

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA
INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA
TRABAJO FIN DE GRADO

***RED INALÁMBRICA DE SENSORES POR
RADIOFRECUENCIA***

DOCUMENTO 1 - MEMORIA

Alumno/Alumna: Dieguez Martín Alexander

Director/Directora: Oleagordia Aguirre Iñigo Javier

Curso:2018-2019

Fecha: 15/ 07/ 2019

RESUMEN

Mediante este trabajo de fin de grado se pretende realizar una red inalámbrica de sensores simulando una estación meteorológica utilizando el sensor DHT11, el cual permite la recogida de datos tanto de la temperatura, como de la humedad. Para realizar la comunicación inalámbrica se han utilizado módulos de radiofrecuencia. Concretamente de 433mhz, lo cual permite una comunicación sencilla entre el emisor y el receptor a una distancia considerable, teniendo en cuenta la modificación de la antena.

Gracias a las energías renovables, y pensando en un sistema que se autoabastece, es capaz de funcionar de manera independiente y autónoma. Se ha implementado una alimentación basada en placas solares. Añadiendo a ello un sistema inalámbrico, facilita las cosas a la hora de poder colocar el nodo en cualquier lugar donde la luz solar sea predominante. La manipulación de la energía recogida va a ser transformada y adecuada para poder alimentar el sistema mediante un circuito BOOST elevador de tensión DC-DC.

La adquisición y recogida de datos se va a basar en Arduino. Mediante la amplia gama de tarjetas es posible escoger aquellas que más se ajustan a las necesidades del sistema.

La finalidad de este proyecto es poder actuar sobre el nodo de forma directa y lo más rápido posible en caso de ser necesario. Para ello todos los datos recogidos de temperatura y humedad son descargados en una hoja de cálculo o bien subidos a un servidor para poder acceder desde cualquier terminal.

Palabras clave: Panel, Arduino, red, monitorización, radio, Labview, generador, datos, frecuencia

ABSTRACT

Through this final grade project it is intended to perform a wireless network by some sensors simulating a weather station. It has been used a DHT11 sensor for do this. DHT11 allows to collection temperature and humidity data. To make the wireless communication have been used radio frequency modules, specifically of 433mhz. These modules allow easy communication between sender and receiver. These modules does not reach great distances because are prepared for simple jobs. If the antenna is modified, it will have more reach.

For reasons of demand for renewable energies and thinking about self-feeding system. This project can work independently and autonomous. Has been implemented a solar panel for power the circuit. This characteristics make possible to place the nodes anywhere as long as the antenna allow it. The energy we can collect it is transformed in order to power the system. To make this possible we use DC-DC boost circuit.

We make the data collection with Arduino cards, specifically NANO cards, because it is the best option for the needs of the system.

The purpose of this project is to be able to act directly and faster on the node. To enable this, all the data collection from temperature and humidity are download on a spreadsheet or uploaded to the server cloud.

keywords: Panel, Arduino, network, spreadsheet, radio, Labview, data, collection, frequency

LABURPENA

Gratu amaierako lan honen helburua sare sentzore inalanbrikoa egitea da. Hori egiteko DHT11 sentzorea aukeratu da eta horrekin egin ahal izango da eguraldi simulazioa. Honekin tenperatura eta hezetasunari buruzko informazioa jasotzen da, geroago monitoreetara bidaltzeko. Komunikazio inalanbrikoa egin ahal izateko, irrti frekuentzia moduluak erabili dira, zehazki 433mhz. Honek komunikazio erreza ahalbidetzen du hartzaile eta bidaltzailearen artean. Moduluaren antenarekin distantzia normala izan daiteke, nahikoa gure sistemaren komunikazioa mantentzeko, baina badaezpada posiblea da ipintzea antena berezi bat distantzia gehiago izateko.

Energia berriztagarriari esker eta sistemaren hornikuntza propioari esker gai da modu autonomo eta independente batean funtzionatzeko. Hori gaintzeko energia hartu behar du nonahi. Horretarako inplementatu da eguzki plaka bat, honekin sistema edonon ipintzeko errazago izango da. Eguzkitik hartutako izpiak transformatu behar dira. Energia hori aldatzeko, zirkuito BOOST erabiltzen da, kasu honetan energia handitu beharko da.

Datuak jasotzeko Arduino plakak erabiliko dira. Nola plaka asko dauden aukeratzeko, hartu dira sistemaren arabera hobeto moldatzen direnak.

Gratu Amaierako lan honen bidez posiblea da ahalik eta azkarren komunikatzea nodoen artean, datuak jaso eta taula batean gorde. Nodoekin jasotako datu guztiak zerbitzari batera bidali ahal izango dira. Horrela langile guztiak kontsultatu ahal izango dute interneten bidez.

Hitz klabeak: Monitorea, Arduino, sarea, radio, frekuentzia, Labview, informazioa

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	8
2. OBJETIVOS.....	9
3. BENEFICIOS DEL TRABAJO.....	9
4. DESCRIPCIÓN DE REQUERIMIENTOS.....	10
5. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS.....	10
6. DESCRIPCIÓN GENERAL.....	10
6.1 DIAGRAMA DE BLOQUES GENERAL.....	10
6.2 MICROCONTROLADOR.....	14
6.3 MONITORIZACIÓN.....	14
6.4 MÓDULO DE COMUNICACIÓN LCD	15
6.5 SENSOR DHT11.....	16
6.6 CONSUMO.....	17
6.7 CONVERTIDOR DC-DC BOOST.....	19
6.8 BATERIA.....	20
6.9 PANEL SOLAR.....	20
6.9.1 CÉLULA FOTOVOLTAICA.....	21
6.9.2 RENDIMIENTO.....	22
6.9.3 TIPOS DE CÉLULAS.....	22
6.9.4 PARÁMETROS.....	23
6.9.5 GENERADOR FOTOVOLTAICO.....	24
6.10 MÓDULOS DE RADIOFRECUENCIA.....	25
6.11 MÓDULO DE COMUNICACIÓN WIFI.....	26
6.11.1 PLACA NODEMCU.....	27
7. HERRAMIENTAS SOFTWARE.....	28
7.1 SERVIDOR LAMP.....	29
7.2 LABVIEW.....	30

7.2.1 PANEL FRONTAL.....	30
7.2.2 PANEL DE PROGRAMACIÓN.....	32
7.3 APLICACIÓN MÓVIL.....	33
7.4 IDE ARDUINO.....	34
8. POSIBLES MEJORAS.....	35
9. CONCLUSIONES.....	35
10. BIBLIOGRAFIA.....	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Estructura de una red inalámbrica de sensores.....	8
Figura 6.1 Diagrama de bloques emisor y receptor.....	11
Figura 6.2 Diagrama de bloques servidor LAMP.....	12
Figura 6.3 Diagrama de bloques transformación de la energía solar.....	12
Figura 6.4 Diagrama de bloques terminal móvil.....	13
Figura 6.5 Sensor DHT11.....	16
Figura 6.6 Convertidor elevador DC-DC.....	19
Figura 6.7 Esquema funcionamiento del convertidor BOOST.....	19
Figura 6.8 Batería de Li-Ion.....	20
Figura 6.9 Estructura interna de la célula fotovoltaica.....	21
Figura 6.10 Tipos de material de la célula fotovoltaica.....	22
Figura 6.11 Curva de V-I y potencia de un panel solar.....	25
Figura 6.12 Módulos de radio frecuencia.....	26
Figura 6.13 Módulo ESP8266.....	27
Figura 6.14 Módulo NodeMCU ESP8266.....	27
Figura 6.15 Esquema de pines módulo NodeMCU ESP8266.....	28
Figura 7.1.1 Logo servidor LAMP.....	29
Figura 7.1.2 Valores de temperatura y humedad en el servidor.....	29
Figura 7.1.3 Configuración de los parámetros del sensor DHT11.....	30
Figura 7.2.1 Panel frontal programación en LabVIEW.....	31

Figura 7.2.2 Lecturas del buffer.....	31
Figura 7.2.3 Panel de programación en LabVIEW.....	32
Figura 7.2 Interface de Blynk con el sensor DHT11.....	33
Figura 7.3 Entorno de programación IDE Arduino.....	34

ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICAS

Tabla 6.1 Eficiencia de cada tipo de célula.....	23
Gráfica 6.1 Índice de descarga para batería de 6000mAh.....	18

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la evolución en los métodos de transmisión de información han sido notables. Con la llegada de la fibra óptica, se introdujo un cambio importante en la velocidad de transmisión de información, y construcción de redes. No con ello deja de tener una de las limitaciones más importantes, y es la infraestructura cableada que todo ello conlleva. Es por ello que con la entrada de las nuevas tecnologías en cuanto a transmisión inalámbrica, cada vez son más los que optan por quitar el máximo cableado posible, ya que en cuanto a organización y mantenimiento de los dispositivos es mucho más sencillo.

Actualmente la transmisión inalámbrica se ha convertido en un pilar importante a la hora de elaborar nuevos sistemas de transmisión, ya que se trata de una herramienta prometedora y que aporta muchos beneficios. Cabe recalcar que tiene algunas limitaciones frente al cableado, como puede ser el alcance de los dispositivos, pero que poco a poco se van introduciendo nuevos sistemas con mayor alcance. Eso conlleva que se tenga un amplio abanico de posibilidades, según el requerimiento del sistema.

Gracias a las tecnologías renovables, como son la energía solar fotovoltaica, la fusión entre ambas sale como resultado una red mucho más sólida y auto eficiente. Es posible crear nodos conectados en una red en la que son capaces de estar transmitiendo información durante todo el año, simplemente con las baterías recargables y el sistema de carga fotovoltaica.

