



**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ**

INFORME TÉCNICO DE RESIDENCIA PROFESIONAL.

“Monitoreo de un sistema de generación fotovoltaica usando una plataforma de servicios basada en IoT (Internet de las Cosas).”

Hernández Toledo Diana Laura 14270156

Molina Morales Wilmer Miguel 13270871

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA.

ASESOR:

DR. HÉCTOR RICARDO HERNÁNDEZ DE LEÓN

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a 29 de enero del 2020

Resumen

En este proyecto se presentan los resultados obtenidos respecto a la investigación llamada "Monitoreo de un sistema de generación fotovoltaica usando una plataforma de servicios basada en IoT (Internet de las Cosas)", elaborado en el TecNM, como principal objetivo es el diseño e implementación de un sistema electrónico de bajo costo que nos permita tener un monitoreo vía internet del voltaje, corriente, temperatura y humedad de un panel fotovoltaico.

Se presenta los procedimientos realizados como los logros obtenidos a partir de la investigación; y al final se presentan los resultados obtenidos de un prototipo electrónico completamente funcional e implementado en el panel fotovoltaico que se encuentra en las instalaciones del TecNM. Siendo estos logros de suma satisfacción e importancia, por lo que este avance es el principio de una sucesión de proyectos dentro del área.

Palabras clave:

Internet de las cosas, panel fotovoltaico, NodeMCU, sensores, Wi-Fi, internet.

Abstract

This project presents the results obtained with respect to the investigation called “Monitoring of a photovoltaic generation system using a service platform based on IoT (Internet of Things)”, elaborated in the TecNM, as the main objective is the design and implementation of a low-cost electronic system that allows us to have a monitoring via internet of the voltage, current, temperature and humidity of a photovoltaic panel.

The procedures performed are presented as the achievements obtained from the investigation; and in the end, the results obtained from a fully functional electronic prototype and implemented in the photovoltaic panel that is located in the TecNM facilities are presented. Being these achievements of utmost satisfaction and importance, so this progress is the beginning of a succession of projects within the area.

Keywords:

Internet of Things, photovoltaic panel, NodeMCU, sensors, Wi-Fi, internet.

ÍNDICE

Resumen.....	2
Abstract.....	3
CAPITULO 1 Introducción.....	7
1.1 introducción.....	7
1.2 Justificación	8
1.3 Objetivo General.....	9
1.2.1 Objetivos específicos:	9
1.4 Problemas a resolver	9
1.5 Alcances	10
1.6 Limitaciones	10
1.7 Lugar donde se elaboró el proyecto.....	10
1.7.1 Historia del ITTG	10
1.7.2 Misión	11
1.7.3 Visión.....	11
1.7.4 Área específica relacionada con el proyecto.....	11
CAPITULO 2 Fundamento Teórico	12
2.1. Panel fotovoltaico.....	12
Figura 2.1 Panel Fotovoltaico.....	12
2.1.1 Producción de energía eléctrica	12
Figura 2.2 posición del panel fotovoltaico.	13
2.1.2 Tipos de paneles fotovoltaicos.....	13
Figura 2.3 panel monocristalino de celdas de silicio.	14
Figura 2.4 panel fotovoltaico policristalino de silicio	15
2.1.3 Energía solar fotovoltaica	15
Figura 2.5 Energía solar fotovoltaica.....	16
2.2 Plataforma de servicio en IoT (Internet de las cosas).	16
2.2.1 IoT como la red de redes.....	17
Figura 2.6 Internet de las cosas (aplicaciones).	18
Figura 2.7 Pronóstico de crecimiento del internet de las cosas.....	19
2.2.2 ThingSpeak	19
Figura 2.8 ThingSpeak	20

Figura 2.9 recopilación de datos.....	21
Figura 2.10 Análisis de datos en ThingSpeak.....	22
2.3 Sensor DHT11	22
Figura 2.11 Sensor de temperatura y humedad DHT11	23
2.3.1 características técnicas del DHT11	23
2.4 Sensor de voltaje FZ0430	24
Figura 2.12 Sensor de voltaje FZ0430.....	24
2.5 Sensor de corriente ACS712	24
Figura 2.13 sensor de corriente ACS712.....	25
2.6 NodeMCU Esp8266.....	25
Figura 2.14 Firmware NodeMCU	25
Figura 2.15 Primera generación devkit V0.9.....	26
Figura 2.16 Segunda versión V1.0 / V2.....	27
Figura 2.17 tercera generación V1.0 / V3.....	27
Figura 2.18 Cambios conversor CH340G.....	28
2.7 Multiplexor CD74HC4067	29
Figura 2.18 Multiplexor CD74HC4067	29
2.8 Batería.....	30
2.8.1 Funcionamiento de las baterías	30
2.8.2 clase de baterías solares.....	30
2.8.3 Características de un acumulador eléctrico	31
2.8.4 Factores a tener en cuenta	31
2.8.5 Tipo de baterías	32
Capítulo 3 Desarrollo e implementación del Proyecto	34
3.1 Diagrama a bloques del sistema	34
3.2 Estructura del panel fotovoltaico	34
Figura 3.1 Panel Fotovoltaico	34
Figura 3.2 diseño de la base para el panel fotovoltaico	35
Figura 3.3 Montaje del Panel Fotovoltaico a la base diseñada.....	35
3.2 Circuito del sensor de temperatura y humedad.....	36
Figura 3.4 Montaje del Sensor DHT11 para su respectiva medición.....	36
Figura 3.5 Conexionado del sensor DHT11	36
3.3 Circuito del sensor de voltaje y corriente	37

Figura 3.6 sensores ACS712 y FZ0430.....	37
Figura 3.7 Sensores conectados al Multiplexor CD74HC4067	37
Capítulo 4 Resultados	38
Figura 4.1 Medición de Corriente T=10s	38
Figura 4.2 Medición de corriente T=20s	38
Figura 4.3 Medición de voltaje T=20s	38
Figura 4.4 Medición de Humedad T=20s.....	39
Figura 4.5 Medición de Temperatura T=20s	39
Conclusión	40
Anexos	41
Código del Sistema de Monitoreo	41
Referencias	46

CAPITULO 1 Introducción

1.1 introducción

El presente reporte se presentarán los resultados obtenidos a partir de la realización de la investigación sobre internet de las cosas (IoT) y su aplicación para el monitoreo de un sistema de generación fotovoltaica, como principal objetivo la elaboración de un sistema inalámbrico para la recopilación de información de datos de un panel fotovoltaico que permitirá un monitoreo en tiempo real, desde la nube, para poder establecer factores de trabajo del mismo panel.

