspberry Pi, donde se podrá ver el último dato registrado, esto en caso que se desee verificar directamente.

Al estar la estación meteorológica conectada constantemente una fuente de datos móviles (Red Wifi), nos permite jugar con envíos de alarmas al correo, identificando así anomalías en ambiente o un mal funcionamiento.

No nos debemos olvidar que habrá que alimentar todo el sistema, por lo que para ello se diseñará una pequeña PSU (Power Supply Unit), el montaje de un panel solar con el fin de alimentar todo el sistema sin la necesidad de tener la estación conectada a toma de red.

A continuación, se muestra un diagrama de bloques con cada una de las partes que constará el proyecto para complementar la explicación dada sobre el diseño y montaje de la estación meteorológica.

Ilustración 1 Diagrama de bloques



Suaza. B. y Castañeda. M (2017).

1. OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo de este proyecto es diseñar y construir el módulo de una estación meteorológica remota y modular. Será un diseño sostenible, por tanto, se tendrá mucho cuidado en minimizar los consumos de corrientes tanto como sea posible, a fin de que sea autónoma energéticamente mediante un panel solar.

El diseño de la estación meteorológica será de bajo costo, aunque siempre obteniendo fiabilidad para el estudio de la meteorología. Por tanto, los sensores y los componentes son muy importantes ya que se usarán los más adecuados para la medida de los parámetros físicos: temperatura, humedad, radiación, anemómetro, veleta, presión, pluviómetro, humedad de suelo.

Cabe recordar que en este proyecto se va a trabajar con una Raspberry Pi, por lo que siendo un sistema embebido deberemos tener en cuenta el sistema operativo sobre el cual se trabajara.

A fin de mostrar los datos se realizará una página web donde se muestre información detallada de cada variable, el cual tenga las muestras suficientes como para que nos pueda proporcionar información lo suficientemente válida, para el estudio de los diferentes fenómenos meteorológicos.

En lo que se refiere a estructura del sistema, se utilizara la que ya se encuentra situada en la granja experimental, por que cumple con todos los requerimientos establecidos para soportar cualquier condición climática, además de bases y soportes que eviten que esta se voltee.

Finalmente, se introduce como objetivo el estudio de conceptos meteorológicos a fin de poder hablar con una cierta propiedad durante todo el proyecto, así como poder mostrar datos calculados con las diferentes adquisiciones de datos realizadas.

2. COMPONENTES ELECTRÓNICOS DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA.

La Meteorología es la ciencia que estudio el estado del tiempo y de los fenómenos en la atmosfera de la Tierra. También incluye el estudio de las variaciones diarias de las condiciones atmosféricas (Meteorología Sinóptica), el estudio de las propiedades eléctricas, ópticas y otras propiedades de la atmosfera (Meteorología Física), el estudio del clima, las condiciones medias y extremas durante largo periodos de tiempo (Climatología), la variación de los elementos meteorológicos cerca de la tierra en un área reducida (Micro-meteorología) y muchos otros fenómenos¹.

Antes de hacer el diseño electrónico y el diseño del software, se debe conocer las características de cada uno de los componentes electrónicos que se van utilizar en la estación meteorológica, a fin de no tener problemas en el diseño electrónico. Entre ellos la etapa de PSU (Power Supply Unit), encargada de suministrar la energía a todo el sistema, los sensores que se utilizan en la estación meteorológica tanto analógicos como digitales, encargados de convertir los fenómenos físicos en señales eléctricas, conversor analógico digital ya que la Raspberry Pi no dispone de puertos analógicos.

2.1 REGULADOR DE TENSIÓN 5V

Debido a que la Raspberry Pi tiene un consumo de 5V y 2500 mA en corriente continua, se necesita de un regulador de tensión que nos proporcione esta tensión y esa corriente, es por ello que para el propósito mencionado se utiliza un regulador de tensión. El LM2596, es un regulador de tensión positivo que permite tener un voltaje regulado a partir de una fuente de alimentación con un voltaje mayor, fuentes de 12V pueden ser regulada a 5V, 3.3V, 2.2V, etc., para el uso con microcontroladores, Arduino, PICs, Raspberry Pi, fuentes variables, drivers para leds, etc.².

Ilustración 2 Regulador de tensión 5V LM2596.



Recuperado de <https://electronilab.co>

¹ (LEDESMA, 2011)

² (FUENTES DE ALIMENTACIÓN (ELECTRONICA))

Este módulo está basado en el Regulador DC-DC Step Down LM2596 que es un circuito integrado monolítico adecuado para el diseño fácil y conveniente de una fuente de conmutación tipo Buck. Es capaz de conducir una corriente de hasta 3A. Maneja una carga con excelente regulación de línea y bajo voltaje de rizado. Este dispositivo está disponible con voltaje de salida ajustable. El módulo reduce al mínimo el uso de componentes externos para simplificar el diseño de fuentes de alimentación.

2.2 SENSOR DE TEMPERATURA

La temperatura es una magnitud referida comúnmente al calor o al frío, ya que por lo general se determina que un objeto más caliente tendrá una temperatura mayor. Físicamente la temperatura es una magnitud escalar dada por una función creciente del grado de agitación de las partículas de los materiales³.

En la medición de la temperatura se tiene el sensor Davis 6470. La sonda está diseñada para medir la temperatura. El sensor es un termistor de precisión que produce un cambio de resistencia proporcional a la temperatura. Es epoxi-encapsulado, en un cuerpo de acero inoxidable de aleación 316 con alivio de tensión de vinilo. El cable de calibre 22 AWG es resistente a daños causados por plagas, humedad o UV, para asegurar lecturas precisas al medir la temperatura del aire exterior, la sonda de temperatura multiusos debe protegerse de la luz directa del sol y de otras fuentes de calor reflejado o radiado, para lo cual usamos la pantalla de Stevenson⁴.

Ilustración 3 Sensor termistor Davis 6470.



Recuperado de <http://www.tiendafotovoltaica.es>

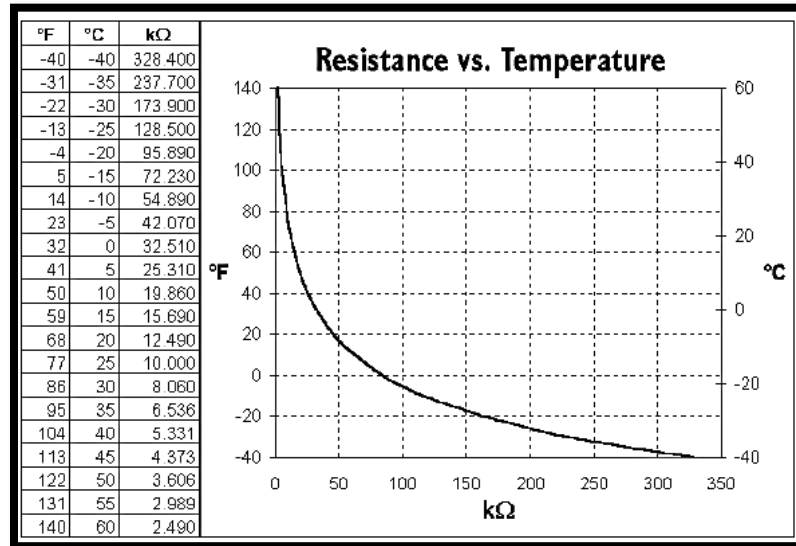
No hay una longitud máxima absoluta del cable. Aumentar la longitud del cable por encima de la longitud máxima recomendada provoca un error de medición mayor a una velocidad de aproximadamente + 0,24 ° F (+ 0,13 ° C) por 30 m de cable. La respuesta de

³ (CONCEPTOS, 2015)

⁴ (DAVIS, 2002)

este sensor puede darse en grados Fahrenheit o Celsius y su registro va de -40° a +150°F (-40° a +65°C).

Ilustración 4 Lecturas de la resistencia del sensor.



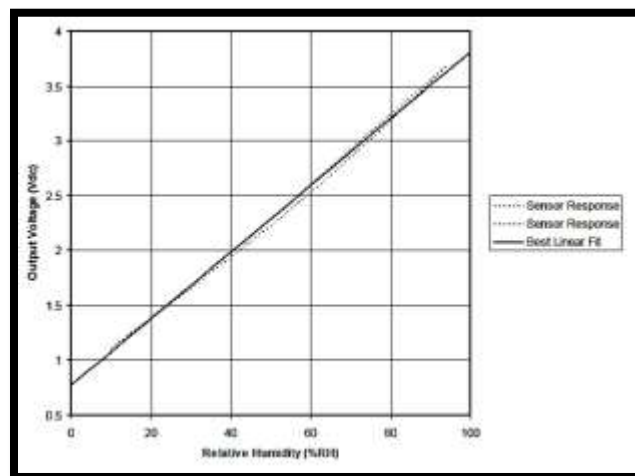
Recuperado de <http://www.davisnet.com>

2.3 SENSOR DE HUMEDAD RELATIVA

El punto de rocío o Dew point es la temperatura a la cual ha de bajar una masa de aire para que la humedad relativa llegue al 100%, es decir, para que esta masa de aire quede saturada.

La entrada directa a un controlador u otro dispositivo es posible gracias a la salida de voltaje casi lineal de este sensor. Con un típico consumo de corriente de sólo 200 µA.

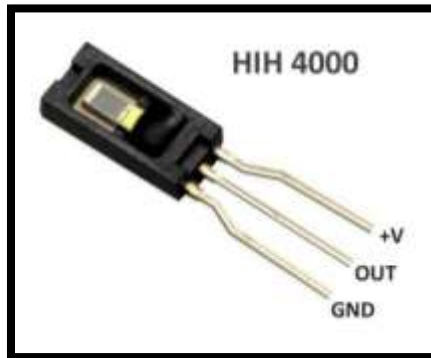
Ilustración 5 Relación salida de voltaje y humedad relativa.



Recuperado de <http://www.farnell.com>

La serie HIH-4000 ofrece un rendimiento de detección de humedad relativa (HR) relativa a la calidad de instrumentación en un SIP soldable a precio competitivo (Single In-line Package). Disponible en dos configuraciones de separación de conductores, el sensor RH es un elemento de detección capacitivo de polímero termoendurecible recortado por láser con un acondicionador de señal integrado en el chip.

Ilustración 6 Pines sensor de humedad relativa.



Recuperado de <http://www.pinsemx.com>

La construcción de múltiples capas del elemento sensor proporciona una excelente resistencia a la mayoría de los peligros de aplicación tales como humedad, polvo, suciedad, aceites y químicos ambientales comunes.

Tabla 1 parámetros de funcionamiento HIH 4000.

Parameter	Minimum	Typical	Maximum	Unit	Specific Note
Interchangeability (first order curve)	–	–	–	–	–
0% RH to 59% RH	-5	–	5	% RH	–
60% RH to 100% RH	-8	–	8	% RH	–
Accuracy (best fit straight line)	-3.5	–	+3.5	% RH	1
Hysterisis	–	3	–	% RH	–
Repeatability	–	±0.5	–	% RH	–
Settling time	–	–	70	ms	–
Response time (1/e in slow moving air)	–	5	–	s	–
Stability (at 50% RH)	–	1.2	–	% RH	–
Voltage supply	4	–	5.8	Vdc	2
Current supply	–	200	500	µA	–
Voltage output (1 st order curve fit)	$V_{OUT} = (V_{SUPPLY})(0.0062(\text{sensor RH}) + 0.16)$, typical at 25 °C				
Temperature compensation	True RH = (Sensor RH)/(1.0546 – 0.00216T), T in °C				
Output voltage temperature, coefficient at 50% RH, 5 V	–	-4	–	mV/°C	–
Operating temperature	-40[-40]	See Figure 1.	85[185]	°C[°F]	–
Operating humidity	0	See Figure 1.	100	% RH	3
Storage temperature	-50[-58]	–	125[257]	°C[°F]	–
Storage humidity	See Figure 2.			% RH	3

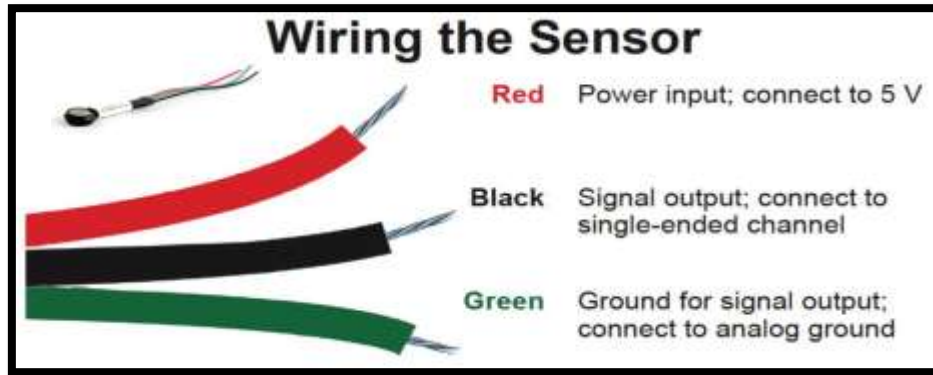
Recuperado de <https://www.alliedelec.com>

2.4 SENSOR DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA

La presión atmosférica es la fuerza que ejerce la atmosfera sobre la superficie terrestre y sobre todo los seres que viven, es decir, el peso que ejerce el aire sobre una superficie. La presión atmosférica afecta a todas las superficies que están en contacto con el aire, independientemente de su posición⁵.

Para la medición de la presión atmosférica se va utilizar el sensor SB-100 de Apogee. Los sensores de presión barométrica de Apogee combinan un amplio rango de medición de presión, amplio rango de temperatura de operación, alta precisión, bajo consumo de energía y bajo costo en un paquete pequeño y robusto. Estos sensores son ideales para la medición continua de la presión barométrica en estaciones meteorológicas y proporcionan mediciones de presión rutinarias para la corrección de salidas sensibles a las fluctuaciones de la presión barométrica (por ejemplo, sensores de oxígeno Apogee).

Ilustración 7 Pines sensor SB-100.

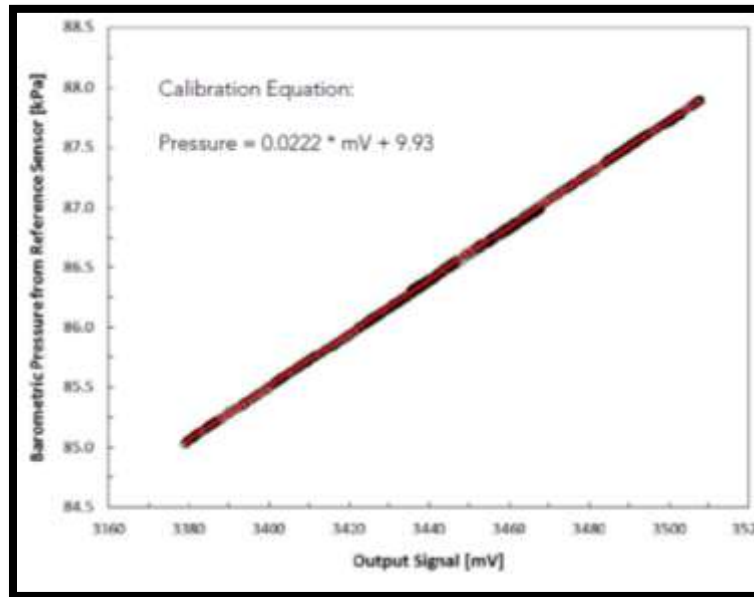


Recuperado de <https://www.apogeeinstruments.co.uk>

Se conecta el sensor a un dispositivo de medición (medidor, datalogger, controlador) capaz de introducir 5 V CC y medir y mostrar o grabar una señal en milivoltios (mV) (se requiere un rango de medición de entrada de aproximadamente 100-4800 mV para cubrir toda la Presión del sensor). Con el fin de maximizar la resolución de medición y la relación señal-ruido, el rango de entrada del dispositivo de medición debe coincidir con el rango de salida del sensor de presión barométrica. No se debe conectar el cable negro a una fuente de alimentación; La aplicación de tensión puede dañar el sensor.

⁵ (MOTT, 2006)

Ilustración 8 Relación salida de voltaje en mV y Presión Barométrica.



Recuperado de <https://www.apogeeinstruments.co.uk>.

2.5 SENSOR DE VELOCIDAD DEL VIENTO

El viento es un movimiento natural, generalmente horizontal. Los desequilibrios térmicos entre unos lugares y otros provocan diferencias de presión atmosférica las cuales producen los vientos.