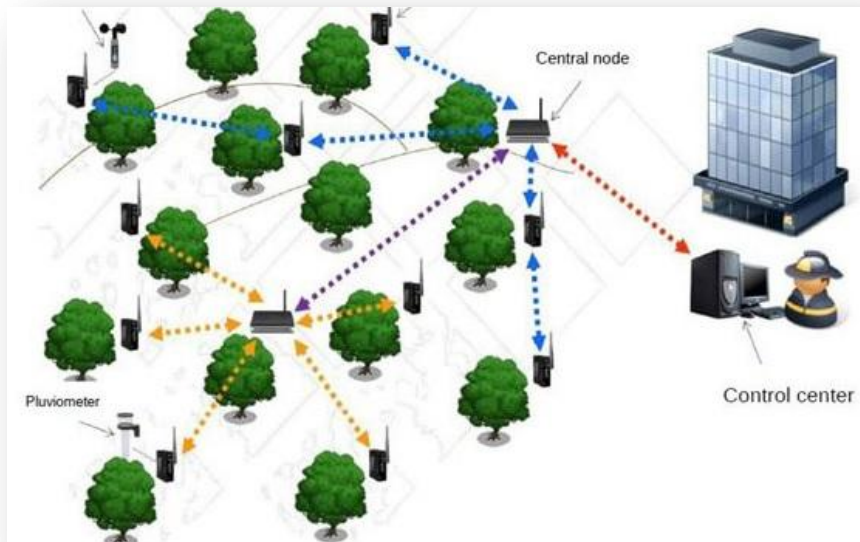


Figura 1.1 Estructura de una red inalámbrica de sensores

2. OBJETIVOS

- Elaborar una red de sensores inalámbrica mediante módulos de radiofrecuencia.
- Abastecer a dicho sistema de células fotovoltaicas para poder regular y dotar al sistema de independencia energética.
- Configurar un microprocesador (Arduino UNO), para el procesamiento y adquisición de información.
- Configurar un microprocesador (Arduino NANO), para la lectura de información del sensor DHT11.
- Crear un sistema SCADA mediante el programa LabVIEW.
- Crear y programar un servidor mediante Raspberry pi para poder visualizar en tiempo real la información transmitida por los sensores.
- Dotar al sistema de una aplicación móvil.
- Elaboración de una PCB para acoplar los diferentes sistemas electrónicos.
- Programar la red para sacar el máximo rendimiento a las baterías, implementando el modo "sleep" para poder ahorrar energía.
- Visualización de información en una LCD 20x4 mediante el protocolo I2C.
- Conseguir la mayor eficiencia en la transformación de energía solar.

3. BENEFICIOS DEL TRABAJO

Se ha querido implementar un sistema en el que las energías renovables jueguen un papel importante, ya que a medida que pasan los años van teniendo cada vez más protagonismo en la implementación de nuevos sistemas electrónicos. Esto es así por la importancia del bajo coste que generan las fuentes. Gracias al estudio e investigación de nuevos materiales con los que construir las células fotovoltaicas, se van consiguiendo mayores rendimientos y aprovechamiento de la energía, con el fin de poder acondicionar la energía solar de la manera más eficiente posible. A nivel particular, la implementación de la célula fotovoltaica en la red inalámbrica cumple uno de los papeles más importantes del sistema, ya que se encarga de mantener vivo el nodo. Todo ello con una fuente de energía renovable y autosuficiente. Es posible realizar una mejora en la configuración para poder aprovechar aún más el consumo de energía y con ello la durabilidad del sistema.

Por último y no menos importante la implementación de una red de sensores inalámbrica, lo que conlleva la eliminación de cableado y la posibilidad de colocar el nodo en cualquier parte. Siempre y cuando respete la distancia de transmisión de información.

4. DESCRIPCIÓN DE REQUERIMIENTOS

- Conseguir un sistema autosuficiente mediante células fotovoltaicas.
- Obtener mediciones acerca de la temperatura, humedad e índice de calor.
- Tener una base de datos.
- Flexibilidad en cuanto a la colocación de cualquier otro tipo de sensor.
- Incorporación de un seguimiento en tiempo real de las lecturas del sensor vía Labview y Raspberry pi.
- Funcionamiento de una célula fotovoltaica de 2.5W.
- Incorporar un acondicionamiento de la energía solar.
- Visualización de la carga de la batería.

5. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

En primer lugar, se ha querido dotar al sistema de alimentación de un acondicionamiento de señal lo más sencilla posible. Simplemente estaba compuesto por una placa solar fotovoltaica y una batería de Li Ion. Ya que este sistema era imposible de realizar, ya que carecía de sostenibilidad a largo plazo, se fueron implementando distintos componentes para poder así completar un sistema de acondicionamiento sostenible.

Es por ello que se implementaron un cargador de baterías Li Ion y un circuito convertidor DC-DC elevador BOOST. Una vez finalizado el sistema, ya se aseguraba una tensión de salida estable y fiable para abastecer a la red inalámbrica.

Como el circuito completo se alimenta mediante una tensión continua de 5V, se implementó un panel solar de 2.5W (5V/500mAh), para poder aprovechar al máximo la potencia que proporciona el sistema fotovoltaico. Como implementación adicional y sacar así una mayor eficiencia al sistema, se puede dotar de un regulador MPPT. Con el que se podría sacar más rendimiento al módulo fotovoltaico, y en un futuro incluso poder añadir paneles en serie con un voltaje superior.

6. DESCRIPCIÓN GENERAL

6.1 DIAGRAMA DE BLOQUES GENERAL

A continuación, se muestra un diagrama de bloques y flujo de información con el que se pretende mostrar de la manera más sencilla y visual posible la configuración del sistema. Es por ello que se va a dividir en varios diagramas.

En el primero se va a exponer la comunicación entre el emisor y el receptor.

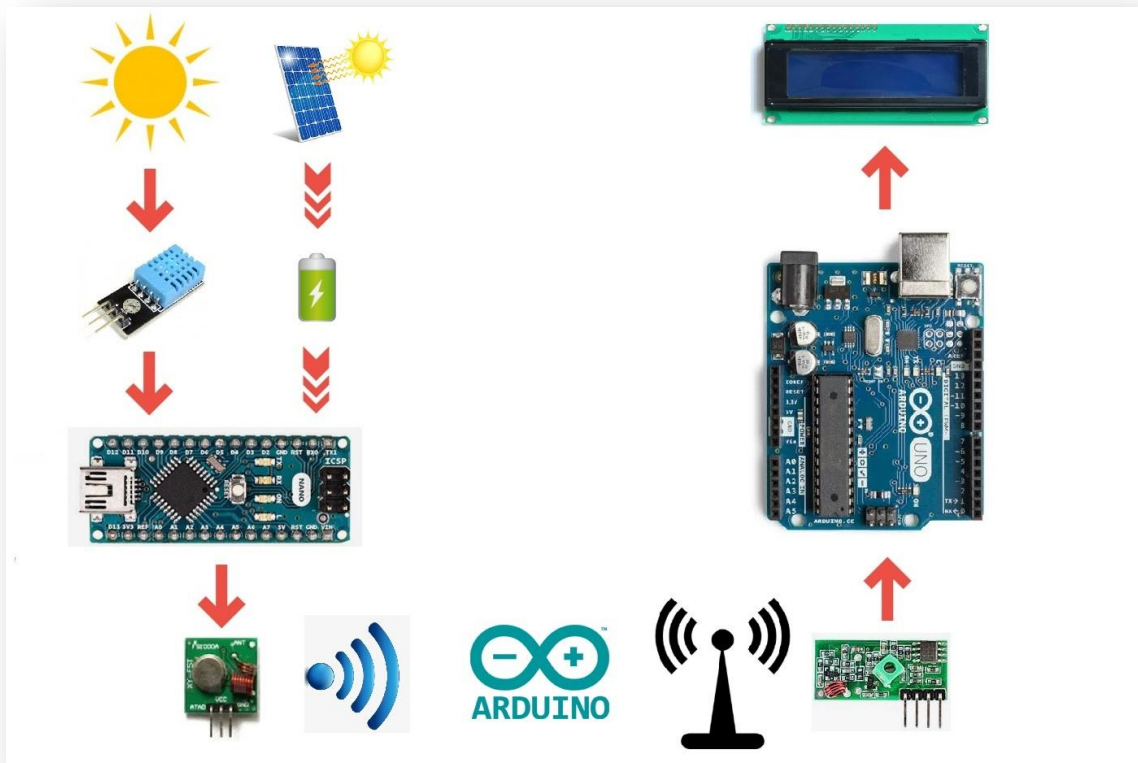


Figura 6.1 Diagrama de bloques emisor y receptor

Como se puede observar de izquierda a derecha el flujo del sistema parte de la energía recogida del sol, y acaba en la visualización de uno de los terminales disponibles, que en este caso es una LCD 20x4.

En el segundo diagrama se muestra la configuración del sensor DHT11, la tarjeta de Arduino NANO y el módulo ESP8266. Mediante este módulo Wi-fi es posible la comunicación con el servidor LAMP, creado mediante una tarjeta Raspberry pi previamente configurada para ello. Este servidor además de recoger la información cada cierto periodo de tiempo, también es capaz de crear una base de datos indicando los periodos de tiempo que se necesitan para la investigación de los datos.