Con la implementación de un sistema electrónico el cual nos permita adquirir datos como temperatura, humedad, luminosidad, voltaje y corriente del panel fotovoltaico.

Los cuales son enviados vía internet, los cuales se adquieren en una PC para la interpretación de cualquier usuario.

1.2 Justificación

Las fuentes de recolección de energía se pueden usar para aumentar la vida útil y la capacidad de los dispositivos, ya sea reemplazando o aumentando el uso de la batería. Así, la energía fotovoltaica juega un papel importante como una forma de energía limpia y eficiente de generar electricidad. Esta modalidad de recolección de energía, proporciona la mayor densidad de energía, lo cual la hace una tecnología idónea para sistemas embebidos que consumen varios mW y pueden solucionarse usando un módulo tipo “Harvesting” razonablemente pequeño (carga para celulares). Sin embargo, el diseño de éstos módulos implica complejas interacciones de varios factores tales como las características de las celdas solares, la química y la capacidad de las baterías utilizadas, requerimientos del suministro de energía y características de gestión de la energía de sistemas embebidos, comportamiento de la aplicación, entre otros. Es, por lo tanto, esencial comprender claramente la generación de energía usando celdas solares en un sistema fotovoltaico, con la aplicación de tecnología de Cuarta generación (IoT).

La consideración más importante en el diseño del circuito es maximizar la eficiencia. Los aspectos importantes a considerar son los siguientes:

- Panel solar. Con operación óptima para que produzcan máxima salida de potencia.
- Controlador de carga. El circuito de control asegurará la operación en potencia máxima, en las terminales de salida del panel solar a un voltaje fijo.
- Convertidor CD-CD. Usado para proporcionar un voltaje de suministro constante al sistema embebido. La elección del convertidor CD-CD depende del rango del voltaje de operación de la batería utilizada, además del voltaje de suministro requerido por el sistema objetivo, e Inversor.
- Convertidor de CD a CA para proporcionar carga eléctrica de corriente alterna requerida.

1.3 Objetivo General

Elaborar un sistema electrónico de adquisición de datos que permita el Monitoreo y control de un sistema de generación fotovoltaica usando una plataforma de servicios basada en IoT.

1.2.1 Objetivos específicos:

1. Conocer y aplicar el principio de funcionamiento de los generadores fotovoltaicos para producir energía eléctrica a partir de sus componentes principales (panel solar, controlador de carga, batería, convertidor CD-CD e inversor).
2. Diseñar y construir una interfaz electrónica con acceso inalámbrico de los datos de las variables características (corriente y voltaje) de un sistema de generación de energía fotovoltaico usando una plataforma de servicios basada en IoT.
3. Desarrollar un procedimiento de pruebas de funcionamiento del sistema integrado IoT de generación de energía fotovoltaico (corriente y voltaje).

1.4 Problemas a resolver

Actualmente el uso de los paneles solares es algo ya muy utilizado, el cual nos implica tener el conocimiento de cuanto es el máximo aprovechamiento de dicho panel para saber la máxima eficiencia.

Para eso se implementarán varias mediciones que constarán de diversos sensores el cual diseñaremos un circuito con acceso inalámbrico el cual nos envíe datos de los sensores en tiempo real a una plataforma de servicios IoT, para saber el cuanto voltaje o corriente genera dicho panel en diversas horas del día para así tener una medición exacta y precisa, tomando en cuenta los cambios climáticos repentinos como lluvia o cielo nublado.

Para a su vez tener un circuito que obtenga la medición de temperatura, humedad, luminosidad, voltaje y corriente basados en una interfaz inalámbrica el cual sea proporcionada en la plataforma de IoT

1.5 Alcances

El sistema de monitoreo fue capaz de realizar las mediciones correspondientes de los diferentes parámetros establecidos teniendo los datos obtenidos en tiempo real para así tener conocimiento del comportamiento del panel fotovoltaico.

1.6 Limitaciones

Nuestra limitación principal fue encontrar un área despejada donde se presenciara más los rayos solares para el funcionamiento del panel solar y así aprovecharlo al 100%, a su vez que tuviéramos acceso inalámbrico de internet ya que es nuestra principal fuente de trabajo para el dicho monitoreo.

Otro punto de limitación es que el internet de la institución era muy limitado el cual se dificultaba obtener los datos en tiempo real para así saber el correcto funcionamiento del sistema adaptado al panel fotovoltaico.

1.7 Lugar donde se elaboró el proyecto

1.7.1 Historia del ITTG

El Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez es una institución pública dependiente de la Secretaría de Educación Pública. Imparte 8 licenciaturas y 2 programas de posgrado en las áreas de Ingeniería, Tecnología y Ciencias Administrativas.

El Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez fue fundado el 24 de octubre de 1972, se encuentra ubicado en el centro del estado de Chiapas, que por su gran variedad de climas y suelos es propio para el cultivo de muy diversas especies vegetales nativas y adaptadas, con lo que se puede desarrollar la agroindustria, así como muchos otros procesos industriales a partir del gran potencial que ofrece este estado, en el cual el Instituto debe constituirse en el sujeto de cambio, al presentar alternativas de desarrollo sustentable del estado en forma multidisciplinaria.

La matrícula escolar en licenciatura se conforma de 1 982 estudiantes: 1 473 hombres y 509 mujeres. En el posgrado hay 78 alumnos: 68 hombres y 10 mujeres.