La medición de la velocidad del viento se va a realizar mediante la utilización de un sensor analógico, concretamente se trata de un sensor pasivo el cual se encuentra basado en un sensor de efecto Hall. Este es un sensor Davis de referencia 6410

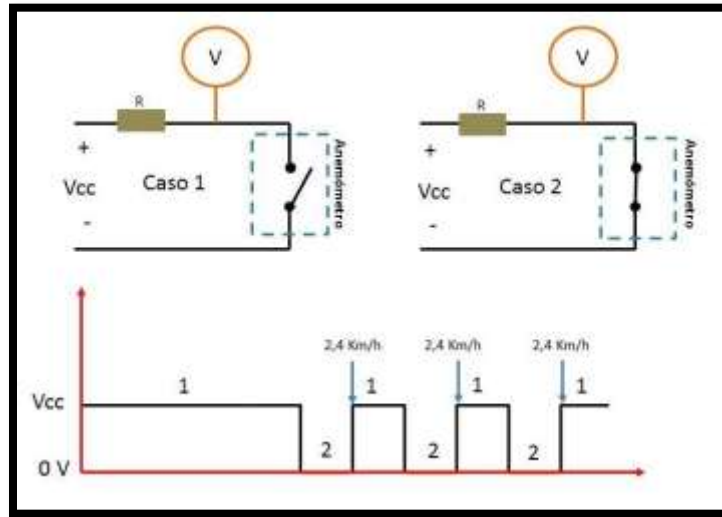
Ilustración 9 Sensor de velocidad del viento anemómetro.



Recuperado de <http://www.meteoarchena.es>

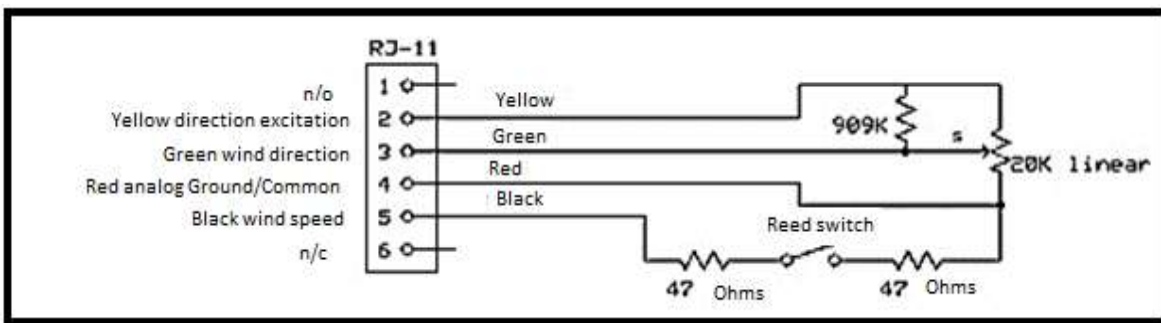
El funcionamiento del sensor es muy sencillo, está basado en que cada vez que el anemómetro de una vuelta este se comportara como un interruptor que se abre y se cierra.

Ilustración 10 Funcionamiento del anemómetro.



Cada uno de los pulsos equivale a 2,4 Km/h, por tanto, al contar los pulsos que hay en un segundo y lo multiplicamos por el factor que indica el Datasheet, obtendremos la velocidad del viento.

Ilustración 11 Conexión del anemómetro a la veleta.



Recuperado de <https://forum.meteoclimatic.net>

Para finalizar indicar que se trata de un sensor analógico, aunque dado su carácter de enviar pulsos (niveles altos y niveles bajos) podemos utilizar el sensor directamente conectado a la Raspberry Pi.

2.6 SENSOR DE PRECIPITACIÓN

Rain Collector está diseñado para cumplir con los lineamientos de la Organización Meteorológica Mundial. La lluvia entra al cono del colector, pasa a través de una pantalla de filtrado de desechos y se acumula en una cámara del cubo de vertido. El cucharón se inclina cuando ha recogido una cantidad de agua igual al incremento en el que el colector mide (0.01 "o 0.2 mm). A medida que el cucharón se inclina, causa un cierre del interruptor y coloca la segunda cámara del cucharón de volcado en su posición. el agua drena a través de la base del colector.

Ilustración 12 Sensor de medición de precipitación 7852 Davids (Pluviómetro).

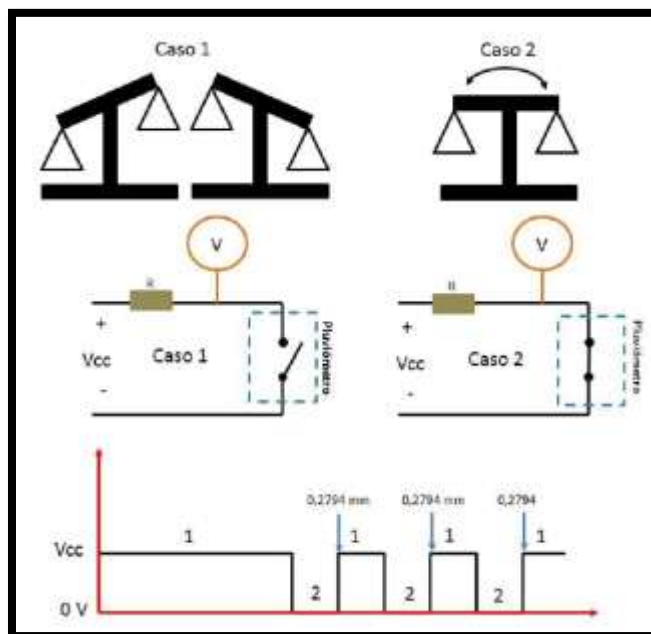


Recuperado de <https://www.davisnet.com>

El comportamiento del sensor de precipitación también es muy similar que en el del caso del anemómetro, se trata de un sensor analógico, aunque su comportamiento lo podremos caracterizar como digital. Se trata de un sensor electromecánico basado en un embudo para dirigir la precipitación hacia un colector donde se recoge y puede medirse. El colector es muy similar a una balanza con 2 cuencos, uno en cada extremo del pluviómetro, por lo que este símil de balanza tendrá dos posiciones, o con el cuenco número uno a la espera de agua, o con el cuenco número dos a la espera de agua, por lo que cuando el cuenco que está recibiendo el agua se llena la balanza cambia de posición debido al peso que ejerce el agua acumulada.

Cuando las básculas se encuentran en estático el sensor se comporta como un interruptor abierto, como en el caso 1 de la figura, mientras que cuando deja de estar estático y la balanza se mueve hacia uno de los dos lados, es en ese instante cuando el sensor se comporta como un interruptor cerrado, como es el caso 2 de la figura.

Ilustración 13 Funcionamiento del pluviómetro.



Si fijamos un circuito como el que se muestra en la figura anterior y colocamos un voltímetro, al comportarse en sensor como un interruptor podremos observar los pulsos cada vez que hay una transición de las básculas internas del sensor, cada paso de 0 a 1 implicara que la precipitación es de 0,2794 mm. Por tanto, si se quiere saber la precipitación solo hay que contar la cantidad de pulsos que se han producido durante un día y multiplicar por el factor indicado.

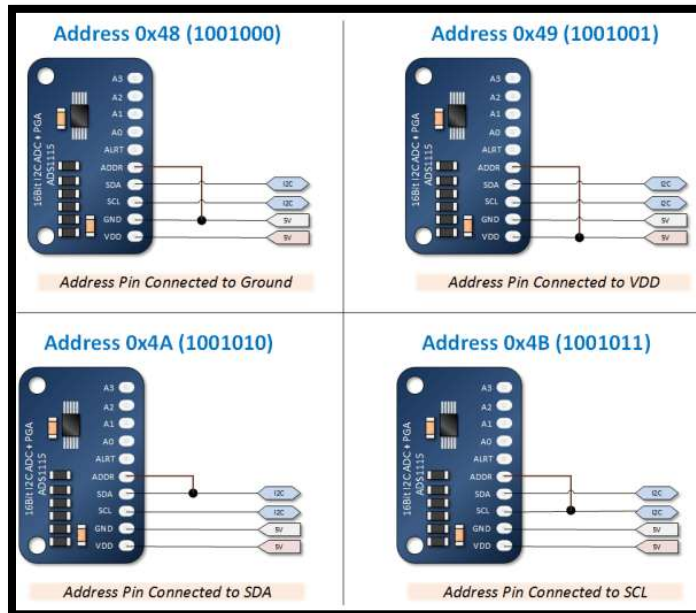
Normalmente se está acostumbrado a ver la precipitación en litros/m², por ello a continuación se demostrara que 1 litros/m², es equivalente a 1 mm.

$$1 \text{ litro/m}^2 \cdot 0,001 \text{ m}^3 / 1 \text{ litro} = 0,001 \text{ m}^3 / \text{m}^2 = 0,001 \text{ m} \cdot 1000 \text{ mm} / 1 \text{ m} = 1 \text{ mm}$$

2.7 CONVERTOR ANALÓGICO-DIGITAL ADS 1115

Para solucionar el problema de la Raspberry Pi, sobre la carencia de puertos de entradas analógicas tal y como existen en otros dispositivos, esto provoca que no se pueda usar directamente sensores analógicos, ya que no se podrá leer un valor de tensión. Para solucionar este problema se usara un convertor analógico-digital (ADC) que sea capaz de leer un valor de tensión analógico y convertirlo a un valor digital.

Ilustración 14 ADS1115 y sus distintas configuraciones.



Recuperado de <https://hetpro-store.com>

El ADS1115 es un convertidor digital analógico de 16 bits que puede mejorar en gran medida su resolución Arduino y precisión de medición. Tiene cuatro canales de entrada que se pueden configurar para mediciones de final único, diferencial o comparador. Para microcontroladores sin un convertidor de analógico a digital o cuando se desea un ADC de mayor precisión, el ADS1115 proporciona una precisión de 16 bits a 860 muestras / segundo a través de I2C. El chip puede ser configurado como 4 canales de entrada de un solo extremo, o dos canales diferenciales. Adicionalmente incluye un amplificador de ganancia programable, hasta x16, para ayudar a impulsar las señales sola / diferenciales más pequeñas para toda la gama. El rango de funcionamiento es de 2V a 5V / lógica, se puede medir una amplia gama de señales y su super fácil de usar⁶.

Ilustración 15 Ganancias y equivalencias ADS1115.

2/3	= +/-6.144V
1	= +/-4.096V
2	= +/-2.048V
4	= +/-1.024V
8	= +/-0.512V
16	= +/-0.256V

Recuperado de <https://hetpro-store.com>

⁶ FRANK, A. (2016). ADAFRUIT. Obtenido de <https://learn.adafruit.com/raspberry-pi-analog-to-digital-converters/ads1015-slash-ads1115>

Para el uso de este dispositivo es necesario instalar la biblioteca desde el índice del paquete Python con algunos comandos, o puede instalar la biblioteca desde su fuente en GitHub, recuerda siempre tener actualizados todos los paquetes de Raspberry. Finalmente, ya listo el convertidor para su respectivo uso.

Ilustración 16 Comandos para la instalación de librería ADS1115.

```
1. sudo apt - get update
2. sudo apt - get install build - python esencial - dev python - smbus git
3. cd ~
4. git clone https : //github.com/adafruit/Adafruit_Python_ADS1x15.git
5. cd Adafruit_Python_ADS1x15
6. configuración de sudo python . py instalar
```

Recuperado de <http://www.github.com>

2.8 SENSOR DE DIRECCIÓN DEL VIENTO (VELETA)

Ante la necesidad de conocer la dirección del viento, es necesaria la utilización de una veleta. La veleta es un dispositivo giratorio que consta de una placa que gira libremente y un señalador que indica la dirección del viento, mediante el uso de resistencias el sensor es capaz de indicarnos con qué punto cardinal coincide con la dirección de la que viene el viento. En la veleta que se va a utilizar, viene incluida en el kit de pluviómetro y anemómetro, concretamente, se trata del kit estación meteorológica del fabricante Davis, en la siguiente imagen se puede observar la veleta

Ilustración 17 Sensor de medición de la dirección del viento (Veleta).

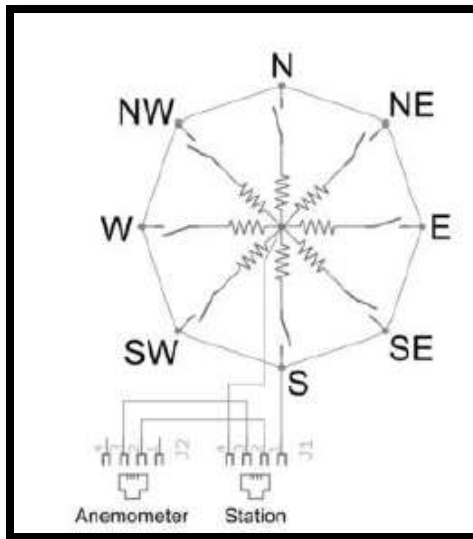


Recuperado de <http://www.lab-ferrer.com>

Tal y como se ha comentado la estructura interna del sensor está formada por unas resistencias las cuales indican la dirección del viento, pero también hemos de tener en cuenta una muesca que encontramos en el exterior del sensor la cual tiene que apuntar hacia el norte, con el fin de que el sensor tenga una referencia correcta.

La estructura interna de la veleta se puede observar en la siguiente imagen, en la que se ve que el valor de la resistencia va variando dependiendo de hacia dónde apunte la veleta, también se observa como el fabricante nos propone un circuito con una salida para poder determinar la dirección del viento.

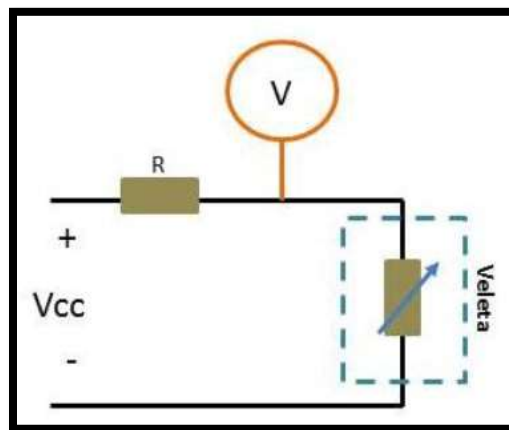
Ilustración 18 Estructura interna de la veleta.



Recuperado de <http://www.aficionadosalamecnica.net> (2017)

Si se observan las imágenes anteriores, se puede hacer una idea que la veleta se comporta como una resistencia variable y que mediante un divisor de tensión se extrae la tensión en los extremos de la veleta, con este dato ya se obtiene la dirección del viento.

Ilustración 19 Circuito equivalente del sensor Veleta.



Recuperado de <http://www.servisystem.com.ar>

2.9 SENSOR DE HUMEDAD DE SUELO

Se denomina humedad del suelo a la cantidad de agua por volumen de tierra que hay en un terreno. Establecer el índice de humedad del suelo es de vital importancia para las actividades agrícolas⁷.

Para medir la humedad del suelo, se usó el sensor Sparkfun (SEN-13322). El sensor de humedad funciona como una resistencia variable donde el voltaje entre las dos almohadillas es una función de la conductividad del suelo. La conductividad del suelo aumenta a medida que aumenta el contenido volumétrico de agua o el volumen total de agua en el suelo poroso.

Ilustración 20 Sensor humedad de suelo Sparkfun (SEN-13322).

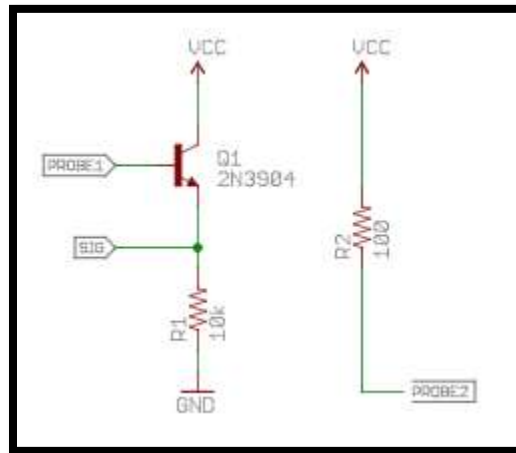


Recuperado de <https://www.sparkfun.com/products/13322>

Para obtener cualquier tipo de información útil de su sensor de humedad del suelo, se recomienda que la calibre para cualquier suelo que planea monitorear. Diferentes tipos de suelo pueden afectar el sensor, y puede obtener diferentes lecturas de una composición a la siguiente. Antes de comenzar a almacenar datos de humedad o desencadenar eventos basados en ese valor, debería ver qué valores está obteniendo realmente de su sensor. Usando el boceto anterior, observe qué valores produce su sensor cuando el sensor está completamente seco, en comparación con cuando el sensor está completamente sumergido en una taza de agua poco profunda. Según el microcontrolador que esté utilizando, el voltaje de funcionamiento de ese microcontrolador y la resolución de su convertidor analógico a digital, sus resultados variarán.