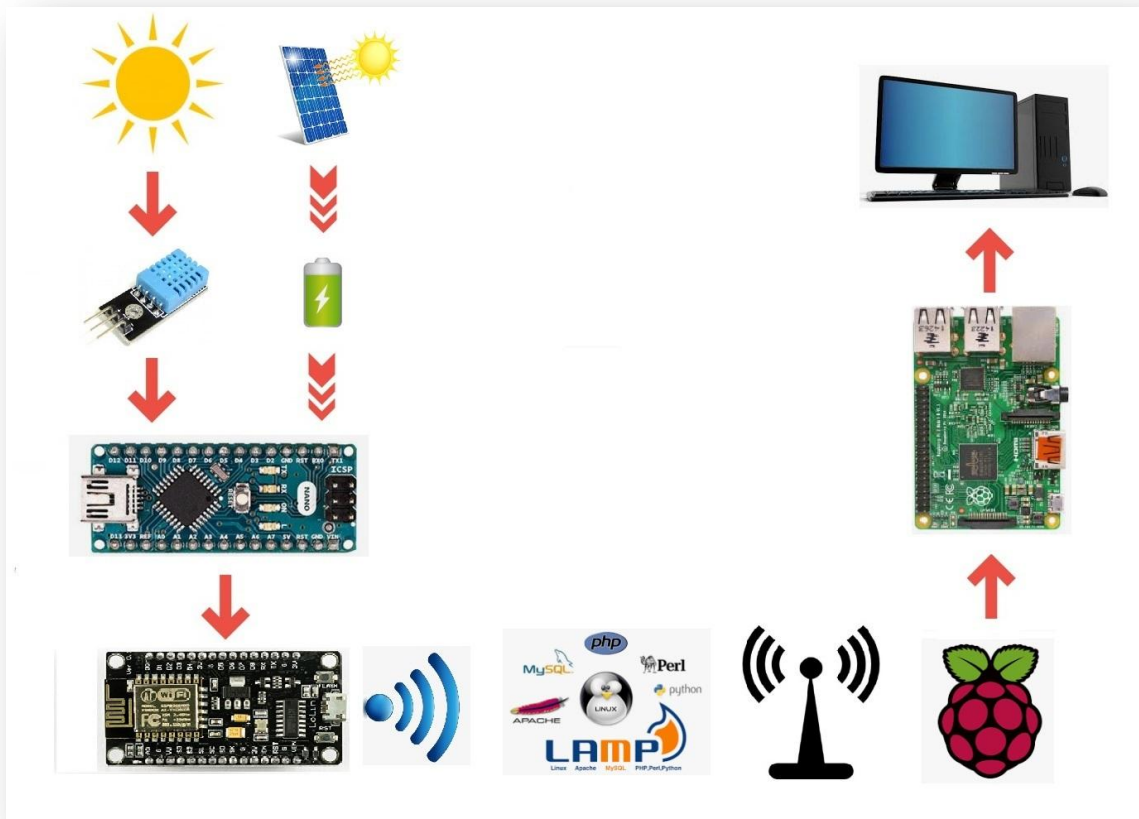


Figura 6.2 Diagrama de bloques servidor LAMP

En este caso el flujo del sistema parte desde el mismo sitio, ya que la energía que abastece a todo el nodo inalámbrico en todos los casos es del sol, pero la recepción de información lo consigue la tarjeta de Raspberry pi preparada para funcionar como un servidor, el cual está continuamente recogiendo los datos del sensor DHT11 y guardándolos en una base de datos. Para poder visualizar estos datos, únicamente es necesario tener a disposición del operario un terminal conectado a la red de internet.

En el tercer diagrama se muestra el acondicionamiento de la energía solar, es decir, el proceso de transformación.



Figura 6.3 Diagrama de bloques transformación de la energía solar

Por último, se muestra un diagrama, donde la visualización de los datos se realiza desde un terminal móvil.

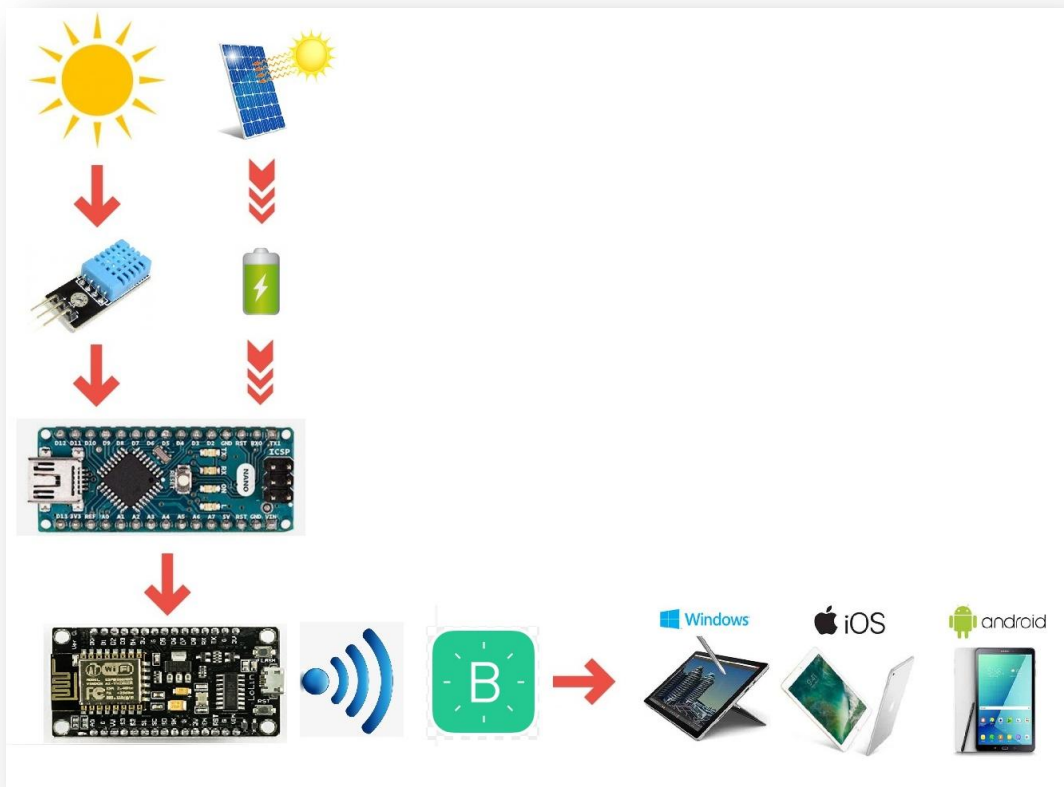


Figura 6.4 Diagrama de bloques terminal móvil

Esta vez el módulo Wi-fi es utilizado para poder vincular un terminal móvil a ella. Mediante el aplicativo Blynk es posible visualizar los datos recogidos mediante el sensor DHT11, y realizar diferentes recogidas de datos, según la configuración que se haya realizado en el terminal.

La aplicación Blynk dispone de muchas herramientas para poder configurar el aplicativo ajustándose a las necesidades de cada uno.

6.2 MICROCONTROLADOR

En todo el sistema se han utilizado dos tarjetas de Arduino como microcontroladores.

En la parte del emisor se ha utilizado una tarjeta de Arduino NANO, ya que únicamente se tiene que realizar la conexión con el sensor DHT11, y no es necesario demasiado rendimiento para poder realizar las lecturas del sensor. Se trata de una placa compacta y fácil de usar basada en un ATmega328P, el cual funciona mediante un cable mini USB. Tiene una gran variedad de instalaciones para comunicarse con una PC u en este caso otros microcontroladores. Dotada de 8 entradas analógica, las cuales proporciona 10 bits de resolución, algunos pines tienen funciones especializadas, como puede ser I2C: 4 (SDA) y 5 (SCL). La posibilidad de tener 8 entradas hace posible la ampliación de nuevos sensores para dotar al sistema de mayor complejidad. Dotada de una memoria FLASH de 32 KB de los cuales 2 KB están utilizados por el gestor de arranque. Memorias SRAM y EEPROM de 1 KB. Importante el dato del consumo de energía que oscila entre los 15-19mA

Por otro lado, en la parte del receptor se necesitará un microcontrolador un poco más complejo, y que soporte unas especificaciones más exigentes que el emisor, ya que es el encargado de generar la base de datos de las lecturas del sensor recibidas cada cierto tiempo. Es por ello que se ha utilizado una tarjeta de Arduino UNO, ya que cumple perfectamente con todos los requisitos del sistema. Esta tarjeta es la encargada de realizar las bases de datos tanto en el servidor facilitado por Raspberry pi, como las generadas con LabView. Se trata de un microprocesador basado en el ATmega328P el cual es el mismo que el utilizado en el Arduino NANO. Dotado de un puerto USB tipo B para poder alimentar la placa mediante los 5V. Aunque el tamaño de este sea mayor que el utilizado en el emisor, el número de entradas analógicas soportadas es el mismo, 8 entradas analógicas. Lo que sí que varía frente al Arduino NANO es el consumo de energía, ya que este ronda los 46mA.

6.3 MONITORIZACIÓN

En el sistema hay varias formas con las que se tiene acceso a la monitorización. En primer lugar, mediante una pantalla LCD 20x4 en la que se tiene las lecturas de temperatura, humedad e índice de calor con un "delay" de medio minuto entre lecturas. Este "delay" es configurable según las prestaciones que se le quieran dar al sistema.

En segundo lugar, se ha creado un servidor en el cual se van subiendo a la red las lecturas del sensor cada cierto periodo de tiempo. Esto facilita mucho las cosas para poder tener un registro de las lecturas cada cierto tiempo, y poder así tener un control de nuestro sistema y su comportamiento. El acceso al servidor se realiza mediante internet, y un dominio creado por nosotros.