La población de egresados en el nivel de licenciatura es de 2 345 alumnos, de ellos 1 892 son hombres y 453 son mujeres. Los principales laboratorios con los que cuenta el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez son:

- Microbiología
- Biotecnología

- Química
- Química pesada
- Mecánica
- Sistemas computacionales
- Ingeniería industrial
- Plantas piloto
- Polo Tecnológico Nacional

1.7.2 Misión

Formar de manera integral profesionistas de excelencia en el campo de la ciencia y la tecnología con actitud emprendedora, respeto al medio ambiente y apego a los valores éticos.

1.7.3 Visión

Ser una Institución de excelencia en la educación superior tecnológica del Sureste, comprometida con el desarrollo socioeconómico sustentable de la región.

1.7.4 Área específica relacionada con el proyecto

El proyecto será realizado en el Laboratorio de Control Inteligente del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (Edificio I).

La carrera de Ingeniería Electrónica tiene como misión “formar profesionales de excelencia con competencias en el ámbito de la Ingeniería Electrónica, motivados para la promoción del desarrollo profesional y el conocimiento científico y tecnológico, con actitud emprendedora, respeto al medio ambiente y apego a los valores cívicos y éticos”.

CAPITULO 2 Fundamento Teórico

2.1. Panel fotovoltaico

Un panel fotovoltaico es un tipo de panel solar diseñado para el aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica. Su función es transformar la energía solar en electricidad.

Los paneles fotovoltaicos se pueden utilizar para generar energía eléctrica tanto en aplicaciones domésticas o en aplicaciones comerciales.

Los módulos fotovoltaicos están formados por un conjunto de celdas fotovoltaicas interconectadas entre ellas. Las células fotovoltaicas que componen un panel fotovoltaico se encuentran encajadas y protegidas. El panel fotovoltaico es el encargado de transformar de una manera directa la energía de la radiación solar en electricidad, en forma de corriente continua.



Figura 2.1 Panel Fotovoltaico.

2.1.1 Producción de energía eléctrica

Las placas fotovoltaicas producen electricidad en forma de corriente continua y suelen tener entre 20 y 40 células solares. De todos modos, es habitual que los módulos estén formados por 36 células para alcanzar los voltios necesarios para la carga de las baterías (12 V).

Las placas solares fotovoltaicas se pueden unir entre sí de dos formas:

Conexión en paralelo. Este tipo de conexión se realiza con unión por una parte de los polos positivos y, por otro, de los negativos. La unión en paralelo entre los paneles solares proporciona una tensión igual a la del módulo (12-18 V)

Conexión en serie. La forma de conectar en serie dos o más paneles fotovoltaicos es conectando polo positivo de la primera con negativo de la segunda y

sucesivamente. La unión en serie da una tensión igual a la suma de la de cada módulo (por ejemplo 12 V, 24 V, 36 V, etc.), dependiendo del número de placas interconectadas.



Figura 2.2 posición del panel fotovoltaico.

2.1.2 Tipos de paneles fotovoltaicos

Los tipos más comunes son los paneles fotovoltaicos monocristalinos, los paneles solares policristalinos y las placas solares de capa fina.

Alrededor del 90% de la tecnología fotovoltaica se basa en el uso de alguna variación del silicio. En el caso de los paneles solares destinados a uso doméstico, este porcentaje es todavía mayor.

La principal diferencia entre los diferentes tipos de placas fotovoltaicas es la pureza del silicio utilizado. Cuanto más puro es el silicio, mejor alineadas están sus moléculas, y mejor convierte la energía solar en electricidad.

De este modo, se establece una relación directa entre la pureza del silicio y la eficiencia de los paneles solares. Por el contrario, el aumento de la pureza del silicio implica procesos más caros.

El silicio cristalino es la base de las celdas monocristalinos y policristalinas.

2.1.2.1 Paneles solares monocristalinos de celdas de silicio

En los paneles solares monocristalinos las celdas solares de silicio monocristalino (mono-Si), son bastante fáciles de reconocer por su coloración y aspecto uniforme, que indica una alta pureza en silicio.

En este tipo de paneles fotovoltaicos las celdas monocristalinas se fabrican con bloques de silicio o ingots, que son de forma cilíndrica.

Posteriormente, con el objetivo de reducir los costes de fabricación de las celdas fotovoltaicas monocristalinas y de optimizar el su rendimiento, se recortan los cuatro lados de los bloques cilíndricos para hacer láminas de silicio. Este recorte es el que les da este aspecto característico.

Una de las formas más sencillas para poder distinguir claramente un panel solar monocristalino de uno policristalino, es que en el policristalino las celdas no tienen esquinas redondeadas y son perfectamente rectangulares.

La diferencia básica entre una célula solar monocristalina y una policristalina es la composición del cristal de silicio. Las células monocristalinas están formadas por un único tipo de cristal de silicio, o sea que cuando se ha fabricado el cristal, se ha controlado el crecimiento del propio cristal de silicio para que solo se formara en una dirección, consiguiendo un alineamiento bastante perfecto de todos los componentes del cristal. En cambio, en las células policristalinas, no se controla el crecimiento del cristal de silicio, con lo que el cristal crece en todas direcciones creando un conjunto de cristales diferentes unidos entre sí.

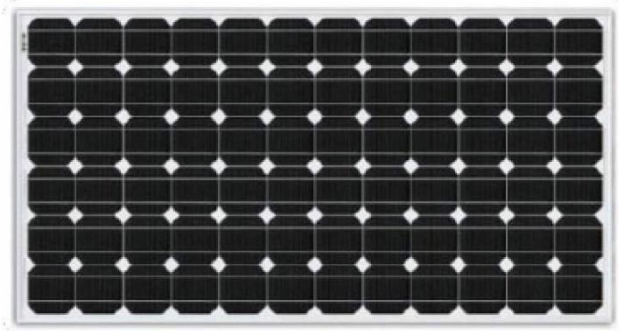


Figura 2.3 panel monocristalino de celdas de silicio.

2.1.2.2 Paneles fotovoltaicos policristalinos de silicio.

Los paneles fotovoltaicos policristalinos, a diferencia de los paneles monocristalinos, en su fabricación no se emplea el método Czochralski. En este tipo de panel solar el silicio en bruto se funde y se vierte en un molde cuadrado. A continuación, se enfría y se corta en láminas perfectamente cuadradas.