⁷ (FORSYTHE, 1985)

Ilustración 21 Circuito equivalente Sparkfun (SEN-13322).



Recuperado de <https://cdn.sparkfun.com>

2.10 SENSOR DE RADIACIÓN

El sol es uno de los factores más importantes en la meteorología ya que es el provocante de que haya todos los fenómenos explicados en los puntos anteriores, es por ello que el estudio del sol en meteorología es algo de gran importancia.

La radiación que impulsa la fotosíntesis se llama radiación fotosintéticamente activa (PAR) y se define típicamente como radiación total en un rango de 400 a 700 nm. PAR a menudo se expresa como flujo fotónico fotosintético (PPF): flujo de fotones en unidades de micromoles por metro cuadrado por segundo ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, igual a microEinsteins por metro cuadrado por segundo) sumado de 400 a 700 nm (total número de fotones desde 400 a 700 nm). Mientras que Einstein y los micromoles son iguales (un Einstein = una mol de fotones), el Einstein no es una unidad SI, por lo que se prefiere expresar PPF como $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Ilustración 22 Sensor de radiación SQ-110.

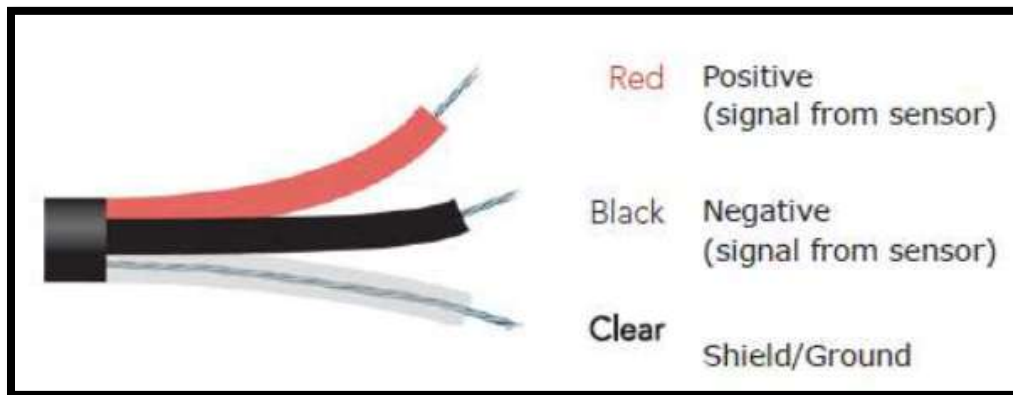


Recuperado de <https://www.apogeeinstruments.co.uk>

Los sensores que miden PPF a menudo se llaman sensores cuánticos debido a la naturaleza cuantificada de la radiación. Un cuanto se refiere a la cantidad mínima de radiación, un fotón, involucrado en interacciones físicas (por ejemplo, absorción por pigmentos fotosintéticos). En otras palabras, un fotón es un solo quantum de radiación.

El sensor se conecta a un dispositivo de medición (medidor, registrador de datos, controlador) capaz de medir y visualizar o registrar una señal en milivoltios (se requiere un rango de medición de entrada de aproximadamente 0-500 mV para cubrir todo el rango de PPF del sol). Para maximizar la resolución de la medición y la relación señal / ruido, el rango de entrada del dispositivo de medición debe coincidir estrechamente con el rango de salida del sensor cuántico. No se debe conectar el sensor a una fuente de alimentación. El sensor es autoalimentado y la aplicación de voltaje dañará el sensor.

Ilustración 23 Conexiones sensor SQ-110.



Recuperado de <https://www.apogeeinstruments.co.uk>

3. RASPBERRY PI

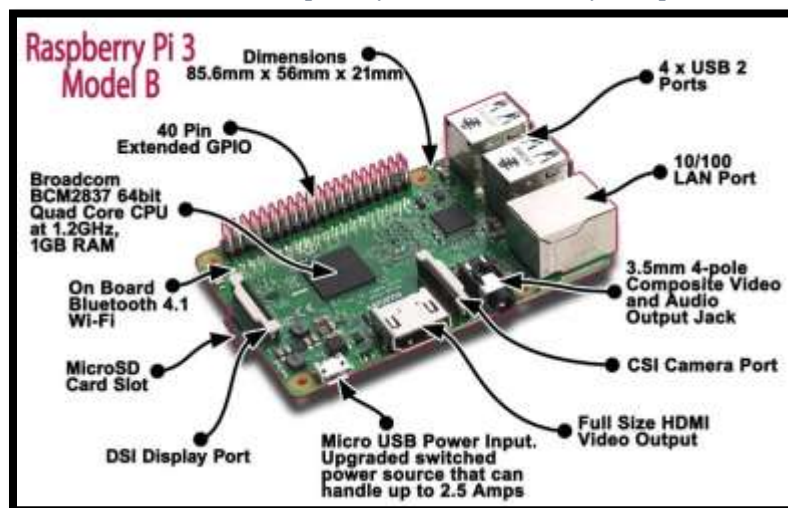
En este capítulo se describe que es la Raspberry Pi, un pequeño ordenador de reducidas dimensiones que es totalmente funcional y que es capaz de ejecutar un sistema operativo, es por ello que la Raspberry Pi es el elemento central del proyecto, ya que se encarga de adquirir los datos, procesarlos y mostrar los datos.

3.1 LA RASPBERRY PI 3

Ante todo, pronóstico la fundación Raspberry Pi sorprendió a los usuarios lanzando la Raspberry Pi 3 la cual introdujo nuevas e impresionantes novedades. La novedad más destacada es el uso de nuevo procesador ARM Cortex A53, el cual está compuesto de 4 núcleos a 1,2 GHz y soportando el procesamiento de 64 bits, esto procesador provoca unos rendimientos 10 veces superior a las primeras Raspberry Pi y un 50% más que la Raspberry Pi 2, el modelo anterior.

Pero lo más destacado y novedoso fue el aumento de la conectividad, ya que se integró la conectividad Wifi y la Bluetooth en la misma placa, por lo que ya no se tendría que utilizar adaptadores USB o directamente utilizar cable al puerto Ethernet. En la siguiente tabla se muestra las características principales de la Raspberry Pi 3.

Ilustración 24 Raspberry Pi 3 modelo B y sus partes.



Recuperado de <https://www.redeszone.net/>

Tabla 2 Características de la Raspberry Pi 3.

Componente	Característica
Procesador	- Chipset Broadcom BCM2387. - 1,2 GHz de cuatro núcleos ARM Cortex-A53
GPU	- Dual Core VideoCore IV ® Multimedia Co-procesador. Proporciona Open GL ES 2.0, OpenVG acelerado por hardware, y 1080p30 H.264 de alto perfil de decodificación. - Capaz de 1 Gpixel / s, 1.5Gtexel / s o 24 GFLOPs con el filtrado de texturas y la infraestructura DMA.
RAM	1GB LPDDR2
Conectividad	- Ethernet socket Ethernet 10/100 BaseT - 802.11 b / g / n LAN inalámbrica y Bluetooth 4.1 (Classic Bluetooth y LE) -Salida de vídeo: * HDMI rev 1.3 y 1.4 * RCA compuesto (PAL y NTSC) -Salida de audio * jack de 3,5 mm de salida de audio, HDMI - USB 4 x Conector USB 2.0 - Conector GPIO * 40-clavijas de 2,54 mm (100 milésimas de pulgada) de expansión: 2x20 tira * Proporcionar 27 pines GPIO, así como 3,3 V, +5 V y GND líneas de suministro. - Conector de la cámara de 15 pines cámara MIPI interfaz en serie (CSI-2) - Pantalla de visualización Conector de la interfaz de serie (DSI), Conector de 15 vías plana flex cable con dos carriles de datos y un carril de reloj -Ranura de tarjeta de memoria Empuje / tire Micro SDIO

Recuperado de <http://www.sabien.upv.es>

Una vez vistas las características de la Raspberry Pi 3, se va a observar cada una de las partes de las que está compuesta la placa de la Raspberry Pi 3, con el objetivo de conocer las partes necesarias para utilizar de cara a la construcción de la estación meteorológica.

- **4 puertos USB 2.0:** los cuales permitirán conectar diferentes periféricos de manera opcional.
- **Puerto Ethernet:** El puerto Ethernet permitirá la conexión al Router mediante cable Ethernet con el fin de tener conectividad a la red local y a su vez a internet.
- **Puerto GPIO (General Input/Output):** Se trata de un sistema de entradas y salidas de propósito general, por lo que se pueden utilizar como entrada y salida para usos múltiples y los cuales serán la base del presente proyecto.
- **On-board WI-FI and Bluetooth 4.1:** Se trata del chip que proporciona a la Raspberry Pi 3 de conectividad Wifi y de Bluetooth.
- **Micro SD card slot:** Pequeño slot de micro SD situado en la parte trasera de la placa de la Raspberry 3 en la cual se introducirá una tarjeta micro SD que actuara como disco duro de la Raspberry Pi 3.
- **Procesador Broadcom BCM2387 64 bits y 1Gb RAM:** Es el procesador y la memoria RAM que utiliza la tecnología SOC para juntarlo todo en un solo microchip.
- **Puerto micro USB (alimentación):** Se trata del puerto que se utilizara para alimentar la Raspberry Pi a 5V.

Una de los aspectos más delicados es el consumo, ya que este limitara el diseño del circuito, si se observa los consumos de corriente de la Raspberry Pi 3, se ve como esta es la que mayor consumo tiene respecto otras versiones, esto es debido al nuevo procesador utilizado, pero si nos fijamos en el arranque el consumo es 0,75 mA Mientras que en situación de estrés máximo es de 1,34 A. Cabe resaltar que se implementará una alimentación de 5V a 3 A, lo cual será más que suficiente para suplir el consumo de la estación⁸.

Tabla 3 Comparativa de los consumos de la Raspberry Pi 3 con otros modelos de Raspberry Pi.

		Pi1 (B+)	Pi2 B	Pi3 B (Amps)	Zero (Amps)
Boot	Max	0.26	0.40	0.75	0.20
	Avg	0.22	0.22	0.35	0.15
Idle	Avg	0.20	0.22	0.30	0.10
Video playback (H.264)	Max	0.30	0.36	0.55	0.23
	Avg	0.22	0.28	0.33	0.16
Stress	Max	0.35	0.82	1.34	0.35
	Avg	0.32	0.75	0.85	0.23

Recuperado de <https://www.redeszone.net>

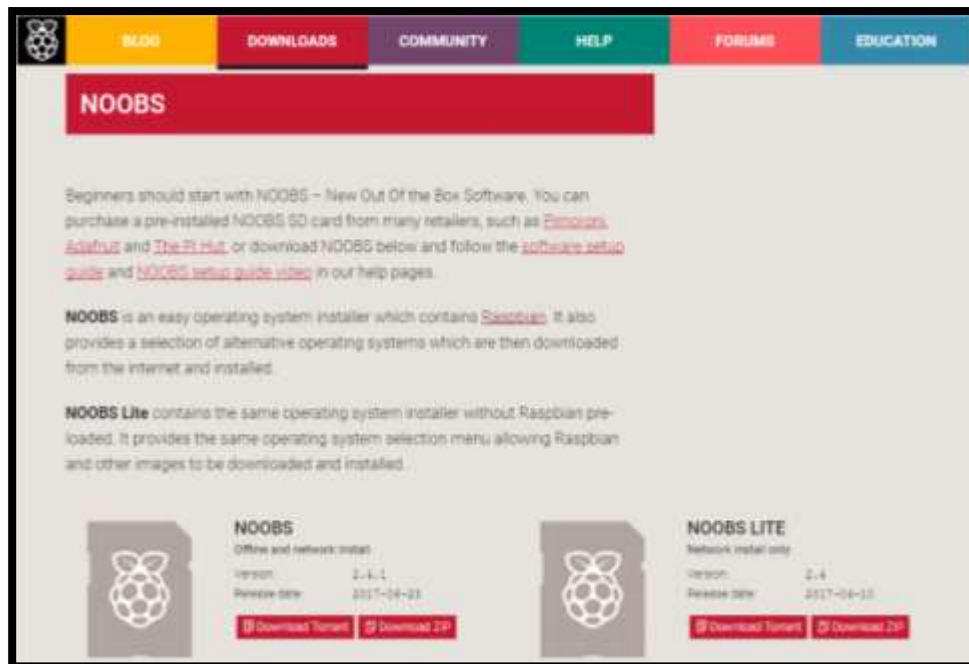
⁸ (CONTRERAS, 2013)

3.3 INSTALANDO Y CONFIGURANDO EL SISTEMA OPERATIVO EN LA RASPBERRY PI 3

Para trabajar inicialmente con la Raspberry Pi 3, es necesario el sistema operativo, por ello a continuación se describe como se realiza la instalación del sistema operativo, cabe tener en cuenta que encontramos multitud de sistemas operativos y que depende en lo que se vaya a trabajar es recomendable utilizar uno u otro.

Básicamente hay dos distribuciones que son las más utilizadas, una para uso de la Raspberry Pi como media center y que recibe el nombre de OSMC y otra para uso general de PC o servidor la cual recibe el nombre de Raspbian Jessie, para la realización del proyecto se usó Raspbian, cabe resaltar que existen un sin número de sistemas operativos tanto oficiales como no, donde se encuentra hasta versiones de Windows. Para la instalación de Raspbian se usa la herramienta NOOBS, la cual se puede encontrar y descargar desde el sitio web oficial: <https://www.raspberrypi.org/downloads/noobs>. En ella se escogerá o descargará la versión completa, o la versión LITE. La diferencia entre una y otra reside en que la versión completa ya viene con todo lo necesario para la instalación, mientras que la versión LITE ira descargando los ficheros mientras se está realizando la instalación, por lo que requiere de que la Raspberry Pi esté conectada a Internet.

Ilustración 25 Página web para la descarga de la herramienta NOOBS.



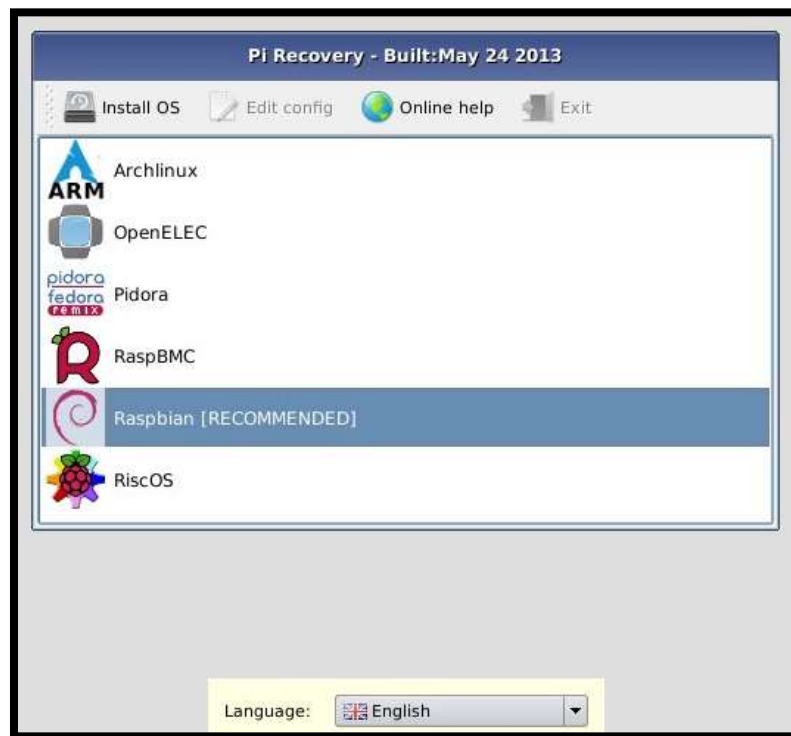
Recuperado de <https://www.raspberrypi.org/>(2017)

En este caso se descargó la versión completa y será booteada en la micro SD que se vaya a utilizar en la Raspberry Pi, es recomendable una tarjeta micro SD de como mínimo 8 Gb para que entre de manera correcta el sistema operativo.