En tercer lugar, se ha creado un programa en LabView para poder generar una serie de gráficas y tablas para poder seguir la regresión lineal de las lecturas del sensor. Es lo más parecido a un sistema SCADA, ya que tiene una gran variedad de opciones para poder configurar la recogida de datos y su posterior procesamiento. Gracias a los bloques LYNX es posible la conexión entre Arduino y LabView.

Por último, se ha añadido de forma opcional una aplicación móvil en la cual nos muestra las lecturas recibidas por el Arduino UNO sobre el sensor DHT11, para poder generar una serie de notificaciones en nuestro móvil en caso de sobrepasar ciertas lecturas peligrosas del sensor. Es posible la configuración de una serie de alarmas, para que en caso de no estar en el puesto de trabajo sea posible la notificación de algún tipo de emergencia en el sistema.

6.4 MÓDULO DE COMUNICACIÓN LCD

Mediante las tarjetas de Arduino, los cuales disponen de un módulo de comunicación serie, son los encargados de mantener la transferencia de información. Gracias a este módulo se va a poder comunicar la tarjeta Arduino con la pantalla LCD 20x4 mediante el protocolo I2C. Esta pantalla es la encargada de visualizar la información de los sensores. La configuración Maestro/Esclavo compuesto por el propio Arduino como maestro, y la pantalla LCD y sensor DHT11 como esclavos.

La comunicación de datos del bus I2C es en serie y sincrónica. Una de las señales es la encargada de marcar el tiempo (pulsos de reloj), y otra señal intercambia la información.

I2C es un protocolo síncrono. I2C usa solo 2 cables, uno para el reloj (SCL) y otro para el dato (SDA). Esto significa que el maestro y el esclavo envían datos por el mismo cable el cual es controlado por el maestro, que crea la señal de reloj. I2C no utiliza selección de esclavo, sino direccionamiento.

Las señales están compuestas por:

- SCL (*system clock*): Encargada de los pulsos del reloj que se sincroniza con el sistema
- SDA (*system data*): Encargada de mantener el paso de información entre los distintos dispositivos.
- GND: Todos los dispositivos que componen el sistema están conectados a la misma masa, es decir, todos mantienen la masa común.

La velocidad es de 100kbit/s en el modo estándar, aunque también permite velocidades de 3.4Mbit/s. Arduino dispone de soporte I2C por hardware vinculado físicamente a ciertos pines. También es posible emplear cualquier otro grupo de pines como bus I2C a través de software, pero en ese caso la velocidad será mucho menor. Para usar el bus I2C en Arduino, el IDE proporciona la librería "*Wire.h*", que contiene las funciones necesarias para controlar el hardware integrado.

6.5 SENSOR DHT11

Se trata de un sensor que recoge las lecturas de humedad, temperatura e índice de calor. Son de los sensores más básicos y más utilizados mediante Arduino, gracias a su fácil implementación en el código de programación. El DHT11 está compuesto en dos partes, un sensor de humedad capacitivo y un termistor. También consta de un circuito integrado básico en el interior del encapsulado, que hace la conversión de analógico a digital, y este envía una señal digital con la temperatura y humedad. Está recogido en un diseño sencillo para poder implementarlo en el circuito de la forma más sencilla posible, ya que viene preparado con 4 pines en los que se estipula el funcionamiento de cada uno de ellos.

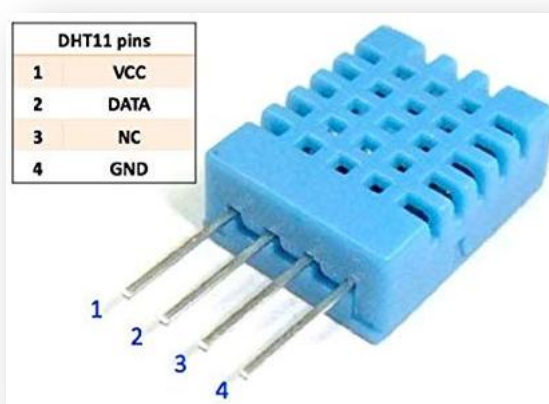


Figura 6.5 Sensor DHT11

Bajo los requerimientos que se necesitan para el sistema, las características del sensor son ligeramente precisas. Como el sistema no es muy exigente en cuanto al número de lecturas por segundo, se optó por el modelo DHT11, ya que solo ofrece un pin digital de salida y solo es capaz de consultar una vez cada uno o dos segundos.

Gracias a la librería que incorpora Arduino, es mucho más fácil la programación de este, ya que dispone de varios comandos propios para realizar las lecturas de temperatura y humedad. Como son los "*dht.readHumidity*" y "*dht.readTemperature*". A continuación, se muestran las especificaciones técnicas, y el rango de funcionamiento:

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

6.6 CONSUMO DE ENERGÍA

Se ha calculado el consumo de energía para el peor de los casos, es decir, teniendo en cuenta el máximo de amperios hora. Únicamente se ha realizado el estudio de consumo para el emisor, ya que es la parte del sistema que se encuentra aislada y se autoabastece mediante la fuente de energía fotovoltaica.

El consumo de la placa Arduino NANO es de 16mA. El módulo ESP8266, el cual se ha estimado el consumo de amperios cuando más gasta, es decir, cuando se encuentra transmitiendo información es de 170mA. Es por ello que el total consumido por el sistema es de 186mA aproximadamente. Como la tensión de funcionamiento del sistema es de 5V de corriente continua, se puede calcular la potencia.

$$Potencia\ sistema = 5V * 186mA = 930mW$$

A continuación, se calcula toda la potencia que puede suministrar la batería. Teniendo en cuenta que se trata de una batería de Li-Ion de 6000mAh, y su tensión es de 3.7V, se tiene:

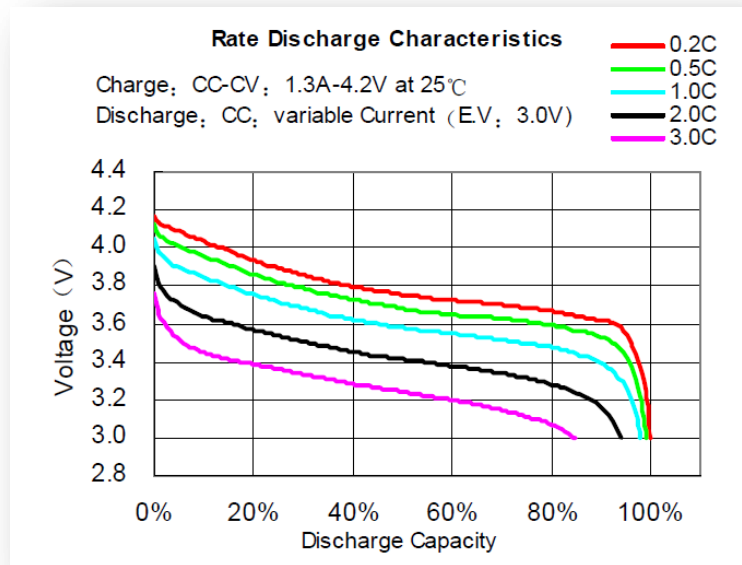
$$Potencia\ bateria = 3.7V * 6000mAh = 22200mWh$$

Relacionando las potencias calculadas previamente se obtiene el número de horas que puede estar el sistema encendido. No solo encendido, sino funcionamiento en su máximo rendimiento.

$$Consumo = \frac{22200mWh}{930mW} = 23.87h$$

Aproximadamente el sistema puede aguantar de forma autónoma y con la carga de la batería completamente cargada unas 23 horas.

Estas características serían si la batería llegará a descargarse por completo, es decir, hasta el 0%. Por lo general esto nunca ocurre, ya que se debe dejar cierto margen por temas de seguridad. Según la capacidad y tensión de funcionamiento de la pila, este tanto por ciento puede variar. Como se puede apreciar a continuación se va a mostrar una gráfica con las diferentes curvas y tantos por ciento de descarga.



Gráfica 6.1- Índice de descarga para batería de 6000mAh.

Es por ello que para realizar una aproximación en cuanto a los valores que se tendrían en realidad. Se deben volver a realizar los cálculos, pero esta vez teniendo en cuenta el tanto por ciento de margen de descarga.

El margen de descarga aproximado que se deja, teniendo en cuenta que la alimentación de este va a ser de unos 3.7V. Se obtiene un 85% de descarga, y por ello un margen de seguridad del 15%.

$$\text{Capacidad real batería} = \frac{6000\text{mAh} * 85\%}{100\%} = 5100\text{mAh}$$

$$\text{Potencia batería real} = 3.7\text{V} * 5100\text{mAh} = 18870\text{mWh}$$

$$\text{Consumo real} = \frac{18870\text{mWh}}{930\text{mW}} = 20.29\text{h}$$

Teniendo en cuenta que se le ha añadido una placa fotovoltaica para poder cargar la batería durante el día, la durabilidad del sistema aumenta considerablemente. Por último, como se quiere que el sistema se mantenga en funcionamiento el máximo de tiempo posible, se ha programado la placa Arduino para que permanezca en estado "sleep" aquellos momentos en los que no sea necesario que funcione a máximo rendimiento, ya sea los días nublados o con poco sol, o durante las noches. Todo ello para garantizar el ahorro máximo de energía posible.