Los paneles solares a base de células policristalinas cuentan con una larga trayectoria en la industria, puesto que su fabricación arrancó ya en la década de los

ochenta. Su mayor ventaja respecto a las celdas monocristalinas parte de un proceso de producción de menor coste, que tira a la baja el precio final de estos sistemas.

Las células fotovoltaicas de los paneles solares policristalinos son más asequibles. Por otra parte, cuentan con algunas desventajas: La menor tolerancia al calor de estas celdas hace que cuenten con una eficiencia inferior a la alternativa monocristalina. En concreto, se estima que en los paneles que incluyen estas celdas el ratio de eficiencia es de un máximo del 16%, fundamentalmente por la menor cantidad de silicio que incorporan.



Figura 2.4 panel fotovoltaico policristalino de silicio

2.1.3 Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica consiste en la transformación directa de la radiación solar en energía eléctrica. Este tipo de energía, a menudo se la denomina directamente energía fotovoltaica.

Esta transformación en energía eléctrica se consigue aprovechando las propiedades de los materiales semiconductores mediante las células fotovoltaicas. El material base para la fabricación de paneles fotovoltaicos suele ser el silicio. Cuando la luz del Sol (fotones) inci-de en una de las caras de la célula solar genera una corriente eléctrica. Esta electricidad generada se puede aprovechar como fuente de energía.

La fabricación las células fotovoltaicas es un proceso costoso, tanto económicamente como en tiempo. El silicio con el que se fabrican las células fotovoltaicas es un material muy abundante en la Tierra. Sin embargo, el procesamiento del silicio es laborioso y complicado. Mediante unos procesos muy complicados se elaboran lingotes de silicio.



Figura 2.5 Energía solar fotovoltaica.

2.2 Plataforma de servicio en IoT (Internet de las cosas).

IoT es una arquitectura emergente basada en la Internet global que facilita el intercambio de bienes y servicios entre redes, que pertenecen a una cadena de suministro y vela por la seguridad y privacidad de los interesados. La estructura de IoT se conforma por objetos conectados, tecnologías de red, protocolos de comunicación, plataforma IoT y aplicaciones de usuario. Uno de los restos de esta red global de objetos conectados entre sí, es el gran flujo de información que debe ser almacenada, procesada y presentada de forma eficaz. Para afrontarlo es posible recurrir a los servicios que ofrece la computación en la nube, apoyándose en su infraestructura virtual que integra dispositivos de monitoreo y almacenamiento, herramientas para el análisis de datos y visualización, entre otros. No obstante, el IoT enfrenta otros desafíos que se relaciona con las soluciones disponibles en el mercado, ya que éstas son principalmente cerradas, adaptadas a dominios específicos y limitadas al contexto para las cuales fueron desarrolladas.

Internet de las cosas (IoT), algunas veces denominado "Internet de los objetos", lo cambiará todo, incluso a nosotros mismos. Si bien puede parecer una declaración arriesgada, hay que tener en cuenta el impacto que Internet ha tenido sobre la educación, la comunicación, las empresas, la ciencia, el gobierno y la humanidad. Claramente Internet es una de las creaciones más importantes y poderosas de toda la historia de la humanidad. Ahora debemos tener en cuenta que IoT representa la próxima evolución de Internet, que será un enorme salto en su capacidad para

reunir, analizar y distribuir datos que podemos convertir en información, conocimiento y en última instancia, sabiduría. En este contexto, IoT se vuelve inmensamente importante. Ya están en marcha proyectos de IoT que prometen cerrar la brecha entre ricos y pobres, mejorar la distribución de los recursos del mundo para quienes más los necesitan y ayudarnos a comprender el planeta para que podamos ser más proactivos y menos reactivos. Aun así, son varias las barreras que amenazan con retrasar el desarrollo de IoT, como la transición a IPv6, el establecimiento de un conjunto de normas en común y el desarrollo de fuentes de energía para millones (incluso miles de millones) de sensores diminutos. Sin embargo, mientras que las empresas, los gobiernos, los organismos normativos y las áreas académicas trabajan conjuntamente para resolver estas dificultades, IoT prosigue su camino. Por lo tanto, la meta de este informe es explicar, en términos sencillos y claros, de qué se trata IoT de forma tal que se pueda comprender su potencial para cambiar todo lo que actualmente conforma nuestra realidad.

El IoT consta de tres elementos principales que permiten desarrollar una internet generalizada:

- **Hardware:** Compuesto por sensores y hardware de comunicación embebido.
- **Middleware:** Corresponde a sistemas de almacenamiento y herramientas de análisis de datos.
- **Presentación:** Son interfaces que permiten entender y visualizar la información. Asimismo, se pueden integrar nuevas herramientas que pueden ser utilizadas en diferentes plataformas y aplicaciones.

2.2.1 IoT como la red de redes

Actualmente, IoT está compuesta por una colección dispersa de redes diferentes y con distintos fines. Por ejemplo, los automóviles actuales tienen múltiples redes para controlar el funcionamiento del motor, las medidas de seguridad, los sistemas de comunicación y así sucesivamente. De forma similar, los edificios comerciales y residenciales tienen distintos sistemas de control para la calefacción, la ventilación y el aire acondicionado, la telefonía, la seguridad y la iluminación. A medida que IoT evoluciona, estas redes y muchas otras estarán conectadas con la incorporación de

capacidades de seguridad, análisis y administración. Esta inclusión permitirá que IoT sea una herramienta aún más poderosa.

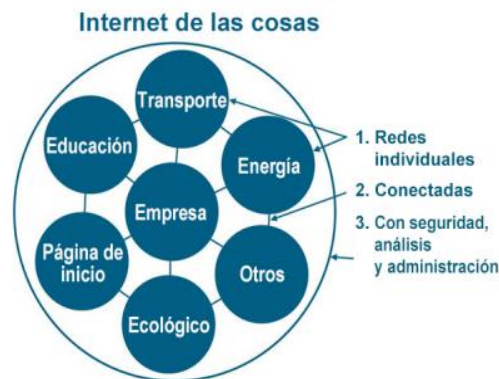


Figura 2.6 Internet de las cosas (aplicaciones).