Para la instalación del sistema operativo es necesario la conexión de varios periféricos a la Raspberry Pi, concretamente deberemos conectar mouse y teclado, mediante los puertos USB. Por el puerto HDMI se debe conectar un monitor, el cual permitirá observar el progreso de la instalación, así como las diferentes configuraciones que solicitará mediante el progreso de instalación.

Una vez se tenga todos los periféricos conectados y la tarjeta micro SD insertada en la ranura correspondiente, es el momento de conectar la alimentación de la Raspberry Pi, pasado un tiempo prudencial la herramienta NOOBS preguntara el sistema operativo que se quiere instalar, solo es cuestión de seleccionar Raspbian y seguir los pasos de la instalación.

Ilustración 26 Entorno de NOOBS.



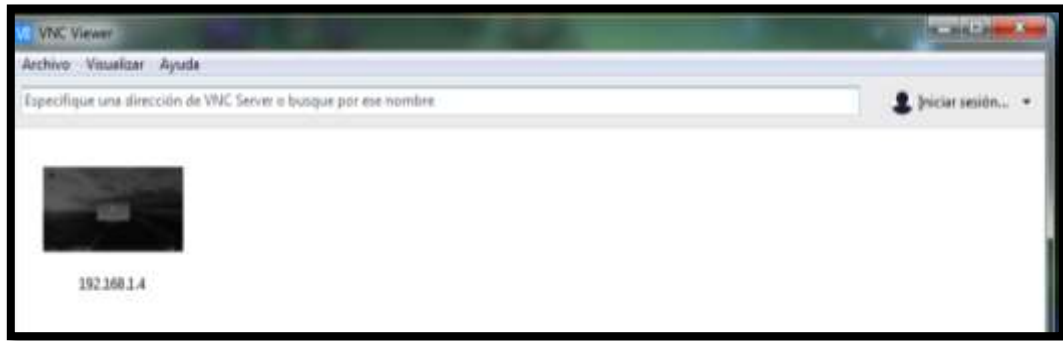
Suaza. B. (2017)

Ya instalado Raspbian, se conectará a través de escritorio remoto a la Raspberry Pi, ya que así se evita el uso del monitor, teclado y ratón, para ello se obtiene la dirección IP con la que se conecta al Router o mediante nuestro PC obtener la IP de nuestro dispositivo.

Para el uso remoto se usó el programa basado en VNC cuyas siglas en inglés son Virtual Network Computing (Computación Virtual en Red). VNC es un programa de software libre basado en una estructura cliente-servidor que permite tomar el control del ordenador servidor remotamente a través de un ordenador cliente. También se denomina

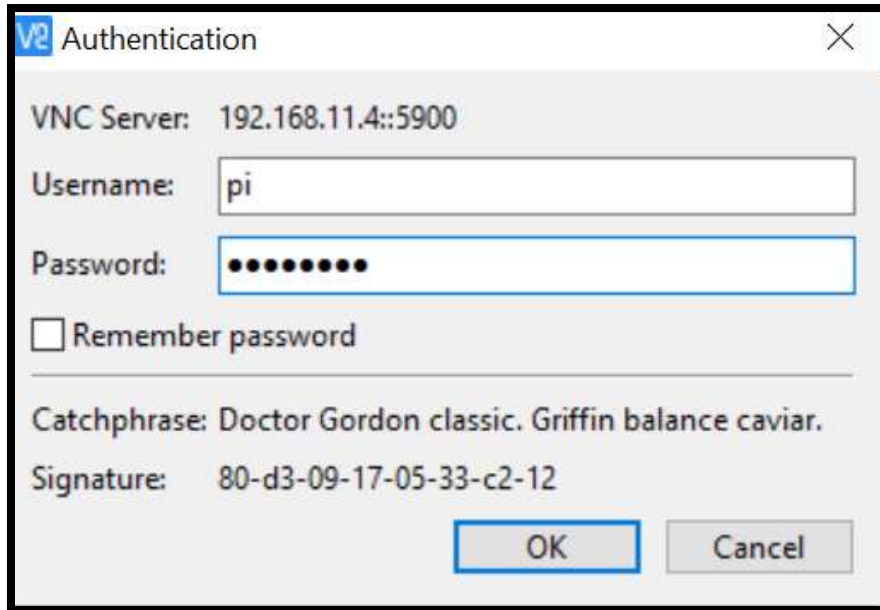
software de escritorio remoto. VNC no impone restricciones en el sistema operativo del ordenador servidor con respecto al del cliente: es posible compartir la pantalla de una máquina con cualquier sistema operativo que admita VNC conectándose desde otro ordenador o dispositivo que disponga de un cliente VNC portado, en pocas palabras varios usuarios pueden conectarse a la Raspberry al mismo tiempo, como también se puede hacer desde un dispositivo móvil.

Ilustración 27 VNC Viewer.



Suaza. B. y Castañeda. M (2017)

Ilustración 28 Autenticación Ingreso Raspberry.

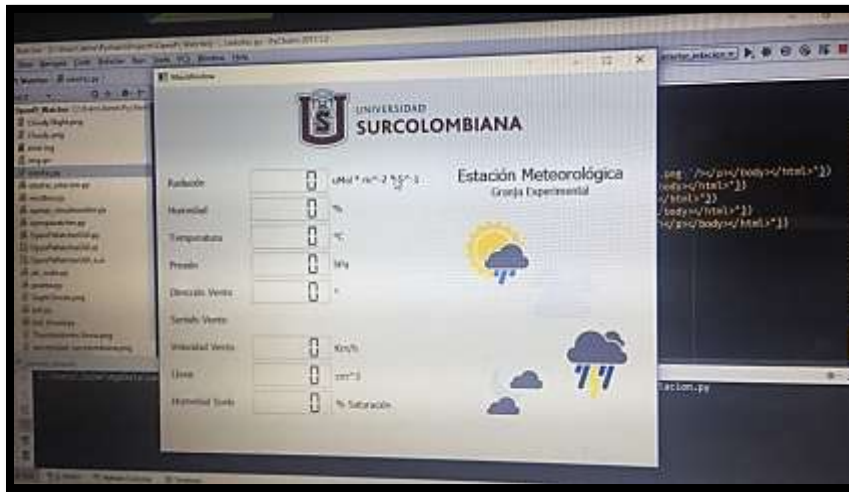


Suaza. B. y Castañeda. M (2017)

Como se ve en la imagen anterior, para acceder remotamente a la Raspberry pi es necesario un usuario y contraseña los cuales son Username: pi y Password: Raspberry.

Al ingresar dirigirá al escritorio del dispositivo e inmediatamente mostrará la interfaz diseñada internamente en la Raspberrys donde también se podrá ver los datos que está tomando la estación.

Ilustración 29 Interfaz Raspberry Pi



Suaza. B. y Castañeda. M (2017)

3.4 EL PUERTO GPIO

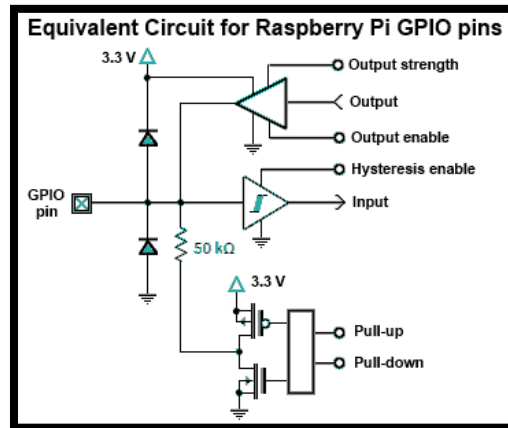
El puerto GPIO (General Purpose Input Output) que está formado por 40 pines en la Raspberry Pi 3, permite interactuar con el mundo exterior, y, por tanto, con la electrónica. Se trata de terminales que están pensados para comunicarnos con los más diversos dispositivos electrónicos que se deseen controlar, por este motivo, la utilización del puerto GPIO permite desde controlar un LED, hasta realizar los proyectos más complicados que se desee⁹.

En muchas ocasiones se piensa en los puertos GPIO son como unos puertos convencionales que soportan todo tipo de señales y esto no es así, lo primero que se tiene que tener en cuenta es que conectar un voltaje de 5 V a cualquier pin del puerto GPIO de la Raspberry Pi, o hacer cortocircuito directamente con cualquiera de los dos pines de alimentación que contiene hacia cualquier otro pin, dañara severamente la Raspberry Pi.

La Raspberry Pi considerara un nivel alto cuando el rango de tensión en la entrada se encuentre entre los 2,31 V a los 3,3 V mientras que leerá un nivel bajo cuando el rango de tensión se encuentre de los 0 V a los 1,65 V, en el caso que el rango de tensión este fuera de los rangos mencionados el nivel será ignorado.

⁹ Isaac. PE. (26 mayo 2015). Obtenido de <https://comohacer.eu/gpio-raspberry-pi/>

Ilustración 30 Estructura interna de un pin GPIO.



Recuperado de <https://electronics.stackexchange.com>

No todos los pines que se poseen en el puerto GPIO son de entrada y salida, sino que se encuentran diferentes tipos de puertos.

Ilustración 31 Esquema de conexión del puerto GPIO en Raspberry Pi 3.

Pin#	NAME		NAME	Pin#
01	3.3v DC Power		DC Power 5v	02
03	GPIO02 (SDA1, I ² C)		DC Power 5v	04
05	GPIO03 (SCL1, I ² C)		Ground	06
07	GPIO04 (GPIO_GCLK)		(TXD0) GPIO14	08
09	Ground		(RXD0) GPIO15	10
11	GPIO17 (GPIO_GEN0)		(GPIO_GEN1) GPIO18	12
13	GPIO27 (GPIO_GEN2)		Ground	14
15	GPIO22 (GPIO_GEN3)		(GPIO_GEN4) GPIO23	16
17	3.3v DC Power		(GPIO_GEN5) GPIO24	18
19	GPIO10 (SPI_MOSI)		Ground	20
21	GPIO09 (SPI_MISO)		(GPIO_GEN6) GPIO25	22
23	GPIO11 (SPI_CLK)		(SPI_CE0_N) GPIO08	24
25	Ground		(SPI_CE1_N) GPIO07	26
27	ID_SD (I ² C ID EEPROM)		(I ² C ID EEPROM) ID_SC	28
29	GPIO05		Ground	30
31	GPIO06		GPIO12	32
33	GPIO13		Ground	34
35	GPIO19		GPIO16	36
37	GPIO26		GPIO20	38
39	Ground		GPIO21	40

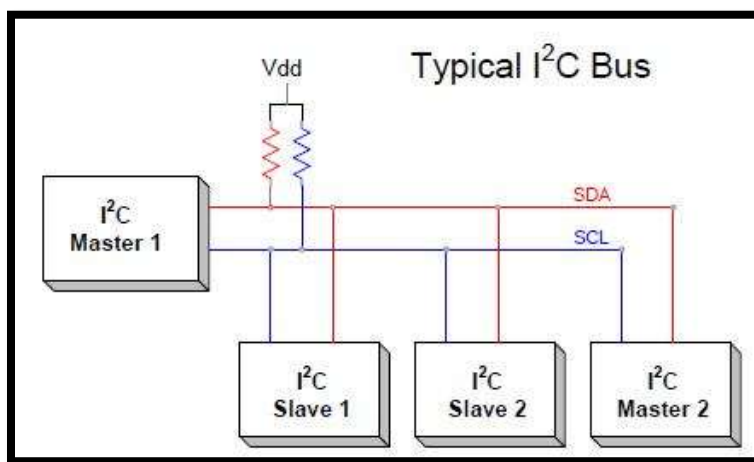
Recuperado de <https://www.element14.com>

3.5 BUS DE COMUNICACIONES I2C

El I2C (Inte-Integrated Circuit) es un bus de comunicaciones, el cual es muy utilizado para la comunicación entre microcontroladores y periféricos como pueden ser los sensores. La característica principal de este bus de comunicaciones es que se trata de un bus que puede tener múltiples Master y múltiples Slaves en el mismo bus¹⁰.

La estructura del bus de datos está formada por tres líneas, una línea de datos la cual recibe el nombre de SDA (Datos), la segunda línea es la utilizada para la sincronización, y recibe el nombre de SCL (Clock). (GARCIA, 2012)

Ilustración 32 Estructura del bus I2C.



Recuperado de <https://geekytheory.com>

Un aspecto importante es el acceso al medio por parte de los diferentes dispositivos, ya que por la línea SDA se envía la información hacia las dos direcciones, por lo que es necesario un control de acceso al bus y un direccionamiento de cada elemento.

El protocolo I2C fija direcciones de 7 bits a cada uno de los dispositivos, por lo que se pueden tener hasta 128 dispositivos conectados al mismo bus. El primer byte que se transmite después de la condición de inicio contiene siete bits que componen la dirección del dispositivo que se desea seleccionar, y un octavo bit que corresponde con la operación que se quiere realizar (lectura o escritura).

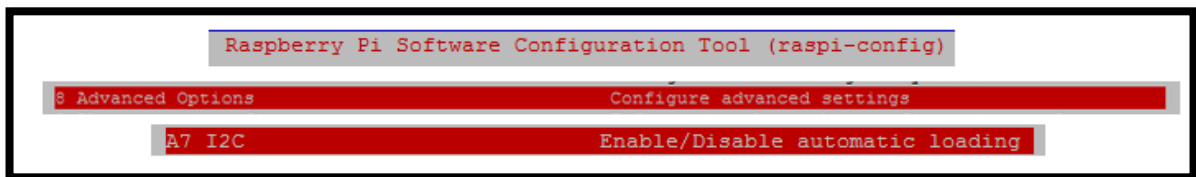
En la Raspberry Pi, los puertos de I2C se encuentran en el puerto GPIO 2 y GPIO 3, tal y como se observa en el siguiente gráfico, por tanto, será donde se conectarán los diferentes sensores que quieran comunicarse con la Raspberry mediante la utilización del protocolo I2C.

¹⁰ Robots Argentina (2007-2017).
http://robots-argentina.com.ar/Comunicacion_busI2C.htm

Argentina. Obtenido de http://robots-argentina.com.ar/Comunicacion_busI2C.htm

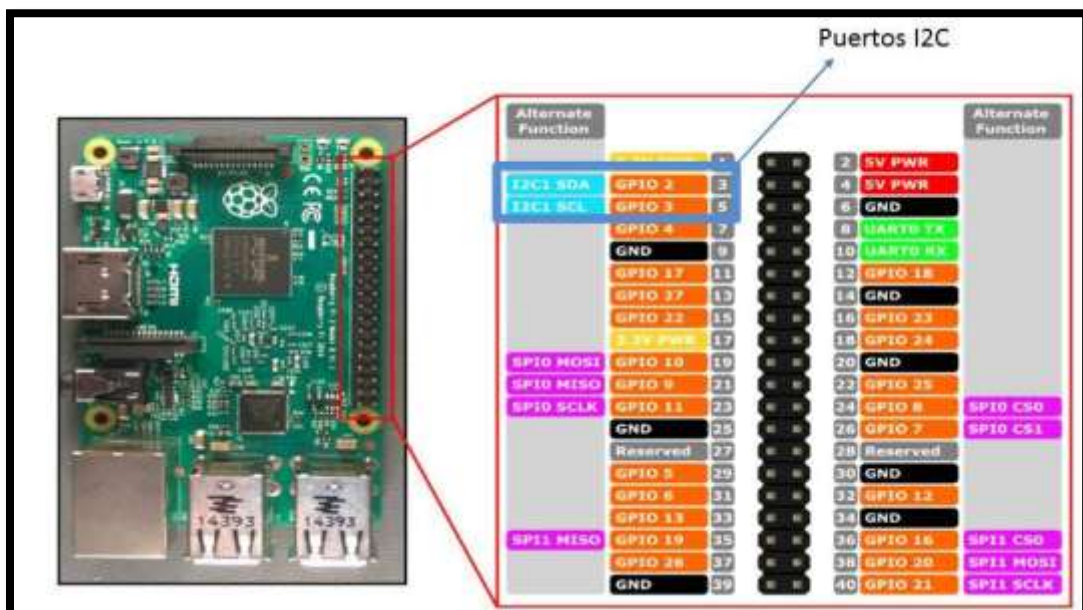
Hay que destacar que el bus I2C en la Raspberry Pi viene desactivado por defecto, por lo que se deberá activarlo para conseguir el correcto funcionamiento, se debe entrar en el menú de configuración de la Raspberry Pi para su activación.

Ilustración 33 Activación del bus I2C.