6.7 CONVERTIDOR DC-DC BOOST

Para poder estabilizar la tensión de salida de la batería de 3.7V se ha utilizado un convertidor DC-DC elevador. Con ello se asegura que la tensión que se obtiene a la salida del convertidor va a ser de 5V estables. Mientras a la entrada del convertidor se tenga una tensión que oscile entre los 0.9V y los 5V, la tensión de salida siempre será continua.



Figura 6.6 Convertidor elevador DC-DC

Se trata de un tipo de fuente de alimentación conmutada que contiene al menos dos interruptores semiconductores (diodo y transistor), y al menos un elemento para almacenar energía (condensador, bobina). Para mejorar el rendimiento del circuito es posible añadir filtros contruidos con inductores y condensadores.

El principio básico del convertidor BOOST consiste en dos estados distintos, dependiendo del estado del interruptor S. Cuando el interruptor está cerrado, la bobina L almacena energía de la fuente, a la vez la carga es alimentada por el condensador C. Cuando el interruptor está abierto, el único camino para la corriente es a través del diodo D y circula por el condensador hasta que se carga completamente, y la carga.

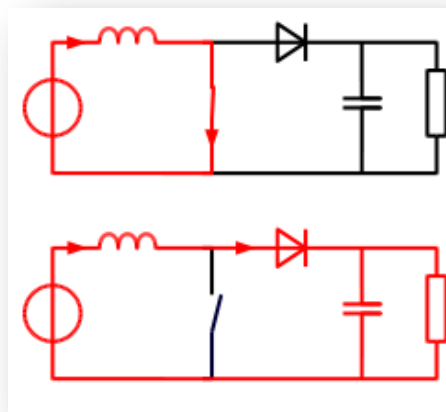


Figura 6.7 Esquema funcionamiento del convertidor BOOST

6.8 BATERÍA

La batería utilizada es del tipo Li-IoN de 6000mAh y una tensión de 3.7V. Las propiedades de este tipo de baterías son la ligereza de sus componentes, su elevada capacidad energética y resistencia a la descarga. Junto con el poco efecto memoria que sufren o su capacidad para funcionar con un elevado número de ciclos de regeneración hace de esta batería ideal para este tipo de sistemas.



Figura 6.8 Batería de Li-Ion

Tienen una vida útil relativamente larga (normalmente un máximo de 1000 ciclos de carga, aunque lo más común es que sobrevivan durante unos 500 ciclos o poco más sin alterar mucho sus virtudes).

Las baterías de Li-Ion usan como electrolito una sal de Litio contenida en un solvente orgánico (líquido) que proporciona los iones necesarios que circularán entre el cátodo hasta el ánodo durante la descarga. Esto genera una diferencia de potencial que hace moverse a los electrones (proporcionar energía) por el circuito al que está conectado la batería. Durante la carga se invierte la polaridad, el proceso es el inverso, es decir, los iones se mueven del ánodo al cátodo.

6.9 PANEL SOLAR

Se trata de uno de los componentes más importantes, ya que su objetivo es el de recoger la energía solar y transformarla en energía eléctrica. La potencia del panel tiene que ser suficiente para poder generar la energía necesaria para abastecer al sistema electrónico las horas en las que el panel solar no es capaz de recoger energía, es decir, los periodos de tiempo en los que no hay luz solar, o incluso aquellos días en los que las nubes no dejan pasar los rayos del sol. Es por ello que se ha optado por una placa solar de 2.5W 5V/500mAh, ya que el consumo de corriente del sistema no es muy elevado.

La inclinación y orientación de las placas fotovoltaicas es uno de los parámetros a tener en cuenta, ya que hay que conocer en que parte recoge más radiación solar. Para conocer la inclinación adecuada se deben satisfacer dos necesidades básicas: la necesidad de producción de energía y la necesidad de un resultado final estéticamente

duradero. Como el periodo que se quiere satisfacer es durante todo el año, no se deben tener en cuenta calcular la altura máxima y mínima del sol al mediodía, ya que se va a colocar una inclinación intermedia entre estas dos situaciones. Para ello y teniendo en cuenta que la orientación más adecuada es hacia el sur, la inclinación que se la va a aportar a la placa fotovoltaica para que recoja los rayos solares de la manera más eficiente durante todo el año es de 40°

6.9.1 CELULA FOTOVOLTAICA

Cuando los rayos solares iluminan las células fotovoltaicas mientras están conectados a un sistema eléctrico, estas funcionan como generador de energía y genera unos valores de corriente y tensión que son variables en función de la temperatura e irradiación que percibe en ese momento.

Las células fotovoltaicas modernas están fabricadas de unos materiales con propiedades electrónicas específicas que se denominan semiconductores. Los fotones que inciden sobre el semiconductor pn con una energía superior a la anchura de banda prohibida, generan un par electrón-hueco. La conexión en polarización directa permite la conducción de la corriente eléctrica, pero producen pérdidas de recombinación que son dependientes del voltaje aplicado.

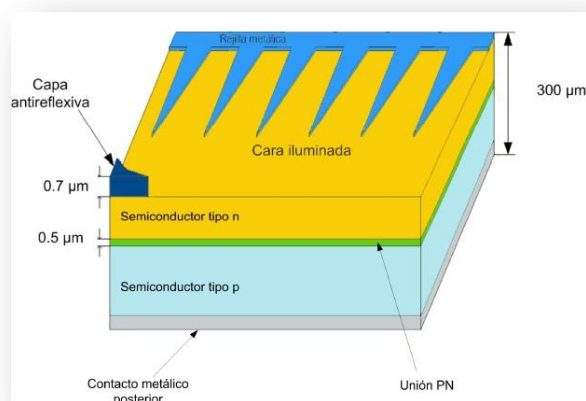


Figura 6.9 Estructura interna de la célula fotovoltaica

Se tienen una serie de pérdidas según donde se reflejan los fotones:

- **Pérdidas de no-absorción:** Cuando los fotones con energía inferior a la anchura de banda prohibida (E_G) no producen fotogeneración.
- **Pérdidas de transmisión:** Cuando una parte de los fotones con energía mayor que E_G cruzan el cristal sin ser absorbidos
- **Pérdidas de reflexión:** Cuando una parte de los fotones se refleja en la superficie.

6.9.2 RENDIMIENTO

De la radiación total incidente sobre la placa solar, solo un 13% aprox. se transforma en energía eléctrica. Es por ello que durante todo el proceso de conversión de energía se produzcan una serie de pérdidas.

- **0.5%:** Pérdidas térmicas por la conducción eléctrica
- **3%:** Pérdidas de reflexión y sombreamiento de contactos frontales
- **8.5%:** Pérdidas de recombinación de portadores de carga libre.
- **20%:** Pérdidas del gradiente eléctrico en la célula, especialmente en la región de transición.
- **23%:** Pérdidas en el fotón de radiación de larga longitud de onda, con insuficiente energía para liberar electrones, generando así calor.
- **32%:** Pérdidas en el fotón de radiación de longitud de onda corta, con energía en exceso que atraviesa el material semiconductor.

6.9.3 TIPOS DE CÉLULAS

Existen diferentes tipos de células fotoeléctricas dependiendo de la naturaleza y las características de los materiales utilizados:

- Por el tipo de materiales
- Por estructura interna de los materiales
- Por estructura de dispositivos
- Por sus aplicaciones

Dentro del tipo de material se pueden destacar 3 tipos:

La célula más común y utilizada es la construida mediante silicio cristalino (Si). Este material se corta en láminas muy finas en forma de disco, monocristalinas o policristalinas, en función del proceso de fabricación de la barra de silicio.



Figura 6.10 Tipos de material de la célula fotovoltaica

También se pueden encontrar células fabricadas mediante compuestos binarios. Como pueden ser: CdTe, AsGa, InP, CdS, etc...

Por último, los fabricados mediante compuestos ternarios, destacando entre ellos AlGaAs, y los compuestos de estructura calcopirita basados en el Cu, como CuInSe₂, etc...

Esta clasificación podría ser casi interminables, ya que el número de elementos presentes en una aleación de materiales semiconductores y metálicos puede ser tan grande como se quiera.

Material de la celula solar	Eficiencia de celula (Laboratorio)	Eficiencia de celula (Produccion)	Eficiencia de celula (Produccion en serie)
Silicio monocristalino	24,7%	18%	14%
Silicio policristalino	19,8%	15%	13%
Silicio policristalino EFG	19,7%	14%	13%
Silicio cristalino de película fina	19,2%	9,5%	7,9%
Silicio amorfo (en estado estable)	13%	10,5%	7,5%
Silicio micromorfo (en estado estable)	12%	10,7%	9,1%
Célula solar híbrida HCl	20,1%	17,3%	15,2%
Diseleniuro de Cobre e Indio (CIS)	18,8%	14%	10%
Telurio de Cadmio	16,4%	10%	9%

Tabla 6.1 Eficiencia de cada tipo de célula

6.9.4 PARÁMETROS

Los parámetros fundamentales de los módulos fotovoltaicos son:

- **Corriente de cortocircuito (ISC):** Valor de la corriente que circula por el panel cuando la tensión en sus terminales es nula ($V=0$), y es la máxima corriente que se podría llegar a obtener cuando trabaja como generador, en un caso ideal.
- **Tensión de circuito abierto (VOC):** La mayor tensión que puede polarizar al dispositivo cuando trabaja como generador.