Los principales campos de aplicación se describen a continuación, en la figura 7.6, se muestra varios servicios proporcionados por proveedores de la tecnología IoT en la actualidad.

- Industria
- Agricultura inteligente.
- Logística inteligente.
- Transporte inteligente.
- Redes inteligentes (Smart grids).
- Protección ambiental inteligente (Smart safety).
- Medicina.
- Casas y edificios inteligentes.

El internet de las cosas describe una gama de aplicaciones, protocolos, estándares, tecnologías de adquisición y análisis de datos, mediante dispositivos equipados con sensores, software, sistemas digitales y electrónicos, que generan beneficios económicos en varios campos de aplicación, según datos y predicciones del internet de las cosas.

- El valor agregado total del IoT en todos los sectores alcanzará \$ 1,9 billones en 2020 en todo el mundo, según Gartner.
- Cincuenta mil millones de dispositivos estarán conectados a Internet en 2020, según Cisco.
- Se espera que las redes inteligentes en el sector de la energía dupliquen los sistemas de información de mercado de los clientes de 2.500 millones de dólares en 2013 a 5.500 millones de dólares en 2020, según un estudio de Navigant Research.

- El 75% de los líderes del mundo empresarial global exploran el potencial económico del IoT, según un informe de la revista The Economist.
- El uso generalizado de tecnologías IoT en la industria automotriz podría ahorrar \$ 100 mil millones al año, reduciendo los accidentes, según McKinsey.
- La Industria del Internet podría agregar de 10-15 trillones en el producto interno bruto mundial, duplicando la economía de los EE. UU, General Electric (GE).

Pronóstico del crecimiento masivo del IoT

IHS Markit pronostica que el mercado de IoT crecerá de una base instalada de 15,4 mil millones de dispositivos en 2015 a 30,7 mil millones dispositivos en 2020 y 75,4 mil millones en 2025, como se ve en la Figura 7.7.



Figura 2.7 Pronóstico de crecimiento del internet de las cosas

2.2.2 ThingSpeak

ThingSpeak es una plataforma de Internet of Things (IoT) que permite recoger y almacenar datos de sensores en la nube y desarrollar aplicaciones IoT. ThingSpeak también ofrece aplicaciones que permiten analizar y visualizar tus datos en MATLAB y actuar sobre los datos. Los datos de los sensores pueden ser enviados desde Arduino, Raspberry Pi, BeagleBone Black y otro HW.

ThingSpeak es una aplicación y API de Internet de las Cosas (IoT) de código abierto para almacenar y recuperar datos de cosas usando el protocolo HTTP y MQTT a través de Internet o a través de una red de área local.

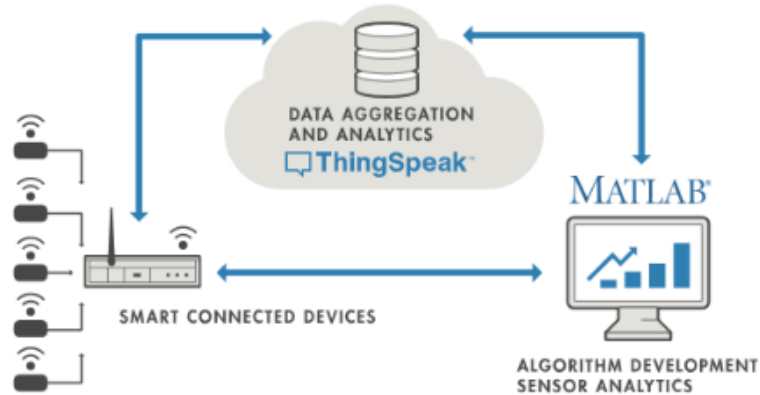


Figura 2.8 ThingSpeak

La estructura de ThingSpeak es:

- Canales (Channels): los datos que recogemos en los dispositivos se guardan en canales.
- En cada canal se disponen de una serie de campos para guardar datos, así como otra información adicional
- Los canales pueden ser públicos o privados.
- Dentro de cada canal podemos añadir visualizaciones o Widgets
- Los datos del canal se pueden importar o exportar
- En la pestaña de API keys está la información con las contraseñas (API Keys) para usar con las APIs.

2.2.2.1 Recopilación de datos de ThingSpeak

Hay sensores por todas partes: en nuestros hogares, teléfonos inteligentes, automóviles, infraestructura de la ciudad y equipos industriales. Los sensores detectan y miden información sobre todo tipo de cosas, como temperatura, humedad y presión. Y comunican esos datos de alguna forma, como un valor numérico o una señal eléctrica.

Los sensores, o cosas, perciben datos y generalmente actúan localmente. ThingSpeak permite que los sensores, instrumentos y sitios web envíen datos a la nube donde se almacenan en un canal privado o público. ThingSpeak almacena datos en canales privados de forma predeterminada, pero los canales públicos se pueden usar para compartir datos con otros. Una vez que los datos están en un canal ThingSpeak, puede analizarlos y visualizarlos, calcular nuevos datos o interactuar con las redes sociales, los servicios web y otros dispositivos.



Figura 2.9 recopilación de datos.

2.2.2.2 Análisis de datos de ThingSpeak

El almacenamiento de datos en la nube proporciona un fácil acceso a sus datos. Usando herramientas analíticas en línea, puede explorar y visualizar datos. Puede descubrir relaciones, patrones y tendencias en los datos. Puede calcular nuevos datos. Y puede visualizarlo en diagramas, gráficos y medidores.