Suaza. B. y Castañeda. M (2017)

Ilustración 34 Puertos de la Raspberry Pi destinados al bus I2C.



Recuperado de <https://diyprojects.io>

4. DISEÑO ELECTRÓNICO DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

Una vez conocidos los requerimientos de alimentación del sistema, así como de los diferentes componentes que se utilizaran, es necesario unir todas las partes en forma de diseño electrónico.

Una de las partes fundamentales del sistema, la etapa de PSU (Power Supply Unit), la cual se encargará de suministrar la energía a todo el sistema.

Debido a la ubicación y la lejanía de la estación se optó por un sistema de alimentación fotovoltaico. El sol es una fuente importante de energía, la cual, debido al constante calentamiento global, ha tomado gran importancia en el último tiempo. Con la cantidad de radiación solar que llega a la tierra diariamente, se puede cubrir la demanda mundial de todo un año, sin embargo, no toda la radiación puede ser utilizada eficientemente, ya que una gran parte de ésta es absorbida por la atmósfera.

El sistema de almacenamiento, el cual es formado por la conexión serie-paralelo de acumuladores o baterías. En el caso de instalaciones residenciales que se requiere capacidades de almacenamiento mayores, los acumuladores más usados son los de plomo-ácido.

Ilustración 35 Sistema de almacenamiento (Baterías).



Recuperado de <http://eliseosebastian.com>

El sistema de regulación de carga, el cual consiste en circuitos electrónicos destinados a mantener la carga correcta en los acumuladores junto con las protecciones de sobrecarga y descarga excesiva de estos. Por lo tanto, estos circuitos electrónicos permiten conocer el estado de carga de la batería poniendo en marcha eventualmente una protección de sobrecarga. Para determinar el estado, se mide la tensión de la batería y se compara con una tensión de referencia.

Ilustración 36 Regulador de carga.



Recuperado de <https://es.aliexpress.com>

Tabla 4 Consumo energético Raspberry

Características de la Raspberry	
En reposo:	230 mA -> 1.2 W
A pleno rendimiento:	350 mA -> 1.8 W

Suaza. B. y Castañeda. M (2017)

Tabla 5 Características y consumo de la estación.

Rango de Operación	-40° C hasta 65° C
Energía	Consumo de 0.14 mA promedio, Máximo 30 mA con un Voltaje de 4 - 6 VDC
Puertos	RJ11
Cable	Tipo conductor, especificación 26 AWG
Sensor de Velocidad de Viento	De copas con Switch magnético
Sensor de Dirección del Viento	Tipo flecha con Potenciómetro
Tipo de Colector de lluvia	Tipo cubetilla con un área de colección de 214 cm ²
Sensor de Temperatura	De DIODO Silicón
Sensor de Humedad Relativa	Capacitor Tipo Film
Incluye:	Colector de Lluvia (Cubetilla Auto vaciante), Sensor de Temperatura y Humedad, Anemómetro con 12 metros de cable, sensor de Radiación Solar, Sensor de Rayos UV, Panel Solar, Consola Receptora Raspberry, Adaptador de corriente para Consola y material de Montaje
El consumo total de los sensores	de 0.14 mA promedio, Máximo 30 mA con un Voltaje de 4 - 6 VDC en watt/h seria: $0.14ma * 5v = \frac{0.7mw}{h} * 7sensores = 4.9mw/h$

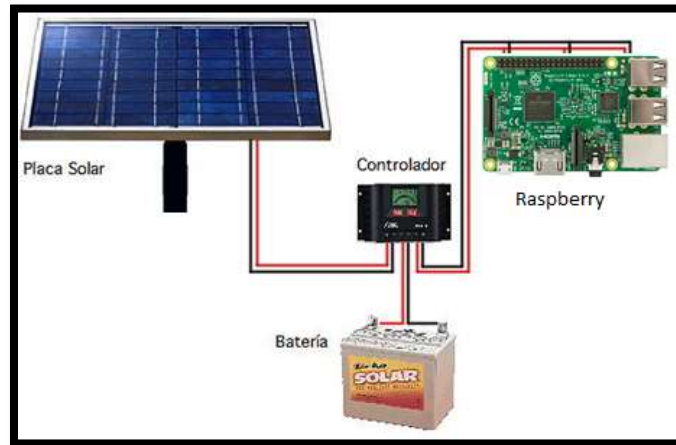
Suaza. B. y Castañeda. M (2017)

Para el proyecto se utilizó:

- 1 panel Solar 80 watts Policristalino para sistemas de 12v.
- 1 batería con Tecnología AGM / VRLA, 40 Ah.
- 1 controlador de Carga para Sistemas Solares, 10 A., 12 Vcd.
- 5 Mts. de Cable uso rudo.

Lo materiales disponibles por la universidad suplen de manera suficiente los requerimientos energéticos de la estación meteorológica.

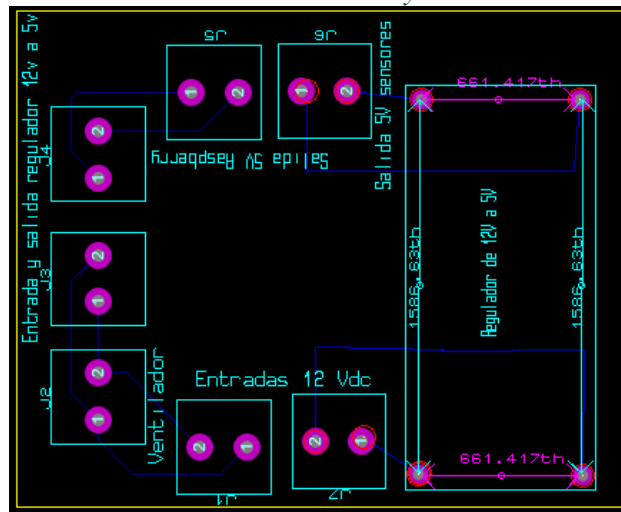
Ilustración 38 Dispositivos y conexión.



Suaza. B. y Castañeda. M (2017)

El controlado o regulador de voltaje, tendrá dos salidas de 12 Vdc, las cuales serán usadas para alimentar independientemente diferentes dispositivos, como el ventilador y dos reguladores con salidas de 5Vdc para la Raspberry y los sensores, para lo cual se implementa una placa de alimentación y distribución de energía.

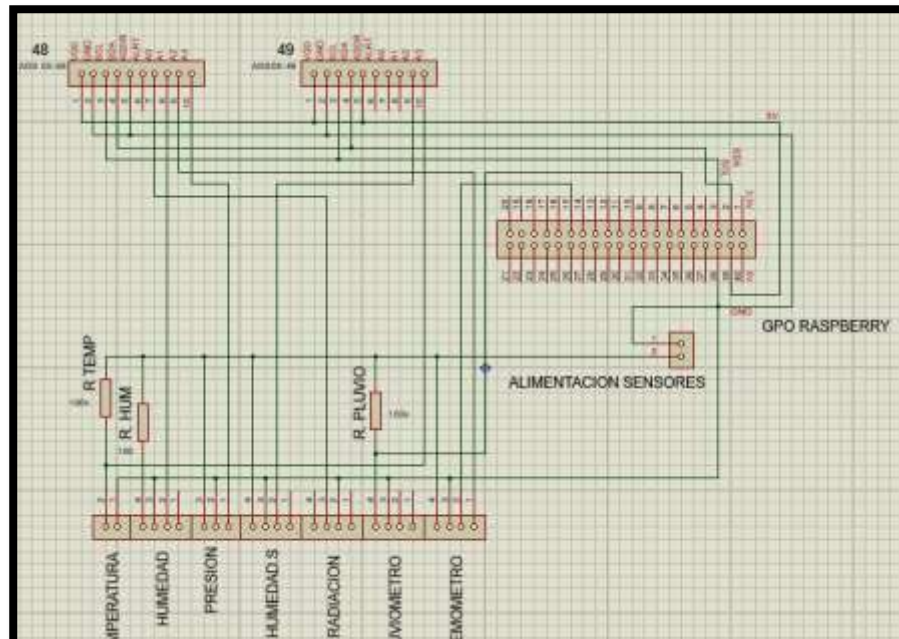
Ilustración 39 Placa de alimentación y distribución de energía.



Suaza. B. y Castañeda. M (2017) Recuperado de Proteus

Se continuará adecuando las señales de todos los sensores que se van a conectar a la estación meteorológica, en esta parte tendremos en cuenta los sensores analógicos y los sensores digitales. Los sensores digitales los podremos conectar directamente a la Raspberry Pi, siempre teniendo en cuenta resistencias de Pull-up y respetando los puertos. Dependiendo de las señales que produzcan los sensores analógicos también los podremos conectar directamente, aunque en la mayoría de casos deberemos utilizar un convertor analógico digital.

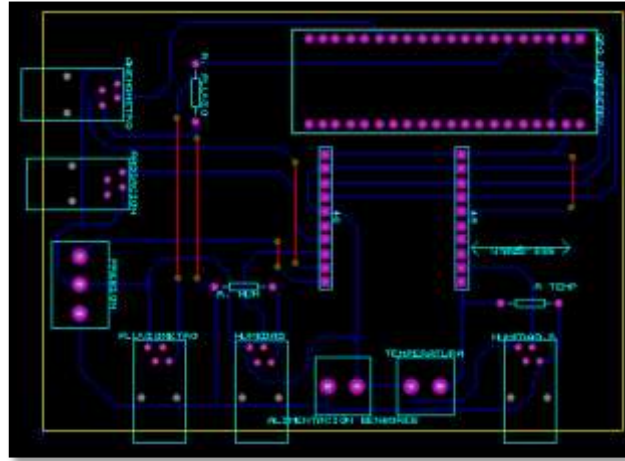
Ilustración 40 Simulación del circuito implementado.



Suaza. B. y Castañeda. M (2017) Recuperado de Proteus

Para finalizar, se muestra como ha quedado el diseño electrónico final con todos los componentes, así como se ha realizado la construcción de la placa, la cual se ha construido mediante la utilización de una placa de prototipos.

Ilustración 41 Diseño final y placa de componentes.



Suaza. B. y Castañeda. M (2017) Recuperado de Proteus.

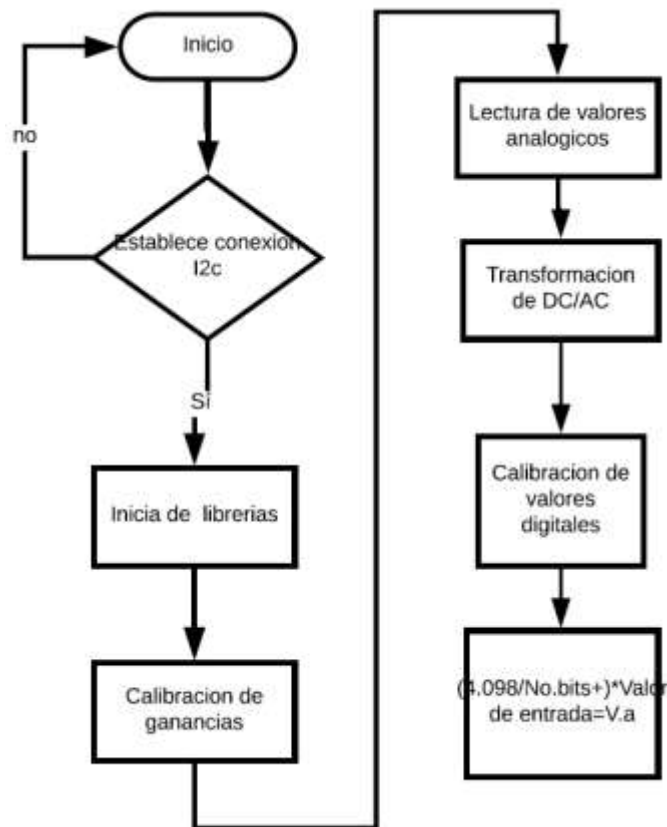
5. DISEÑO DEL SOFTWARE PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS

Una vez ya se ha realizado el diseño y construcción del hardware, es el momento de hacer funcionar el sistema, por lo que es necesario dotar al sistema de cierta inteligencia. Se pasa a crear todo lo referente al software que se necesita para la lectura de las mediciones de cada uno de los sensores.

Resaltar, que todo el código que se va utilizar se realiza en Python, esto es debido a que es un código muy simple de utilizar, de propósito general lo que nos facilita encontrar mucha información, se trata de un código multiplataforma y el cual en la actualidad está muy de moda.

5.1 SOFTWARE ADQUISICIÓN DATOS DEL CONVERTIDOR ADS1115

Como primera medida hay que definir las configuraciones con las que se están trabajando los ADS1115 las cuales son 0x48 y 0x49, como también la ganancia que se usara para las señales de los sensores.



En un ciclo While se definen las entradas de cada uno de los conversores con su respectivo sensor y la ganancia que será aplicada a cada señal para una mejor recepción o adquisición de los datos.

Teniendo la adquisición de datos ya se puede trabajar con cada señal, aplicando sus debidas conversiones para obtener el valor final, el cual será visto en el sitio Web.

Hay que tener en cuenta que, para obtener el voltaje de entrada de cada señal, se realiza la debida transformación, con respecto a las características del conversor análogo digital, el cual funciona a 16 bits, pero un bit se toma para el signo por tanto se tiene $2^{15} = 32768$ y la ganancia de 1 la cual tiene un voltaje de operación de 4.098, finalmente se aplica la siguiente operación para obtener el voltaje de entrada:

$$\frac{4.098}{32768} = 0.000125 \times Value = Voltaje de Entrada$$

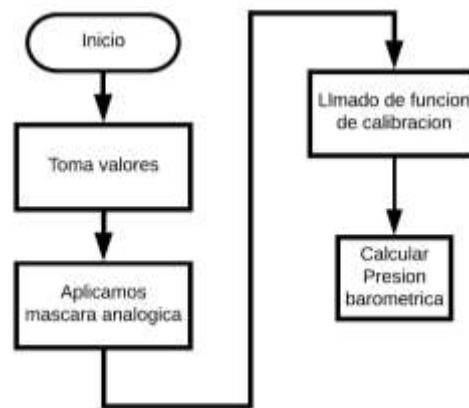
El *Value* es la señal tomada de cada sensor, pero esta es tomada por el conversor en bits por eso se debe aplicar la anterior formula.

5.2 SOFTWARE ADQUISICIÓN DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA

$$\text{Calibration Factor (0.0218 kPa per mV) * Sensor Output Signal (mV) + Offset (kPa) = Barometric Pressure (kPa)}$$

0.0218	*	4125	+	11.4	=	101.325
--------	---	------	---	------	---	---------

De acuerdo a la calibración de este sensor debemos de tener nuestro voltaje de entrada en milivoltios, por tanto, se hace una multiplicación sencilla por mil.



Para los factores de calibración, se trabaja con las unidades de hectopascal (hPa), donde se tiene un Slope = 0.218 y un Offset = 114

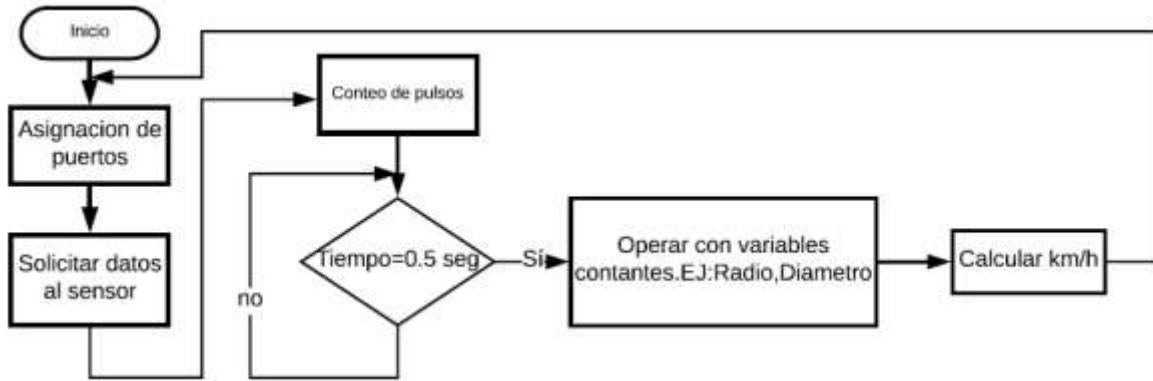
Tabla 7 Factor de calibración según las unidades.