- **Punto de máxima potencia (PM):** Punto de trabajo en el que la potencia entregada por el panel solar a la carga externa es máxima. El punto de trabajo correspondiente (V_M , I_M) define los valores nominales tanto de la tensión como de la corriente en el punto de máxima potencia.
- **Factor de forma (FF):** Relación entre la potencia máxima y el producto de ISC y VOC. Su valor es más alto cuanto mejor es la célula. En caso de tener un valor bajo de FF supondría unas pérdidas asociadas a la eficiencia del dispositivo.

$$FF = \frac{V_{MP} * I_{MP}}{V_{OC} * I_{SC}}$$

- **Eficiencia:** Se expresa normalmente en porcentaje y es la relación entre la potencia eléctrica entregada por el panel y la potencia de la radiación que incide sobre él.
- **Coefficiente de temperatura de VOC (β):** Dependencia de tensión de circuito abierto respecto a la temperatura ($mV/^{\circ}C$). Al tratarse de un coeficiente negativo, la curva característica se desplazará hacia la izquierda al aumentar la temperatura.

6.9.5 GENERADOR FOTOVOLTAICO

Para estudiar la característica I-V de un generador fotovoltaico pueden realizarse las siguientes operaciones:

- Los efectos de la resistencia en paralelo son despreciables (R_p tiende a ∞)
- La corriente generada I_L y la corriente de cortocircuito I_{SC} son iguales.
- $\exp\left(\frac{eV}{m k T}\right) > 1$ para cualquier condición de trabajo.
- Todas las células son idénticas y trabajan en las mismas condiciones de iluminación y temperatura, y las caídas de tensión en los conductores que las interconexionan son despreciables.

La figura 6.11 muestra la representación gráfica de la ecuación característica de un panel solar fotovoltaico (curva de corriente) así como la curva de potencia:

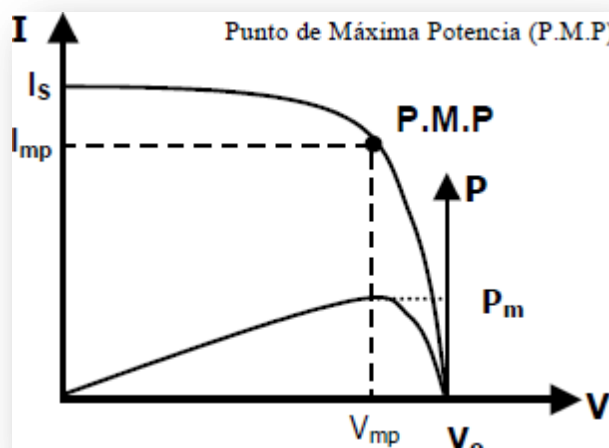


Figura 6.11 Curva de V-I y potencia de un panel solar

Como se observa, el punto de máxima potencia varía según una curva determinada por la temperatura, carga e irradiancia. El principal objetivo de este proyecto se centra en conseguir dicho punto mediante un circuito que contenga una plataforma programable.

6.10 MÓDULOS DE RADIO FRECUENCIA

Los módulos de radio frecuencia RF 433mhz son transmisores/receptores inalámbricos que se pueden emplear como forma de comunicación entre procesadores como Arduino. Como es en este caso la comunicación se ha efectuado mediante la tarjeta de Arduino NANO y el módulo emisor de radio frecuencia, y en su llegada de información el receptor de radio frecuencia se comunica con la tarjeta de Arduino UNO.

Se trata de unos componentes que efectúan su tarea de forma más que suficiente y que gracias a su bajo coste lo hacen ideal para este proyecto.

La frecuencia de operación es de 433mhz, aunque también existen módulos similares a 315mhz. Ambas frecuencias pertenecen a bandas libres, por lo que su uso es gratuito.

El alcance depende del voltaje con el que se alimenta el módulo y la antena que se utilice. Alimentando el módulo con 5V y con la antena del módulo integrada, el alcance difícilmente excederá de los 2 metros. En cambio, alimentando al módulo a 12V y con una antena de cobre de 16.5cm, el rango en exteriores puede alcanzar los 300 metros.



Figura 6.12 Módulo de radio frecuencia

La comunicación es simplex (canal único y unidireccional). Se realiza por modulación ASK. No disponen de filtro ni ID por hardware, por lo que si se quiere una comunicación robusta se tendrá que implementar por software.

6.11 MÓDULO DE COMUNICACIÓN WIFI

Se trata de un módulo de comunicación Wi-Fi de bajo coste con pila TCP/IP completa y capacidad de MCU (*Micro Controller Unit*). Este pequeño módulo permite a los microcontroladores conectarse a una red Wi-Fi y realizar conexiones TCP/IP sencillas, utilizando comandos de tipo Hayes.

La mayoría de modelos dispone de entradas/salidas digitales de propósito general (GPIO), así como una entrada analógica (ADC de 10bit). Se puede programar directamente con el entorno de Arduino, con lo que es el chip perfecto para desarrollar aplicaciones de IoT.

Las principales características del ESP8266 son las siguientes:

- 23-bit RISC CPU: Tensilica Xtensa LX106 corriendo a 80 MHz (con posibilidad de *overclock*).
- 64 KiB de RAM para instrucciones y 96 KiB de RAM para datos.
- IEEE 802.11 b/g/n Wi-Fi.
- 16 pines GPIO.
- SPI e I2C.
- UART en los pines dedicados (para la programación del chip).
- Un convertidor Analógico-Digital (ADC) de 10 bit.

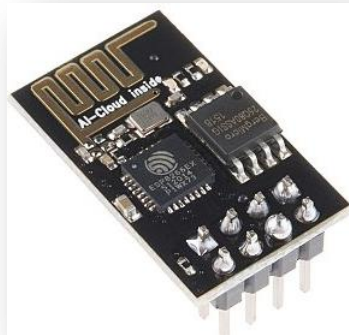


Figura 6.13 Módulo ESP8266

6.11.1 PLACA NODEMCU

NodeMCU es un proyecto Open-Source para el desarrollo de un modelo sencillo de integrar la IoT (*Internet of Things*), para ello se desarrollan modelos hardware y software que facilite el desarrollo de programas y aplicaciones basados en Wi-Fi. Es uno de los proyectos más interesantes y completos que han surgido alrededor del módulo ESP8266.



Figura 6.14 Módulo NodeMCU ESP8266

La gran ventaja de este desarrollo con respecto al resto de módulos básicos de ESP8266, es que su programación se hace totalmente transparente, al no requerir ningún cambio en sus pines para la programación, y disponer de conexión USB al igual que Arduino.

La propia placa dispone de un regulador de alimentación, así como un chip USB-Serial para la comunicación del ESP8266 directamente desde el USB del ordenador, además de un acceso fácil a los pines GPIO, una memoria Flash de 1Mb para el almacenamiento de varios programas, 2 puertos Rx/Tx, etc.

En definitiva, es la manera más fácil y barata de desarrollar aplicaciones de IoT debido a la gran comunidad y el gran número de software compatible y librerías existentes para la programación del ESP8266.

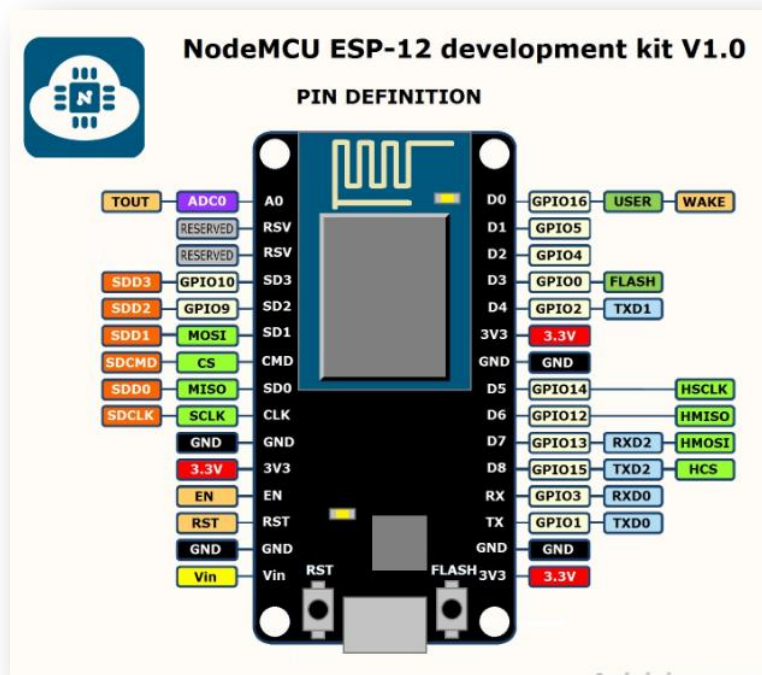


Figura 6.15 Esquema de pines módulo NodeMCU ESP8266

7 HERRAMIENTAS SOFTWARE

Para la elaboración del sistema se ha necesitado ayuda de diferentes programas informáticos. Principalmente se han utilizado programas vinculados a los sistemas SCADA, ya que este proyecto se sustenta de manera firme en el monitoreo de los sensores desde distintos aplicativos, según las necesidades y lugares en los que se encuentre el operario.

También se han utilizado programas para la elaboración de placas PCB, diseño de circuitos y programación de los microcontroladores.

7.1 SERVIDOR LAMP

Utilizado para poder realizar un monitoreo de los diferentes sensores en tiempo real, permite la interacción con este desde cualquier ordenador que tenga acceso a internet.

Se trata de una combinación en los servidores de Linux, que obedece al acrónimo de Linux, Apache, MySQL y PHP.

- **Linux:** Sistema operativo sobre el que trabaja
- **Apache 2:** Servidor web.
- **MySQL:** Gestor de bases de datos.
- **PHP:** Lenguaje de programación de webs dinámicas.