ThingSpeak proporciona acceso a MATLAB para ayudarlo a comprender los datos. Usted puede:

- Convierta, combine y calcule datos nuevos
- Programe cálculos para ejecutar en ciertos momentos
- Comprenda visualmente las relaciones en los datos utilizando funciones de trazado integradas
- Combine datos de múltiples canales para construir un análisis más sofisticado

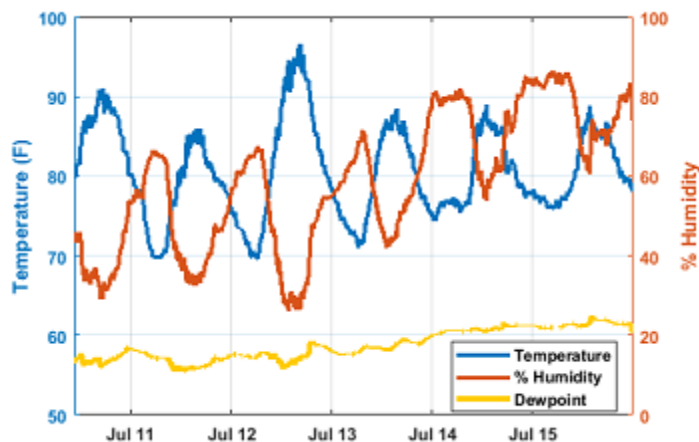


Figura 2.10 Análisis de datos en ThingSpeak.

2.2.2.3 Activación de alertas en ThingSpeak

Activa una reacción.

Actuar sobre los datos podría ser algo tan simple como recibir un tweet cuando la temperatura que está midiendo supera los 70 ° C. O bien, podría establecer una acción más compleja, como encender un motor cuando el nivel de agua en su tanque de agua cae por debajo de un determinado límite. Incluso puede controlar dispositivos de forma remota, como cerraduras de puertas que funcionan con baterías, utilizando la aplicación TalkBack.

ThingSpeak proporciona herramientas que permiten la comunicación del dispositivo para todas estas acciones y más. Usted puede:

- Reaccione a los datos, tanto datos sin procesar como datos nuevos que calcule, a medida que entran en un canal.
- Poner en cola los comandos para que se ejecute un dispositivo.

2.3 Sensor DHT11

El DHT11 presume de ser un sensor con una alta fiabilidad y estabilidad debido a su señal digital calibrada. Lo podemos comprar de dos maneras, de forma individual donde solo tenemos el sensor DHT11, o insertado en una PCB.

La diferencia en precio no es excesiva y la versión con PCB aporta una resistencia pull-up de 5 kΩ y un LED que nos avisa de su funcionamiento. Otra diferencia entre estas dos versiones del DHT11 son los pines.

En la versión sin PCB tenemos 4 pines y en la versión con PCB tenemos 3 pines.

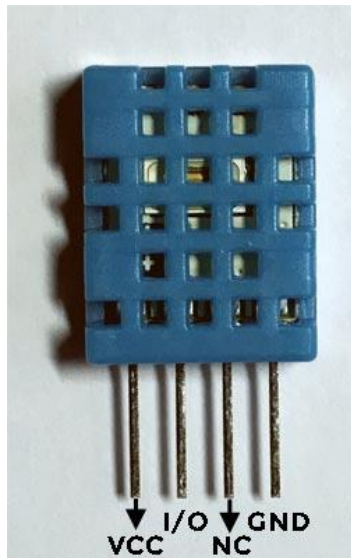


Figura 2.11 Sensor de temperatura y humedad DHT11

Los pines de la versión sin PCB del DHT11 son:

- VCC: alimentación
- I/O: transmisión de datos
- NC: no conecta, pin al aire
- GND: conexión a tierra

2.3.1 características técnicas del DHT11

MODELO	DHT11
Alimentación	de 3,5 V a 5 V
Consumo	2,5 mA
Señal de salida	Digital
Temperatura	
Rango	de 0°C a 50°C
Precisión	a 25°C \pm 2°C
Resolución	1°C (8-bit)
Humedad	
Rango	de 20% RH a 90% RH
Precisión	entre 0°C y 50°C \pm 5% RH
Resolución	1% RH

2.4 Sensor de voltaje FZ0430

El FZ0430 es un módulo comercial que nos permite medir tensiones de hasta 25V de forma sencilla con un procesador como Arduino.

El FZ0430 es un simple divisor de tensión con resistencias de 30kOhm y 7.5kOhm, lo que supone que la tensión percibida tras el módulo sea de división por un factor de 5 ($7.5 / (30+7.5)$)

Por tanto, la tensión máxima que podemos medir será 25V para un procesador de tensión de alimentación Vcc 5V, y 16.5V para un procesador de Vcc 3.3V.

Por supuesto, esta ampliación del rango de medición tiene una consecuencia negativa en la precisión de la medición. En los modelos de Arduino que incorporan un ADC de 10 bits alimentados a 5V, la resolución normal es de 4.88mV. Tras el FZ0430 la resolución de la medición es de 24.41mV.



Figura 2.12 Sensor de voltaje FZ0430.

2.5 Sensor de corriente ACS712

El ACS712 es un sensor de corriente tanto alterna como continua, que permite medir la intensidad eléctrica que atraviesa un conductor. Podemos emplear el ACS712 junto con un procesador como Arduino para medir la intensidad o potencia consumida por una carga.

Internamente el ACS712 consiste en un sensor hall de precisión y bajo offset junto con un canal de conducción localizado cerca de la superficie del integrado. Cuando la corriente fluye por el canal de cobre genera un campo magnético que es detectado por el sensor Hall y es convertido en una tensión

La salida del sensor es una tensión proporcional a la corriente, y altamente independiente de la temperatura. El sensor viene calibrado desde fábrica, aunque para una medición de precisión hará falta un ajuste de la calibración.

El camino conductor está aislado galvánicamente del IC garantizado un mínimo 2.1 kVRMS Su resistencia es muy baja, 1.2 mΩ, lo que se traduce en pequeñas pérdidas.

Existen modelos para rangos de 5A, 20A, 30A. El sensor soporta corrientes hasta 5x el rango de medición del sensor. Sobrepasar el límite dañara el ACS712.



Figura 2.13 sensor de corriente ACS712.

2.6 NodeMCU Esp8266

NodeMCU es una placa de desarrollo en el ESP12E el cuál, como vimos en esta entrada, es probablemente el módulo más popular que integra el SoC ESP8266. Sin embargo, pese a la popularidad de las placas NodeMCU, también existe mucha confusión respecto a la terminología (Lua, Lolin, versiones) y, en ocasiones, se mezclan o incluso se usan como sinónimos. NodeMCU es un nombre que recoge tanto un firmware Open Source y como a una placa de desarrollo basados en el ESP8266.