Units	Calibration Factor (Slope)	Offset (Intercept)
kilopascals [kPa]	0.0218	11.4
hectopascals [hPa]	0.218	114
millibars [mb]	0.218	114
pounds per square inch [psi]	0.00316	1.65
millimeters of mercury [mm Hg]	0.164	85.5
inches of mercury [in Hg]	0.00643	3.36

APOGEE INSTRUMENTS, INC. Recuperado de manual-sb-100-sensoant.pdf

5.3 SOFTWARE ADQUISICIÓN DATOS ANEMÓMETRO

En el caso del anemómetro el cual va conectado directamente a una de las entradas de la Raspberry, es necesario identificar en el código que pin será usado, en este caso se usó el pin 5 de nuestra placa, de igual forma configurar la entrada con una detección de flanco de bajada, ya que este sensor trabaja como Switch magnético.



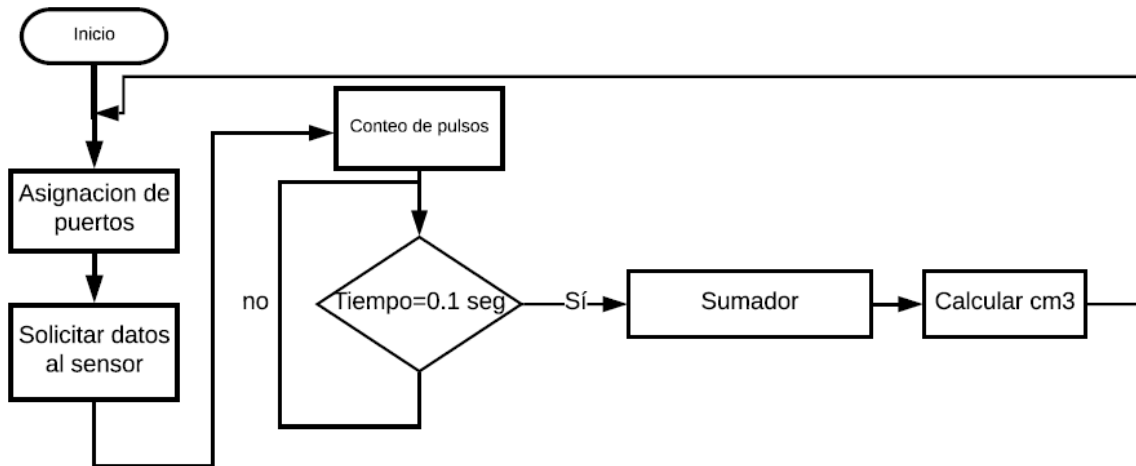
Se implementa un contador para determinar la cantidad de giros y con estos poder determinar la velocidad del viento en determinados intervalos de tiempo.

Para poder hallar la velocidad es de vital importancia conocer el radio del anemómetro (7 cm), para determinar el área en el que está girando y conociendo el número de vueltas se hallara una distancia, en nuestro caso Kilómetros, posteriormente determinar la cantidad de segundos en una hora para finalmente poder determinar la velocidad en Kilómetros por Hora Kph.

Se escoge un intervalo determinado para que nuestro código nos genere la velocidad del viento en esos lapsos de tiempo.

5.4 SOFTWARE ADQUISICIÓN DATOS PLUVIÓMETRO

Al igual que el anemómetro, pero de modo más sencillo, el pluviómetro está conectado directamente a la Raspberry, en este caso el sensor ira directamente al pin 17 y también está configurado con un flanco de bajada.

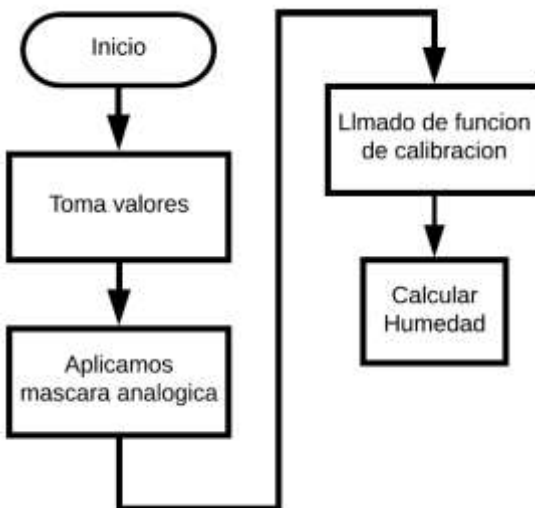


Su funcionamiento y función es mucho más sencilla y corta ya que en cada detección de un flanco hará un conteo, el cual será una cantidad de agua determinada, cuyas unidades están dadas en mm^3 , donde se obtendrá una sumatoria total en un intervalo de tiempo.

5.5 SOFTWARE DE ADQUISICIÓN DE DATOS HUMEDAD

Para este sensor es importante tener en cuenta la gráfica de funcionamiento y la pendiente que esta posee, como también el Datasheet nos presenta un offset o valor de compensación, para la debida calibración y obtención de la Humedad del Ambiente.

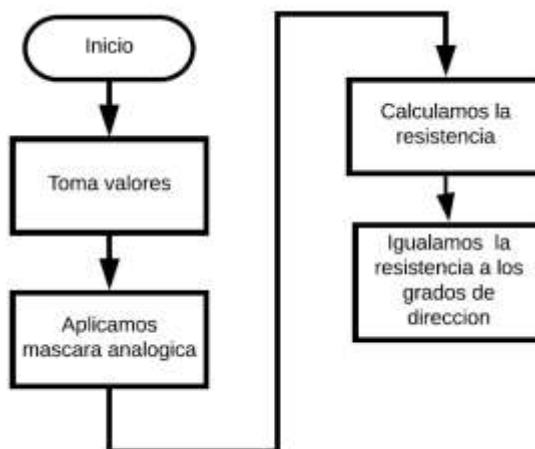
La ecuación de calibración está dada por la siguiente función:



Como ya antes se había mencionado hay que hacer primero la debida conversión de bits para obtener nuestra entrada en voltios y trabajar de igual forma con esta.

5.6 SOFTWARE DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE LA VELETA

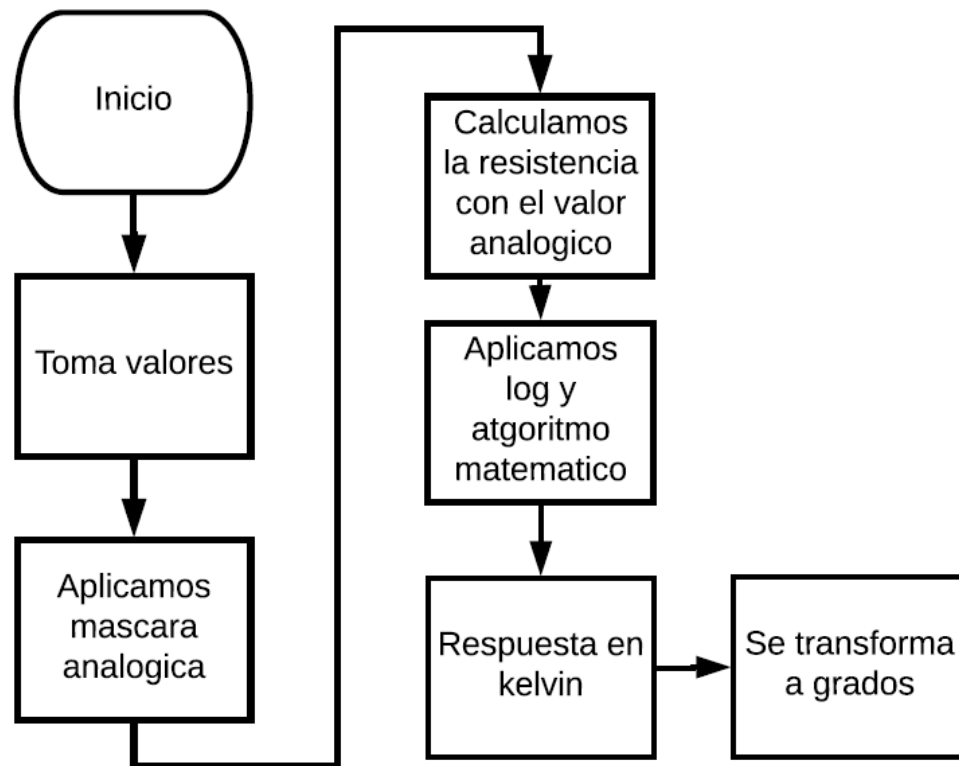
Para determinar los grados que marca la veleta hay que tener en cuenta que una vuelta son 360° y que el sistema es simplemente un potenciómetro, el cual esta alimentado a 5V por tanto cada grado será representado por una cantidad de voltios, $\frac{5V}{360^\circ} = 0.01388v/^\circ$, por lo tanto, al dividir el voltaje de entrada con este valor se obtiene los grados que marca.



Adicionalmente se agrega unas condiciones para determinar la dirección según los grados registrados, manejando distintos rangos entre grados para determinar las direcciones Norte, Sur, Este, Oeste, Noroeste, Suroeste, Noreste y Sureste.

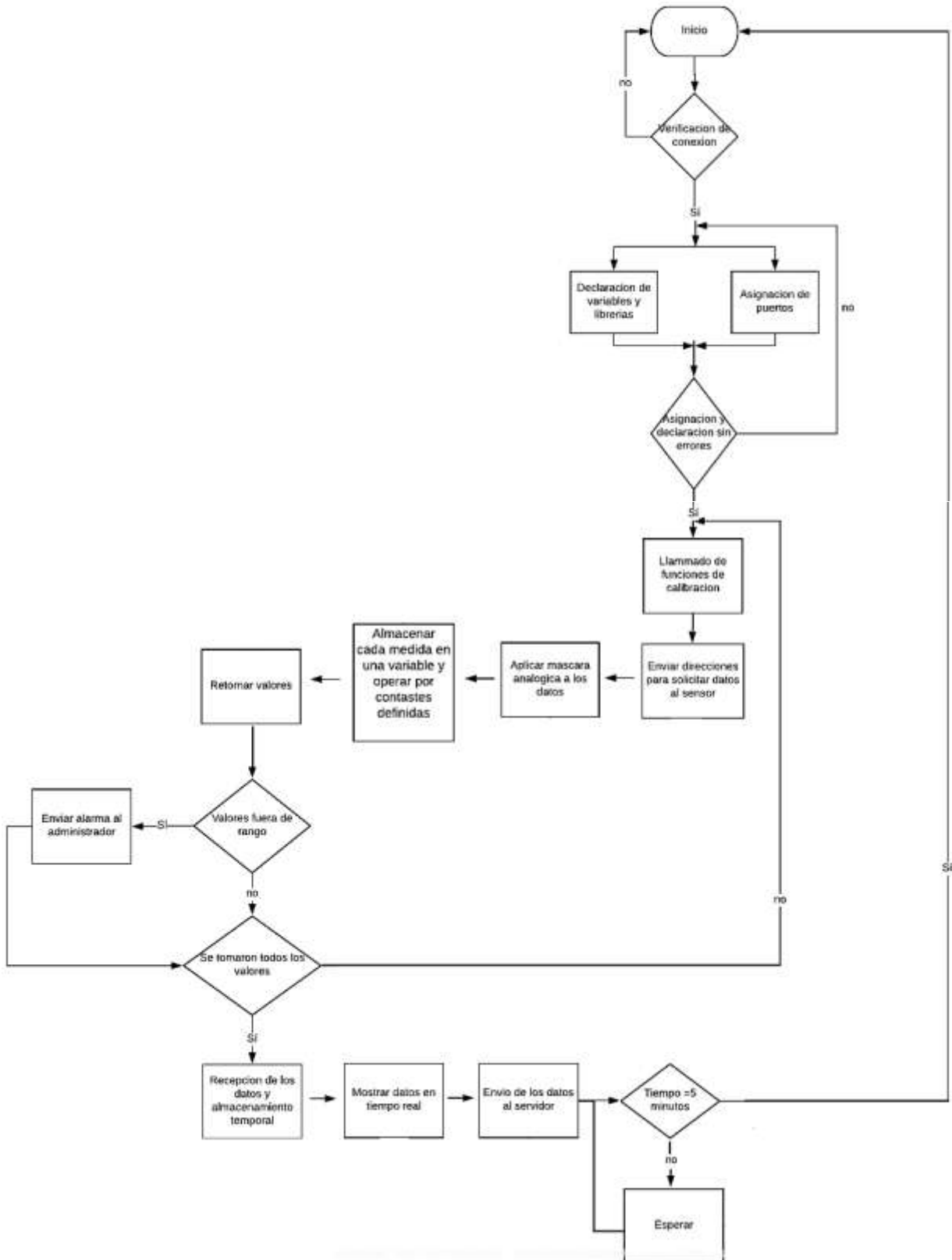
5.9 SOFTWARE DE ADQUISICIÓN DE DATOS TEMPERATURA

ADQUISICIÓN DE DATOS TEMPERATURA

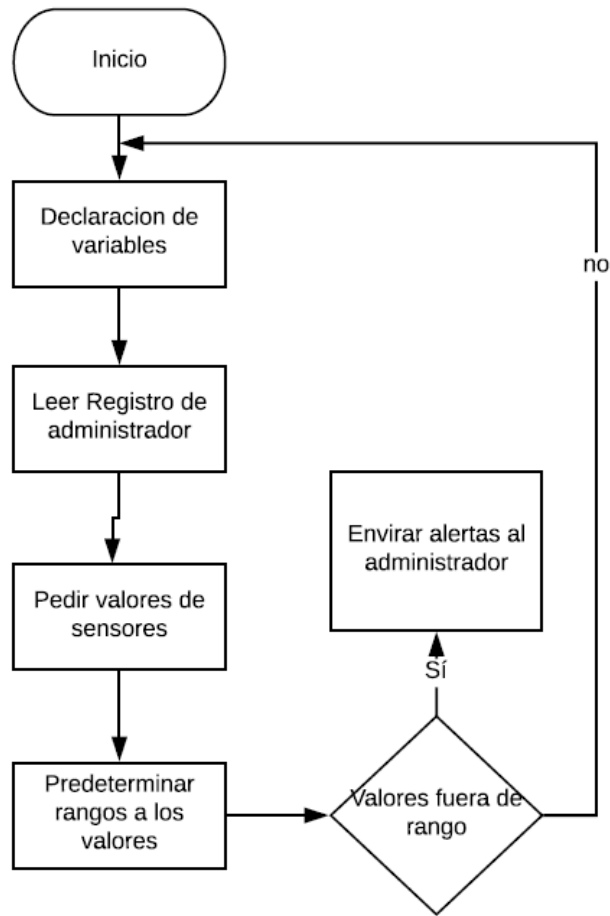


5.10 SOFTWARE DE ADQUISICIÓN DE DATOS GLOBAL

Diagrama de flujo de los procesos del microcontrolador



5.11 SOFTWARE DE ALERTAS



El sistema de alertas es realizado por medio de Gmail, donde usando un correo creado en esta plataforma podemos informar a cualquier persona deseada por medio de su dirección de correo, cualquier anomalía presentada en el sistema de la estación o algún cambio brusco en las variables climáticas.

Se ha usado esta aplicación para las variables más relevantes como lo son, temperatura, velocidad del viento y precipitación, siendo manejadas por una condición if, comparando la medición actualizada y el set point que se ha establecido. Estará al tanto de estas la encargada de la granja, quien tomará medidas con respecto a las alteraciones que puedan darse.

Las alertas fueron puestas con relación a tablas y niveles de peligrosidad quedando de la siguiente forma: para vientos mayores a 30 kph, temperaturas superiores a los 38°C y eventos de lluvia que lleguen a un valor de 30 Cm³.

6. SERVIDOR WEB Y BASE DE DATOS

6.1 CREACIÓN DE LA BASE DE DATOS

Ilustración 42 Creación base de datos



. Recuperado de <https://firebase.google.com>

Para la creación de la base de datos es necesario tener una cuenta de correo Gmail, la cual otorga el privilegio de usar esta base de datos exclusiva, se creó el correo **estacionusco@gmail.com** que también proporciona las alertas del sistema, para ingresar a la base de datos se usa la misma contraseña **surcolombiana17**.

Ilustración 43 Base de datos y variables en Firebase.



Recuperado de <https://firebase.google.com/>

Se debe iniciar un nuevo proyecto, en este caso estación-usco, luego de este paso se crea cada una de las variables que se van a registrar y que obviamente la base de datos almacenará, tal y como se muestra en la Figura 51. Adicionalmente de las variables normales se agregó una extra para poder determinar la hora y la fecha de la lectura.