El contenido de las páginas web dinámicas, por su parte, se genera de forma activa cada vez que se realiza una solicitud. Estas últimas resultan muy útiles cuando la temática de la web requiere actualizaciones regulares. Un servidor LAMP es la opción preferida por muchos por su bajo coste y alta disponibilidad. Además, sus componentes individuales pueden ser reemplazados fácilmente por aquellos con las mismas funciones.



Figura 7.1.1 Logo servidor LAMP

ID	Tiempo	Temperatura	Humedad
1	2018-10-12 16:17:19	25	50

Figura 7.1.2 Valores de temperatura y humedad en el servidor

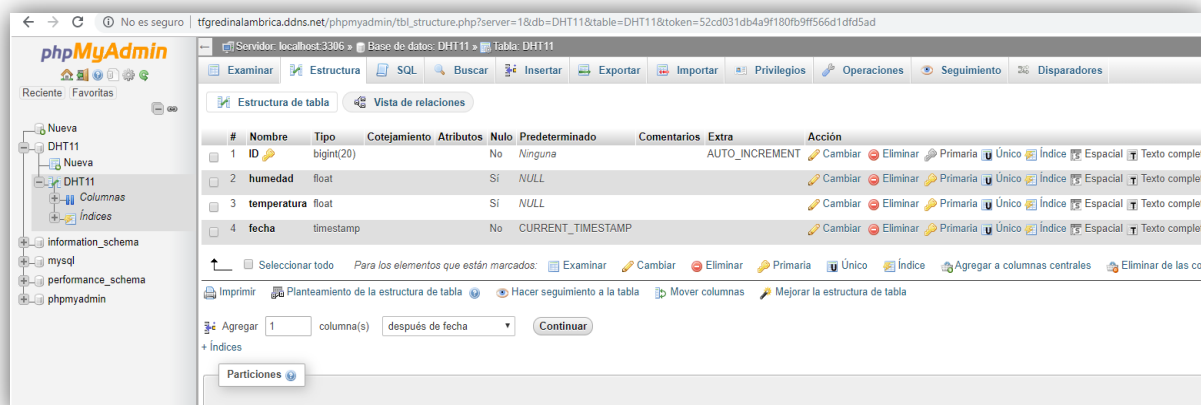


Figura 7.1.3 Configuración de los parámetros del sensor DHT11

7.2 LABVIEW

LabView ofrece un enfoque de programación gráfica que ayuda a visualizar cada aspecto de la aplicación, incluyendo configuración de hardware, datos de medidas y depuración. Esta visualización hace que sea más fácil integrar hardware de medidas de cualquier proveedor, representar una lógica compleja en el diagrama, desarrollar algoritmos de análisis de datos y diseñar interfaces de usuario personalizadas.

LabView emplea la programación gráfica o lenguaje G para crear programas basados en diagramas de bloques. Tiene su mayor aplicación en sistemas de medición, como monitoreo de procesos y aplicaciones de control.

Esta aplicación está dividida en dos secciones, una parte de programación y la otra llamada panel frontal, donde se puede visualizar el funcionamiento del sistema.

7.2.1 PANEL FRONTAL

Se puede apreciar en la siguiente imagen los distintos elementos que componen el panel frontal, donde se pueden apreciar varios indicadores, tanto para visualizar la humedad, como la temperatura.

Se han añadido varios elementos adicionales como pueden ser los leds de alerta. Los leds se encienden cuando los valores de humedad y temperatura sobrepasan cierto valor, los cuales según la aplicación del sistema se consideren peligrosos. Se ha optado también por añadir una sección en la cual es posible realizar un pantallazo del panel frontal y poder guardarlo en los formatos *.jpeg*, *.bmp* y *.png* para su posterior uso.

Para profundizar más en la descripción del panel se ha completado la información en el documento adjunto con la memoria llamado “Cálculos de software”,

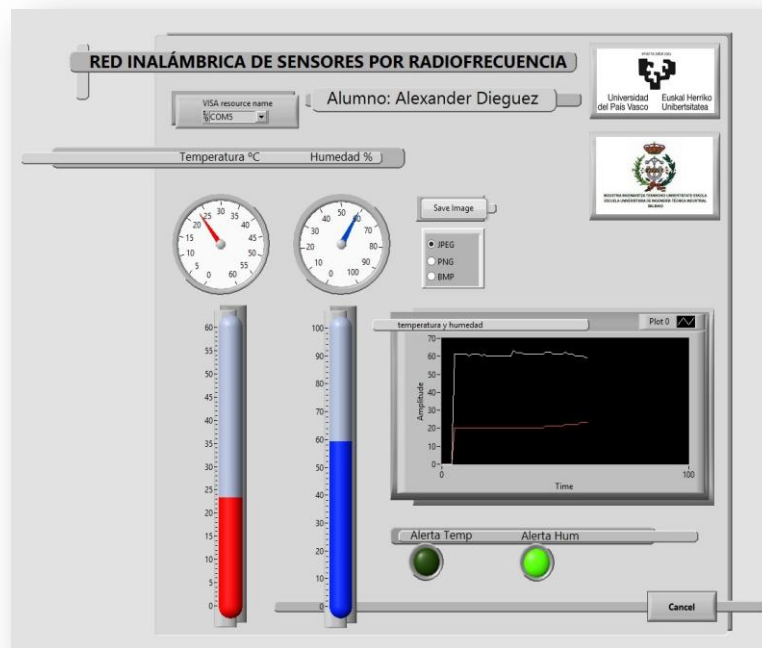


Figura 7.2.1 Panel frontal de LabVIEW

Las lecturas que aparecen en los indicadores se recogen a partir de las lecturas realizadas al sensor mediante un buffer. A continuación se muestra la pantalla del buffer, donde se puede apreciar el formato en el que se recogen las lecturas.



Figura 7.2.2 Lecturas del buffer

7.2.2 PANEL DE PROGRAMACIÓN

En el apartado de programación es donde se realizan las conexiones entre los diferentes bloques. La parte más importante del sistema es realizar la comunicación entre el Arduino y LabVIEW para poder realizar la adquisición de datos del sensor DHT11.

Una vez realizada la comunicación entre estos dos dispositivos, ya es cuestión de ir añadiendo diferentes indicadores y procesos, según las necesidades del prototipo.

Como se ha comentado en el apartado anterior, se completará la información de este apartado en el documento adjunto con la memoria llamado “Cálculos de software”.

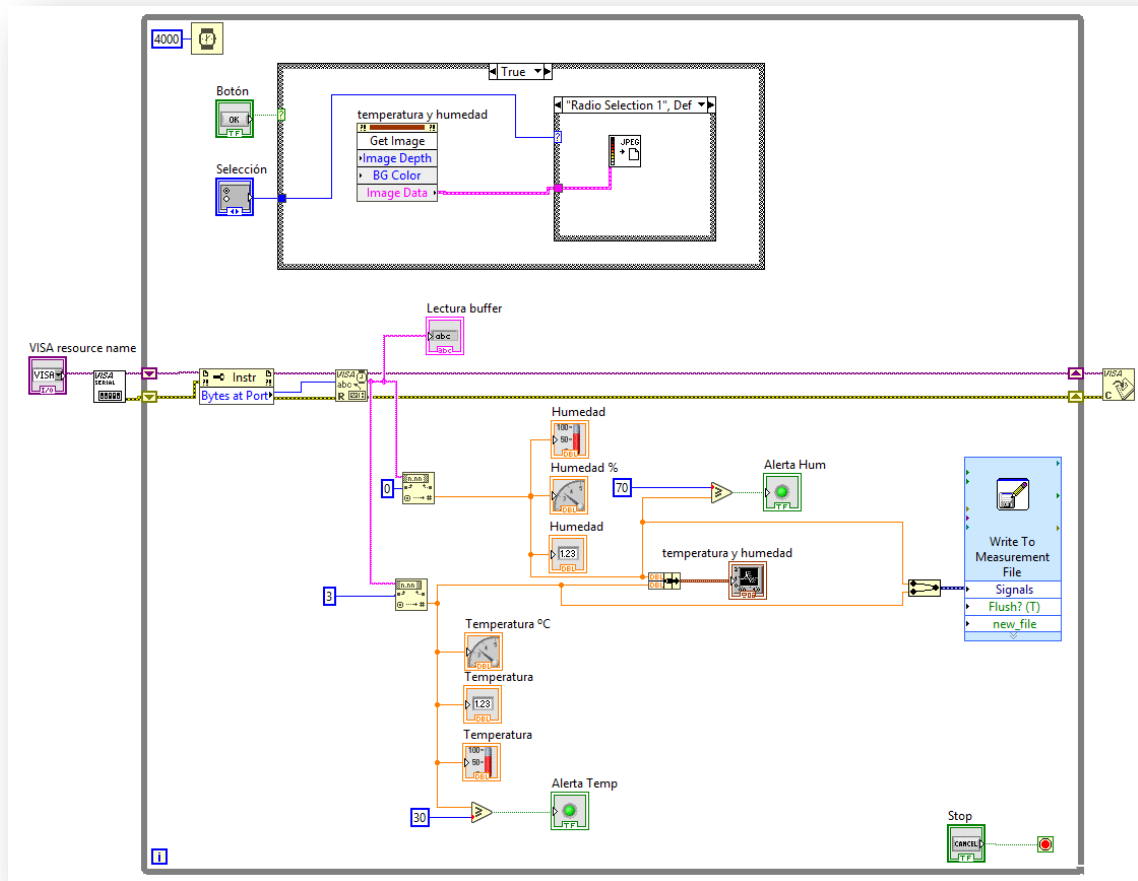


Figura 7.2.3 Panel de programación en LabVIEW

7.3 APLICACION MOVIL

La aplicación seleccionada para la implementación del código Arduino en el móvil es la de Blynk. Se trata de una plataforma que permite que cualquiera pueda controlar fácilmente su proyecto Arduino con un dispositivo con sistema iOS o Android.