En principio el nombre NodeMCU se refería principalmente al firmware. Actualmente esto se ha invertido y cuando hablamos de NodeMCU normalmente nos referimos a la placa de desarrollo.



Figura 2.14 Firmware NodeMCU

El firmware NodeMCU fue creado poco después de aparecer el ESP8266, el 30 de diciembre de 2013. Unos meses después, en octubre de 2014 se publicó la primera versión del firmware NodeMCU en Github. Dos meses más tarde se publicaba la primera placa de desarrollo NodeMCU, denominada devkit v0.9, siendo también Open Hardware.

El firmware NodeMCU podía grabarse en un ESP8266, tras lo cual podíamos programarlo con el lenguaje script Lua. La programación el Lua permitía la conexión y programación del ESP8266 de una forma mucho más sencilla que las herramientas oficiales proporcionadas por Espressif.

2.6.1 Placa de desarrollo NodeMCU

la placa de desarrollo NodeMCU está basada en el ESP12E y expone las funcionalidades y capacidad del mismo. Pero, además, añade las siguientes ventajas propias de placas de desarrollo:

- Puerto micro USB y convertor Serie-USB
- Programación sencilla a través del Micro-USB
- Alimentación a través del USB
- Terminales (pines) para facilitar la conexión
- LED y botón de reset integrados

2.6.1.1 Primera generación V0.9

La versión original del NodeMCU se denominó devkit v0.9, y montaba un ESP12 junto a 4MB de flash. El ESP12 es similar al ESP12E, pero carece de una hilera de pines por lo que dispone de menos GPIO.

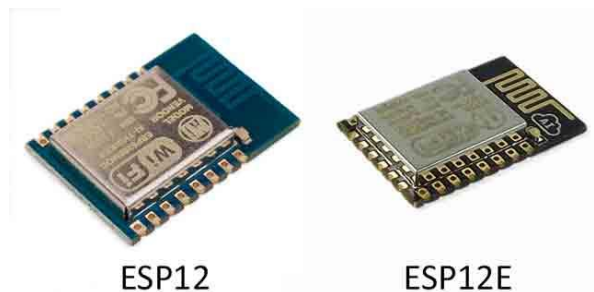


Figura 2.15 Primera generación devkit V0.9

2.6.1.2 Segunda generación V1.0 / V2

La siguiente versión del NodeMCU es la v1.0 V2. De forma resumida Amica, una compañía creada por el alemán Gerwin Janssen, fabricó su propia versión mejorada de la v0.9. Al equipo original de NodeMCU le gustó y la declararon versión "oficial" de NodeMCU.

La principal diferencia de la versión v1.0 v2 es que monta un ESP12E en lugar de un ESP12, por lo que tiene más pines disponibles que el modelo original. Además, es más estrecha que la versión 0.9, tapando sólo 8 hileras de una breadboard. Esto deja una hilera adicional a cada lado para realizar conexiones.

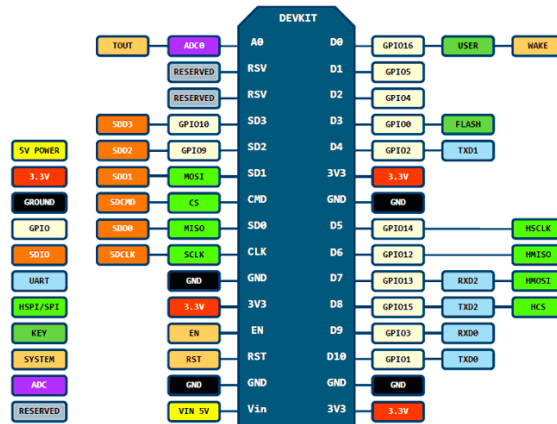


Figura 2.16 Segunda versión V1.0 / V2.

2.6.1.3 Tercera generación V1.0 / V3

Básicamente el fabricante Lolin/Wemos decidió crear su propio diseño "mejorado" con unos cuantos cambios menores.

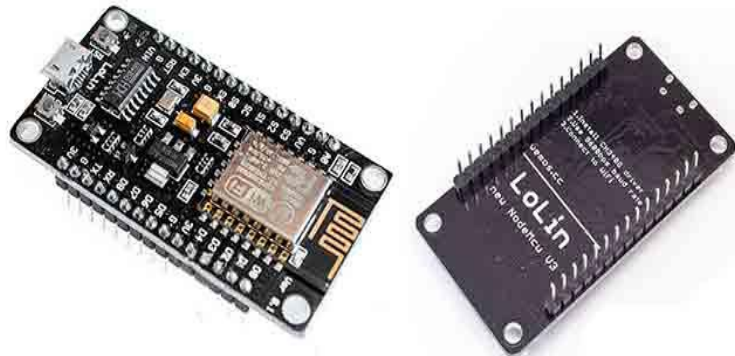


Figura 2.17 tercera generación V1.0 / V3

El cambio principal es que la V3 monta un convertor serial CH340G en lugar del CP2102. El fabricante asegura que hace que el puerto USB sea más robusto. Por otro lado, reusaron los dos pines reservados de la V2 para sacar un GND y un VUSB.

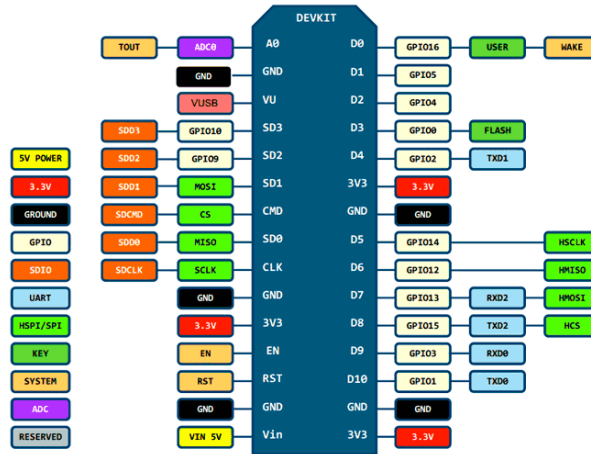


Figura 2.18 Cambios convertor CH340G.