6.2 CONEXIÓN ESTACIÓN METEOROLÓGICA CON BASE DE DATOS

Para hacer la conexión de la base de datos con la Raspberry Pi, se agregaron unas líneas de código donde se inicializa el envío de datos y las dos llaves, tanto privada como pública para poder mostrar los datos que registra el módulo.

```
config = { "apiKey": "AIzaSyDG7L5gPluHSzZyPeXIDNzrWI-h3l-J7Dk",  
  "authDomain": "estacion-usco.firebaseio.com",  
  "databaseURL": "https://estacion-usco.firebaseio.com",  
  "storageBucket": "estacion-usco.appspot.com"  
}
```

6.3 DISEÑO DE LA PÁGINA WEB

Ilustración 44 Página principal aplicación Web.



Recuperado de <http://estacionusco.xyz/>

El sitio Web es ameno y de fácil uso para cualquier usuario, donde en la página principal tendrá variada información sobre el tema tratado, donde encontrará una breve descripción del impacto climático, el artículo Huila 2050, el redireccionamiento al portal de la universidad Surcolombiana, unos breves artículos del impacto ambiental y cómo podemos aportar, como también las ventajas de energías alternativas para un mejor futuro y finalmente el mapa de cómo llegar a la granja experimental de la universidad Surcolombiana.

Ilustración 45 Graficas de medición e información.



Recuperado de <http://estacionusco.xyz/>

Cada subíndice contiene la gráfica respectiva y los datos registrados por la estación, se usaron unas graficas dinámicas y de fácil comprensión, como también de diferentes tipos de gráficas. Se usaron graficas de barras, lineales, con sombra, mixtas y gráficos de llenado como se aprecia en la figura 53.

Ilustración 46 Estadísticas y exportar datos.

The screenshot shows the 'Estadísticas' section of the dashboard. It features a table with the following columns: #, Fecha, D Viento, O Viento, V Viento, H Viento, Humedad, Presión, Radiación, and Temperatura. The table contains four rows of data.

#	Fecha	D Viento	O Viento	V Viento	H Viento	Humedad	Presión	Radiación	Temperatura
1	12/02/2017 09:10	10	11.0	0.27534464113826	80	103	444	42	21
2	12/02/2017 09:15	10	11.0	0.647308669327767	80	103	474	36	21
3	12/02/2017 09:20	10	11.0	1.121808234227958	80	103	450	18	21
4	12/02/2017 09:25	10	11.0	1.389437940796217	80	103	441	17	21

Recuperado de <http://estacionusco.xyz/>

En el subíndice de estadísticas se puede observar una tabla con todos los datos de cada uno de los sensores donde se verán hasta mil muestras tomadas en intervalos de 5 minutos, también se tiene la opción de descargar estos datos para tener un registro diario y posteriormente poder hacer algún tipo de análisis con ellos. Los datos descargados están en formato de Excel para facilitar su uso.

7. ESTACIÓN METEOROLÓGICA TERMINADA.

Una vez ha sido diseñada y construida las diferentes partes de la estación meteorológica, es el momento de realizar el ensamblaje de todas las partes que la componen. Se inicia el ensamblaje por poner cada sensor en su respectiva ubicación.

Una vez situado cada sensor, será el momento de ensamblar la pantalla de Stevenson con el fin de introducir el sensor de temperatura y humedad.

Se describe como se han fijado la parte esencial del proyecto como es la circuitería de toda la estación meteorológica, lugar donde se conectan todos los sensores de la estación meteorológica y el sistema de alimentación.

7.1 ESTRUCTURA

Ilustración 47 Montaje de sensores.



Castañeda. M. y Suaza. B. (2017).

Principalmente se organizaron todos los sensores en la estructura, ubicados adecuadamente para un buen funcionamiento, en cada punta de estos se le cambiaron las salidas para no usar borneras, sino hacer uso de RJ 11, el mismo que es usado para las conexiones telefónicas, con el principal objetivo de facilitar la conexión.

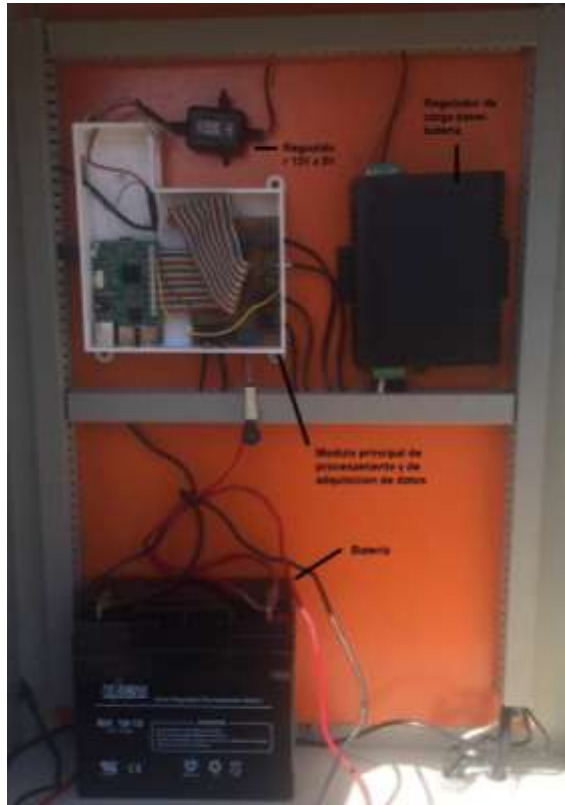
Posteriormente se instala toda la circuitería en cajón de protección, donde está la batería el módulo central y los reguladores de voltaje tanto para la batería como para el

circuito. Se usó canaleta para evitar que se viera el exceso de canaleta y tuviese una mejor presentación.

Adicionalmente se instaló un pequeño techo a la estructura evitando que el sol diera de frente a la caja, ya que esta es de metal lo que hace que la temperatura en su interior aumente lo cual se hace para evitar problemas de calentamiento.

Los cables de larga, mediana o corta distancia se enviaron bajo tierra con tubo respectivo para evitar cualquier fallo, como el cable de Ethernet y del pluviómetro

Ilustración 48 Circuitería Interna.



Castañeda. M. y Suaza. B. (2017).

8. CONCLUSIONES

- Se logró restaurar el funcionamiento de la estación meteorológica ubicada en la Granja Experimental de la Universidad Surcolombiana, con un nuevo módulo principal, reduciendo el tamaño, aumentando el nivel de procesamiento y minimizando el costo de sostenimiento.
- El modo de funcionamiento del sistema es totalmente abierto y puede ser modificado o mejorado si así se desea ya que está destinado a ser escalable.
- Se dejan las bases para una estación meteorológica móvil, reduciendo el tamaño de su módulo de procesamiento, haciéndolo más compacto, abierto a la posibilidad de utilizar cualquier sensor o transductor que se desee y así mismo poder usar la estación meteorológica para un uso específico o general.
- La interfaz web resulta funcional, dispone de un sencillo menú para poder navegar por el servidor y poder obtener toda la información deseada con la posibilidad de exportarla a cualquier equipo como computador o celular.
- El usuario puede configurar fácilmente el sistema de alertas, así como, el periodo en el que desea que la estación realice las medidas, para que se pueda disponer de la estación según las necesidades.

9. BIBLIOGRAFÍA

- DAVIS. (2002). From <https://www.davisnet.com/support/vantage-propro2-soil-moisture-sensor-temp-probe/>
- CONCEPTOS. (2015, JUNIO 27). From <http://conceptodefinicion.de/temperatura/>
- (n.d.). In J. C. CASTILLO, *FUENTES DE ALIMENTACIÓN (ELECTRONICA)*. EDITEX.
- CONTRERAS, L. (2013). *RASPBERRY PI*. From <http://histinf.blogs.upv.es/2013/12/18/raspberry-pi/>
- DefinicionABC*. (n.d.). From <https://www.definicionabc.com/medio-ambiente/meteorologia.php>
- FORSYTHE, W. (1985). HUMEDAD DEL SUELO. In W. FORSYTHE, *FÍSICA DE SUELOS: MANUAL DE LABORATORIO*. IICA .
- FRANK, A. (2016). *ADAFRUIT*. From <https://learn.adafruit.com/raspberry-pi-analog-to-digital-converters/ads1015-slash-ads1115>
- GARCIA, V. (2012). *ELECTRONICA PRACTICA APLICADA*. From <https://www.diarioelectronicohoy.com/blog/introduccion-al-i2c-bus>
- GIANCOLI, D. C. (2006). FÍSICA PRINCIPIOS CON APLICACIONES. In D. C. GIANCOLI.
- LEDESMA, M. (2011). PRINCIPIOS DE METEOROLOGIA Y CL . In M. LEDESMA. ESPAÑA: COPYRIGHT.
- MOTT, R. L. (2006). MECÁNICA DE FLUIDOS . In R. L. MOTT, *MECÁNICA DE FLUIDOS* . MEXICO : PEARSON EDUCACION DE MEXICO.

10. ANEXOS

10.1 APLICACIÓN DE RADIO ENLACES PARA IMPLEMENTAR UNA RED WIFI EN LA GRANJA EXPERIMENTAL.

Debido a la ubicación y lejanía de la estación no era posible conectar de manera cotidiana una red Wifi, haciendo la conexión un poco complicada, pero gracias a las nuevas tecnologías hay diversos modos de solucionar este problema, como módulos sim, internet satelital, pero estas a pesar de ser eficaces tienen un costo. Teniendo en cuenta que la universidad posee una red, se tomó la decisión de adquirir un canal de comunicación desde

la antena de la Universidad hasta la antena de la granja, lo cual se hará con una herramienta llamada PowerBeam ac y LiteBeam M5 de Ubiquiti Networks.

Ilustración 49 PowerBeam 5AC-400.



Castañeda. M. y Suaza. B. (2017).

La tecnología InnerFeed de Ubiquiti integra la interfaz de radio dentro de la antena, por lo que no necesita cables. Lo que mejora el rendimiento, ya que elimina las pérdidas por cable. Proporciona un mayor rendimiento debido a un procesador más rápido y su innovador diseño mecánico de bajo costo, la PowerBeam ac es extremadamente versátil y rentable en su implementación.

Tabla 8 Características tecnología InnerFeed.

• AirMax ac Protocolo de Apoyo
• Punto a punto de largo alcance (PtP)
• Ancho de canal seleccionable
• PtP: 10/20/30/40/50/60/80 MHz
• PtMP: 10/20/30/40 MHz
• Selección automática de canales
• Selección automática de distancia
• Seguridad más fuerte de WPA2
• Cambios de configuración dinámica
• Validación de entrada instantánea
• Tecnología HTML5
• Estadísticas detalladas de dispositivos
• Conjunto completo de diagnóstico

Recuperado de <https://fututel.com>

La tecnología InnerFeed, es una antena de bocina pequeña utilizada para transmitir ondas de radio entre el transmisor y/o el receptor y el reflector parabólico. En las antenas de transmisión, se conecta al transmisor y convierte la corriente alterna de radiofrecuencia del transmisor a radio y los alimenta al resto de la antena, que los enfoca en una viga.

Tabla 9 Características antena 5AC.

Modelo	PBE-5AC-400
CPU	Atheros MIPS 74KC @ 560 MHz
Memoria RAM	64 MB DDR2
Memoria de Almacenamiento	16 MB
Ethernet	Un Puerto 10/100/1000 Mbit/s Ethernet
Frecuencia de Operación	5150 - 5875 MHz
Ganancia de la Antena	25 dBi
Potencia de Tx	25 dBm
Sensibilidad de Rx	-96 dBm
LEDs	LED de encendido. LED LAN. 4 LEDs WLAN
Energía	24V, 0.5A GigE PoE
Máximo Consumo de Potencia	8.5 W
Temperatura de operación	-40 °C a 70 °C
Sistema Operativo	aiROS 7

Recuperado de www2.deltron.com

LiteBeam M5 es de peso ligero y compacto. Este modelo fue diseñado para ser una solución asequible de bajo costo y de alto rendimiento para la banda ancha inalámbrica de larga distancia punto a punto, que opera a frecuencias de 5 GHz en banda libre con velocidades de alto rendimiento. La tecnología InnerFeed integra todo el sistema de radio en la alimentación de antena y nuestro revolucionario El protocolo TDMA de AirMax mejora rendimiento de red y escalabilidad. Comparado con otros sistemas en su clase.

Ilustración 50 Antena LiteBeam M5.



Castañeda. M. y Suaza. B. (2017).

Tabla 10 especificaciones antena LiteBeam M5.

LBE-M5-23 Specifications	
Physical / Electrical / Environmental	
Dimensions (No Mount)	362 x 267 x 184 mm (14.25 x 10.51 x 7.24")
Weight (No Mount)	750 g (24.11 oz)
Mounting Kit	Pole Mounting Kit (Included)
Max. Power Consumption	4W
Power Supply	24V, 0.2A PoE Adapter (Included)
Power Method	Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)
Operating Temperature	-40 to 70° C (-40 to 158° F)
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing
Shock and Vibration	ETSI300-019-1.4
ETSI Specification	EN 302 326 DN2
ESD/EMP Protection	± 24 KV Contact / Air

System Information	
Processor Specs	Atheros MIPS 74Kc, 533 MHz
Memory	64 MB
Networking Interface	(1) 10/100 Ethernet Port

Regulatory / Compliance Information	
Wireless Approvals	FCC, IC, CE
RoHS Compliance	Yes

Output Power: $\leq 25\text{ dBm}$							
TX Power Specifications				RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate	Sensitivity	Tolerance
802.11n/airMAX	MCS0	25 dBm	± 2 dB	802.11n/airMAX	MCS0	-97 dBm	± 2 dB
	MCS1	25 dBm	± 2 dB		MCS1	-96 dBm	± 2 dB
	MCS2	25 dBm	± 2 dB		MCS2	-93 dBm	± 2 dB
	MCS3	24 dBm	± 2 dB		MCS3	-91 dBm	± 2 dB
	MCS4	23 dBm	± 2 dB		MCS4	-87 dBm	± 2 dB
	MCS5	22 dBm	± 2 dB		MCS5	-84 dBm	± 2 dB
	MCS6	21 dBm	± 2 dB		MCS6	-78 dBm	± 2 dB
MCS7	19 dBm	± 2 dB	MCS7	-75 dBm	± 2 dB		

Recuperado de <https://www.tecnogaming.com>

Se instalaron 4 antenas UBIQUITI dos PowerBeam y dos LiteBeam las cuales estarán distribuidas de la siguiente manera:

Ilustración 51 PowerBeam ac torre USCO.



Castañeda. M. y Suaza. B. (2017).

En la torre de telecomunicaciones ubicada en el 4 piso de la sede central de la U. Surcolombiana, una antena PowerBeam ac se configuro en modo ap. (*access point*) ya que por ser tecnología ac son una nueva generación con menor latencia, mayor inmunidad al ruido análisis de espectro alcanza hasta 500 Mbps de transferencia , con una ancho del canal 80 MHz y se deja configurar en modo PtP y PtMP.

Ilustración 52 PowerBeam ac torre granja.



Castañeda. M. y Suaza. B. (2017).

En la granja experimental se instaló otra antena PowerBeam ac, se escogen están antenas para la transmisión a larga distancia debido a que son más potentes ya que contiene doble antena, en este caso se configura en modo estación ya que esta solo recibirá la señal.

Ilustración 53 LiteBeam M5 torre granja.



Castañeda. M. y Suaza. B. (2017).

Esta antena está ubicada en la misma torre de la granja en dirección al granero, cableada a la PowerBeam ac, configurada en modo ap. En este punto se toma la decisión de usar LiteBeam por que la distancia es más corta y son antenas más económicas, la tasa de datos es de 150Mbps el ancho del canal es 40Mhz con un sistema operativo AirMax iOS 5 se deja configurar en PtP y PtMP.

LiteBeam M5 granero de la granja Esta antena está ubicada mirando en línea recta a la torre configurada en modo estación para recibir la señal, de ahí abra un puerto Ethernet para la salida de la señal de internet.

PROBLEMAS DE INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN:

Uno de los primordiales problemas fue que, en la torre de la granja había una antena FM que emitía señal a todo el Huila. En teoría no debería afectar en nada, ya que son frecuencias separadas abismalmente, ya que la frecuencia FM están en el orden de los Mega Hertz y las de Wifi están en el orden de los Giga Hertz, no obstante si el transmisor de FM no está bien calibrado, producirá inevitables e indeseados armónicos, que son repeticiones de la transmisión en otras frecuencias tanto hacia arriba como hacia abajo de la frecuencia portadora original. Es decir si la radio transmite en 100.1 MHz, tendrá armónicos repitiéndose al doble y a la mitad de la señal original, multiplicando o dividiéndose hasta el infinito, pero en cada salto de frecuencia disminuyendo su fuerza. Al final algún armónico no deseado "resonara" en una frecuencia igual o cercana a los 2.4 o 5Ghz, muy débil, pero al estar demasiado cerca, generara suficiente ruido como para afectar los equipos Ubiquiti generando problemas en el enlace, acceso y generación de ping.