Blynk se podría asemejar al funcionamiento de una protoboard, pero en el dispositivo móvil, que cuenta con todo lo necesario, desde deslizadores y pantallas a gráficos y otros widgets funcionales que se pueden organizar en la pantalla. También se da la opción de poder recopilar datos de los sensores.

A continuación se muestra un pantallazo sobre la interface y visualización de información llegada del sensor DHT11. Se pueden ir incorporando muchas más funciones y formas de visualizar la información acorde con los requisitos del sistema y el operador.



Figura 7.2 Interface de Blynk con el sensor DHT11.

7.4 IDE ARDUINO

Entorno de desarrollo para la programación de las placas Arduino. Mediante una interface sencilla e intuitiva es posible realizar la programación de los diferentes microcontroladores basados en Arduino y poder visualizarlos mediante el monitoreo serie, lo cual facilita mucho las cosas para realizar comprobaciones rápidas del buen funcionamiento de los sensores.

Se trata de un espacio de desarrollo integrado basado en Processing. Da soporte a lenguajes de programación como C, C++ y Java. Es por ello que la forma en la que se programa y los comandos utilizados en el entorno de Arduino es muy similar al utilizado en C.

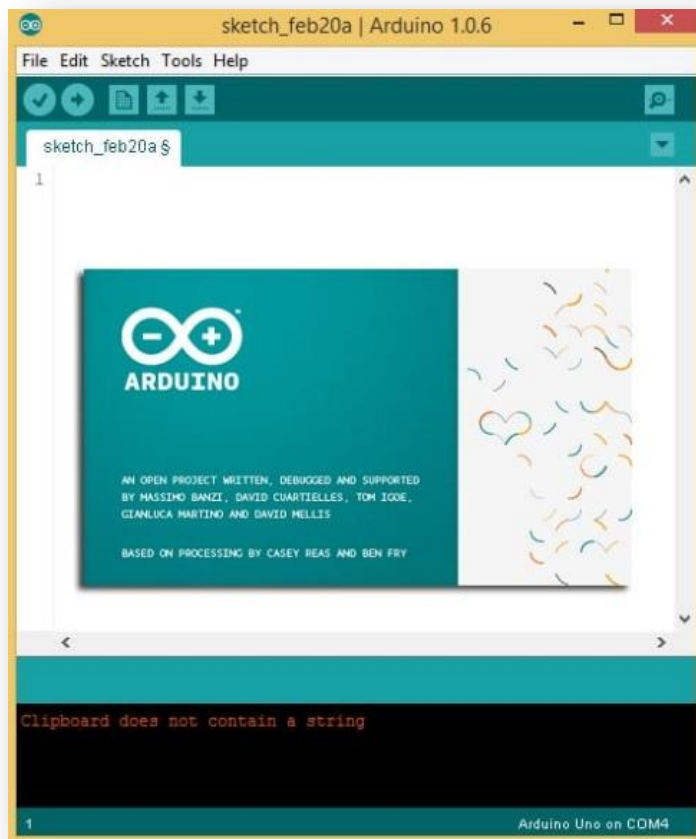


Figura 7.3 Entorno de programación IDE Arduino

8. POSIBLES MEJORAS

El diseño de esta aplicación, como cualquier otra, podrá ser modificado y mejorado con el tiempo. Se consideran interesantes seguir optimizando los siguientes puntos:

- Implementación de nuevos algoritmos de control.
- Mayor eficiencia en la transformación de la energía solar.
- Implementar un sistema de seguimiento solar, para poder sacar una mayor eficiencia en la recogida de energía.
- Implementación de otro tipo de convertidor.
- Reducir el tamaño del prototipo.
- Mejorar el sistema de transferencia inalámbrica mediante otros componentes electrónicos del mercado, como podría ser Xbee.
- Aumentar el alcance de conexión con el nodo.
- Incorporar nuevos sensores.

9. CONCLUSIONES

PROBLEMAS EN LA REALIZACIÓN DEL TFG

1. A la hora de realizar la programación en LabVIEW, los módulos a utilizar para sincronizar las tarjetas Arduino con la interfaz son los llamados *linx*. Para que estos módulos funcionen, hay que implementar una serie de líneas de programación en el IDE de Arduino para poder vincular dichos accesos. El problema es que una de las librerías que se utiliza, concretamente la "*wire*", como en el programa base del trabajo fin de grado esta librería ya se está utilizando para los módulos de radiofrecuencia, entran en conflicto con el añadido de la programación, teniendo así problemas a la hora de poder compilar el programa.

Como solución, se ha optado por utilizar otros módulos de comunicación con el Arduino llamados VISA. Para estos bloques de LabVIEW no es necesario añadir ninguno código adicional a la programación de Arduino. Tienen los mismos tipos de bloques que los otros módulos *linx*, salvo que la configuración se realiza de otra manera.

2. Cuando se ejecuta el servidor LAMP en la universidad, como el servidor está implementado en una tarjeta de Raspberry PI modelo 2 en el cual no tiene wi-fi. Se tiene que conectar a la red de la universidad por cable ethernet, lo cual daba muchos problemas. Ya que para poder configurarlo en el código de Arduino, y poder así acceder al servidor mediante los propios ordenadores de la universidad se debe implementar

mediante código el nombre de la red y la contraseña. El problema es que la red llamada 'eduroam', tiene un sistema de protección para que ningún dispositivo externo pueda conectarse tan fácilmente, es por ello que la idea de conectarse a esta red se complicaba bastante.

Una de las soluciones era la de cambiar la tarjeta de Raspberry PI del modelo 2 al 3+, donde viene con módulo wi-fi incorporado. Con ello ya se pudo realizar las simulaciones y demostraciones en la universidad dándole wi-fi mediante el teléfono móvil, ya que los datos de la red eran mucho más sencillos de implementar en el código de Arduino, teniendo en cuenta que se trataba de una red personal compartida desde el propio móvil.

3. También se produjeron problemas a la hora de realizar la programación en el módulo wi-fi ESP8266, ya que en el mismo módulo se tenía que programar por un lado, la comunicación con el servidor LAMP, y por el otro la comunicación con la aplicación móvil de Blynk. Como ambas partes utilizan las mismas entradas, es decir, de temperatura y de humedad, pero cada uno transforma esa información de manera diferente. A la hora de enviar la información mediante el wi-fi, este entraba en conflicto.

Como el problema no se sabía si es por las distintas librerías que entran en conflicto, o por la posibilidad de que alguna línea de código estuviese dando error. Se ha optado por añadir otro módulo ESP8266 para así teniendo dos, dividir las programaciones una en cada módulo. De esta forma, el compilado de ambos módulos por separado no dio ningún error, y funcionan correctamente ambas al mismo tiempo. Como la solución idónea sería el poder conseguir que mediante un solo módulo ESP8266 tuviese la posibilidad de mandar la información a ambas plataformas, se intentará implementar en la próxima actualización del sistema.

4. Otro de los problemas con el servidor LAMP, fue a la hora de realizar su instalación en el sistema operativo de Raspbian. Como el servidor está compuesto por varios programas en donde trabajan en conjunto uno con otro, en cuanto uno de los programas diese problemas en la instalación no se podía seguir el proceso. Es por ello que mucho de los programas a instalar daban muchos errores y no se llegaban a instalar completamente.

Como solución a este problema se realizaron las actualizaciones correspondientes, y muchos de ellos se tuvieron que sustituir por otros programas que realizaban el mismo trabajo.

10. BIBLIOGRAFIA

Libros consultados:

- [1] Bosh, J. and Carmona, M. "Instrumentación Electrónica Avanzada. Instrumentación Inteligente. Departamento de Electrónica". *Universidad de Barcelona*. (2012).
- [2] Marco Schwartz and Oliver Manickum "Programming Arduino with LabVIEW".
- [3] Orcajo, G. "Emulación De Instrumentos De sobremesa Mediante Tarjetas De Adquisición De Datos." (2013)
- [4] Otín, A. "Scada Basado en LabVIEW Para el Laboratorio de Control de Icai" (2007)

Páginas WEB visitadas:

- [W1] "Utilización de LabView para la Visualización y control de la plataforma Open Hardware Arduino"
<http://proyecto987.es/blog/wpcontent/uploads/2016/04/Arduino-LabVIEW.pdf>
- [W2] "Servidores WAMP - LAMP - MAMP" <http://www.tecnopedia.net/wp-content/uploads/2015/07/Mini-Guia-B%20C3%A1sica-Servidores-WAMP-LAMP-MAMP1.pdf>
- [W3] "Taller de instalación servidor LAMP/WAMP"
<https://www.informatica.us.es/~ramon/articulos/TallerXAMPP.pdf>
- [W4] "National Instruments" <http://www.ni.com/es-es.html>
- [W5] "Implementación de un panel solar automatizado para la generación de energía limpia"
<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2511/1/trabajo%20de%20grado%20final.pdf>
- [W6] "Diseño de un sistema fotovoltaico con control de posicionamiento e implementación de luces tipo led para un pasillo del bloque B de la universidad politécnica salesiana de la ciudad de Guayaquil"
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10376/1/UPS-GT001398.pdf>

[W7] "Diseño de una estación meteorológica"

<https://www.instructables.com/id/SOLAR-POWERED-ARDUINO-WEATHER-STATION/>