Otro problema ocurrió en la tasa de transferencia la cual disminuyó a 10Mbps, pero no es de gran importancia ya que para la información que se necesita transmitir es más que suficiente.

Para terminar al momento de instalar el PowerBeam no permitía acceso, y el LiteBeam bajaba la tasa de transferencia, entonces se tomó la decisión de modificar la instalación.

POSIBLES SOLUCIONES Y SOLUCIONES PUESTAS EN MARCHA:

Las soluciones que recomienda Ubiquiti para el ruido son que la torre contara con un buen polo a tierra.

Se dejaron los LiteBeam en la antena de la granja ya que no presentaban tantos problemas con la interferencia Fm, pero esto generó nuevos problemas.

Para la nueva configuración hay un problema y es que los radios son diferentes tecnologías y no se pueden comunicar tecnología AC con M fácilmente, ya que tienen una configuración específica y algunas condiciones:

- La compatibilidad **M <-> AC** sólo es posible si el equipo AC actúa como punto de acceso y el M como estación.
- Un equipo AC **NO PUEDE** ser cliente de un punto de acceso serie M.
- Hay que usar siempre la última versión del firmware **AirOS** disponible (actualmente 6B15 para la serie M y 8b19 para la serie AC).
- Las versiones 7 de **AirOS** **NO PERMITEN** interoperar con equipos serie M, esta rama de firmware es válida únicamente para entornos AC “puros”.
- Las dos estaciones se dejaron en **AIROS 6** versión beta, pero compatible entre las dos tecnologías por eso el LiteBeam está configurado en modo estación a pesar de que está transmitiendo y PowerBeam está en ap a pesar de que está recibiendo.

Al momento de probar el internet solo llegaba a la antena de la granja no al granero y eso se debe a la configuración del radio 3 y 4 por tanto, estos dos últimos se pusieron en modo wds, este modo de puente transparente hace que trabajen como si estuvieran conectados por cables haciendo su transmisión más segura y estable, bajando la tasa de transferencia, pero lo importante es que la salida de Ethernet del granero funcionaba perfectamente.

Cuando las antenas estén instaladas ellas poseen una entrada LAN, similar a un Router para entrar a su configuración, para esto se conecta el pc y se hace una configuración básica.

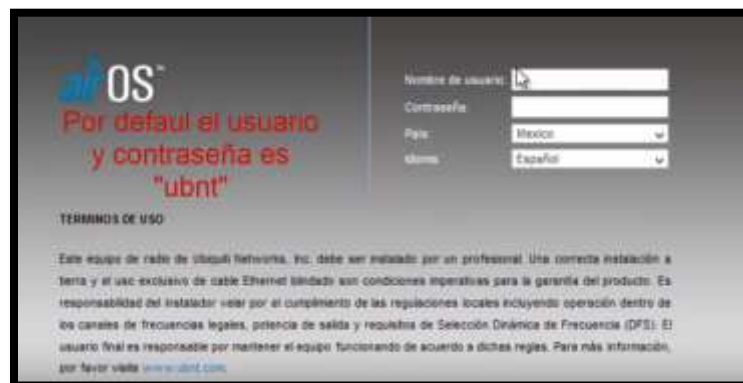
1. Ponemos la Ip fija para ingresar a la antena:



2. Se ingresa la Ip por default al navegador:



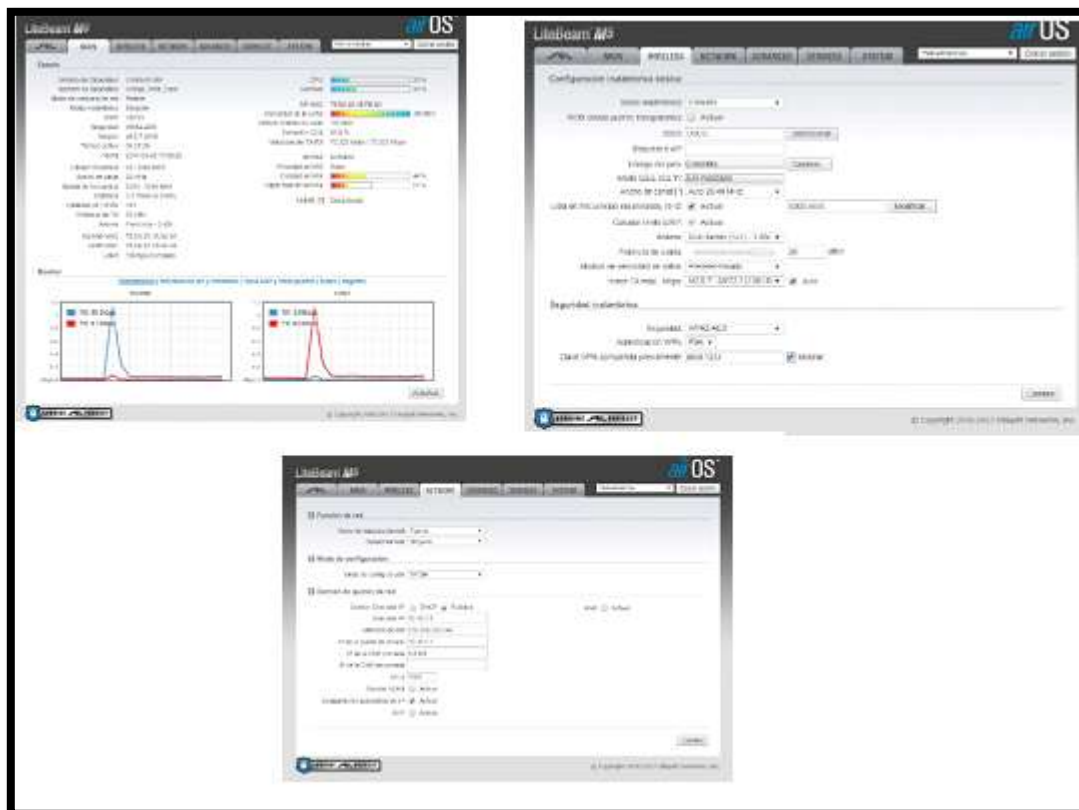
3. La contraseña y el id que por default son ubnt se pueden cambiar si se desea



5. Se entra a la interfaz donde se cambia la distancia de transmisión, potencia, si es ap o estación, ancho del canal, tasa de transmisión, Ip del canal y muchas cosas más, pero para nuestro proyecto solo configuramos distancia de transmisión, Ip y el SSID, estas configuraciones se le hacen a cada una de las antenas.



6. Configuración Torre Usco y Torre granja, todas las opciones de configuración:





Configuración Inalámbrica Básica

MODO INALÁMBRICO (7): ANTENA:
 SRD: CALCULAR LÍMITE DE PIRE: ON
 PAÍS: GANANCIA DE LA ANTENA:
 ANCHO DEL CANAL: POTENCIA DE SALIDA:
 CONTROL FREQUENCY LIST: ON AUTO ADJUST DISTANCE: ON
 CENTER FREQUENCY: DISTANCIA: m (0.0 km)
 CENTER FREQUENCY: MAX TX DATA RATE:

Seguridad Inalámbrica

SEGURIDAD: ACL DE MAC: OFF
 AUTENTICACIÓN WPA:
 CLAVE PRE COMPARTIDA WPA:

TDD Framing

DURACIÓN:

INALÁMBRICO | **RED** | SERVICIOS | SISTEMA

Rol de la red

MODO DE RED:

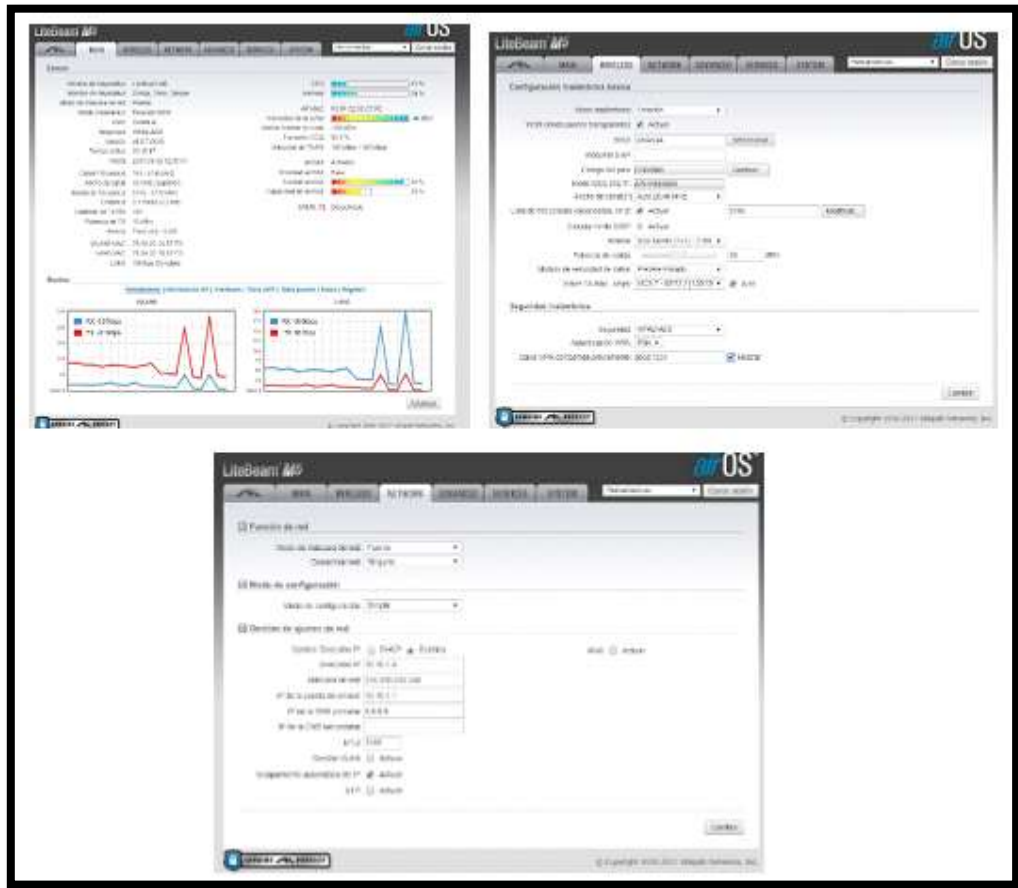
Modo de Configuración

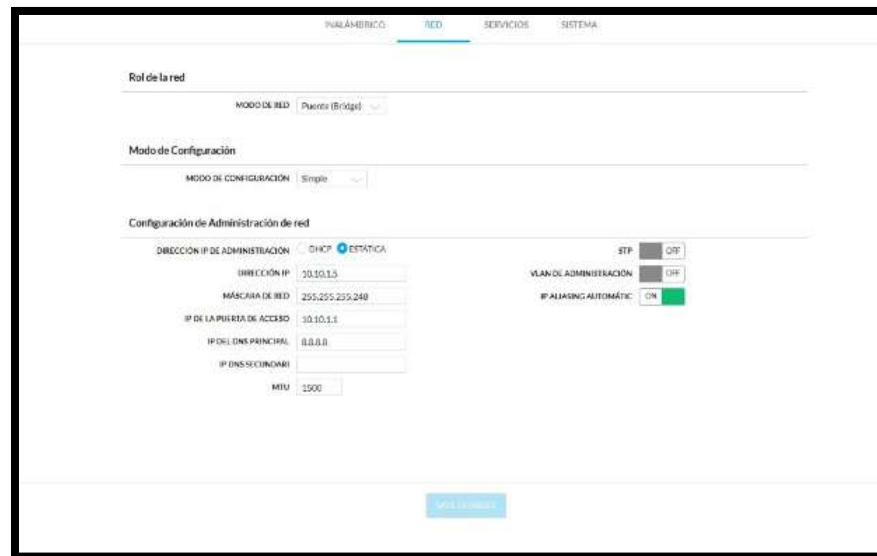
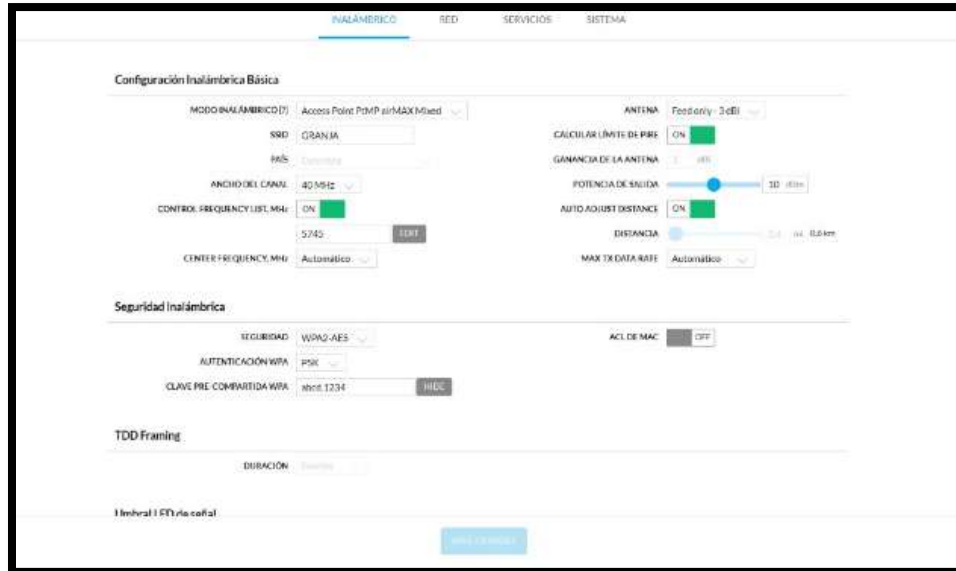
MODO DE CONFIGURACIÓN:

Configuración de Administración de red

DIRECCIÓN IP DE ADMINISTRACIÓN: DHCP ESTÁTICA STP: OFF
 DIRECCIÓN IP: VLAN DE ADMINISTRACIÓN: OFF
 MÁSCARA DE RED: IP ALIASING AUTOMÁTICO: ON
 IP DE LA PUERTA DE ACCESO:
 IP DEL DNS PRINCIPAL:
 IP DEL DNS SECUNDARIO:
 MTU:

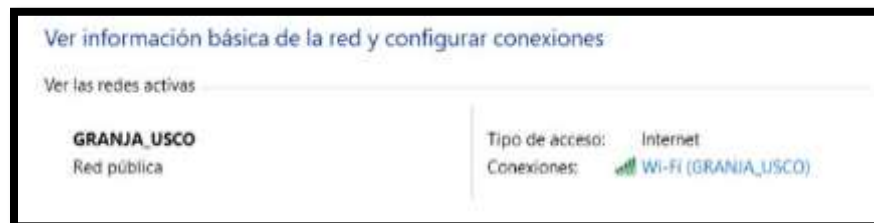
7. Configuración torre granja, granero:





PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO:

Ilustración 54 Conexión a internet.



Castañeda. M. y Suaza. B. (2017).

Ilustración 55 Navegación mediante la página Web YouTube.



Castañeda. M. y Suaza. B. (2017).

Ilustración 56 Test de velocidad y tasa de transmisión.



Castañeda. M. y Suaza. B. (2017).

Ilustración 57 ping y transmisión con alta latencia debido a el ruido, pero está en un rango permitido para el buen funcionamiento.

The image displays four terminal windows showing network activity. Each window contains a series of lines representing ping responses and data transmissions. The logs show a consistent pattern of high latency, with response times ranging from approximately 2ms to 15ms. The data being transmitted is 32 bytes per packet. The windows are titled with IP addresses: '10.10.1.2', '10.10.1.1', '10.10.1.4', and '10.10.1.5'. The overall appearance is that of a noisy network environment where communication is still functional despite the delay.

Castañeda. M. y Suaza. B. (2017).

Finalmente, junto con el libro y toda la documentación, se anexaran todos los Datasheet de cada uno de los sensores, como también las simulaciones respectivas y todo lo necesario para que quede a disposición total de la Granja Experimental de la Universidad Surcolombiana, con el objetivo de mejoras futuras y nuevos proyectos.