2.6.1.4 Versiones placa NodeMCU

Generación	Versión		Módulo	Anchura	Comentario
Primera	0.9		ESP12	10 pines	La original, no está a la venta
Segunda	1.0	V2	ESP12E	8 pines	Versión "oficial"
Tercera	1.0	V3	ESP12E	10 pines	Versión de Wemos/Lolin. Convesor CH340G

2.7 Multiplexor CD74HC4067

Los multiplexores y demultiplexores son dispositivos que nos permiten controlar un mayor número de dispositivos con un número menor de entradas o salidas. Podemos emplear estos dispositivos para ampliar el número de entradas y salidas de un procesador como Arduino.

Un multiplexor (o mux) permite dirigir múltiples señales a una única entrada. El dispositivo inverso se denomina demultiplexor (o demux) y permite dirigir una única señal a múltiples salidas.

El CD74HC4067 es un Multiplexor/Demultiplexor de 16 canales bidireccionales. Podemos considerarlo como un interruptor controlado digitalmente, que conecta el pin común con uno de los canales disponibles.

Esto permite escribir o leer de 16 dispositivos con solo 5 pines. 4 de ellos controlan el dispositivo que queremos leer. El pin restante recoge la señal leída o escrita en el canal seleccionado.

EL CD74HC4067 funciona con señales digitales y analógicas tanto como entrada como salida. Por este motivo a este tipo de dispositivos se les denomina ampliadores de entradas y salidas (I/O expanders).

EL CD74HC4067 también puede ser empleado en dispositivos de comunicación como el puerto serie, bus I2C o bus SPI. Por ejemplo, podemos conectar el pin TX del UART para enviar información a múltiples dispositivos. No obstante, para una comunicación completa necesitaremos más de un CD74HC4067, uno por cada pin que intervenga en la comunicación.

El máximo de corriente que puede proporcionar es 20 mA, limitado, pero tampoco es un gran problema dado que es similar a la intensidad máxima que puede proporcionar un pin de Arduino. Para corrientes superiores será necesaria una etapa de amplificación mediante transistor, o salida por relé.

La tensión de alimentación del CD74HC4067 es entre 2V a 6V. En cualquier caso, las tensiones de las señales de los dispositivos no pueden superar a la tensión Vcc.

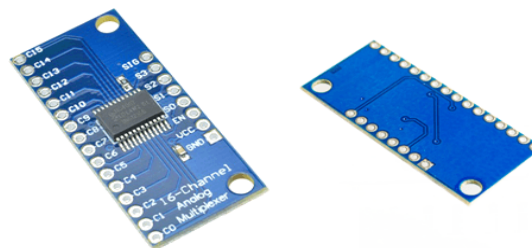


Figura 2.18 Multiplexor CD74HC4067

2.8 Batería

Las baterías en un sistema de energía solar fotovoltaica es la de acumular la energía producida por los paneles fotovoltaicos durante las horas de Sol para poderla utilizar durante la noche o en días nublados.

El uso de baterías también permite proveer una intensidad de corriente superior que la que puede ofrecer un panel fotovoltaico en funcionamiento. Este sería el caso si se utilizaran varios aparatos eléctricos en un mismo instante.

Una batería consta de pequeños acumuladores eléctricos de 2V integrados en el mismo elemento; tiene corriente continua a 6, 12, 24 o 48V. El acumulador es la celda que almacena energía a través de un proceso electroquímico. De este modo, cuando hablamos de una batería de 12V, estamos hablando de un conjunto en serie de 6 celdas de plomo-ácido de 2V cada una.

2.8.1 Funcionamiento de las baterías

Las baterías tienen la función de aportar energía eléctrica en el sistema en el momento en que los paneles fotovoltaicos no generan la electricidad necesaria (por ejemplo, durante la noche o en momentos de poca luminosidad).

En el momento en que los paneles fotovoltaicos pueden generar más electricidad que la demandada por el sistema eléctrico toda la energía demandada es suministrada por los paneles y la sobrante se utiliza para cargar las baterías.

2.8.2 clase de baterías solares

Hay dos tipos de baterías según su ciclo:

- Baterías de ciclo bajo
- Baterías de ciclo profundo

2.8.2.1 Baterías de ciclo bajo

Las baterías de ciclo bajo están diseñadas para suplir una cantidad de corriente por un corto período de tiempo y soportar pequeñas sobrecargas sin perder electrolitos, como en el caso de las de automóviles.

Sin embargo, estas baterías no soportan descargas profundas. Si son descargadas repetidamente por debajo del 20%, se acorta su vida útil considerablemente. Por lo tanto, estas baterías no son una buena elección para sistemas solares fotovoltaicos.

2.8.2.2 baterías de ciclo profundo

Están diseñadas para ser descargadas repetidamente hasta un 80% de su capacidad. Esta característica las convierte en la mejor opción para sistemas de energía solar.

2.8.3 Características de un acumulador eléctrico

Una de las más importantes a la hora de escoger un acumulador, es la capacidad, que es la cantidad de electricidad en amperios (A) que se puede obtener de una descarga completa del acumulador eléctrico cuando éste tiene un estado de carga total.

Otro parámetro importante es la eficiencia de carga, que es la relación entre la energía utilizada para rellenar el acumulador y la realmente almacenada. Por lo tanto, cuanto más cercano al 100% mejor.

Auto descarga, proceso de un acumulador eléctrico que sin estar en uso tiende a descargarse.

Profundidad de descarga, cantidad de energía que se obtiene durante una descarga estando en carga total (%).

2.8.4 Factores a tener en cuenta

La vida útil de una batería para instalaciones solares suele ser de unos 10 años, pero si se realizan descargas frecuentes de forma profunda (> 50%) su vida útil cae en picado. Por lo tanto, es conveniente instalar la capacidad suficiente para que no se supere el 50% de la descarga.

Otro factor muy importante es la temperatura, si ésta se mantiene entre 20 y 25°C la vida útil rondará los 10 años, pero si ésta se ve alterada en 10°C, la vida útil puede mermar hasta la mitad.

La vida útil de una batería para instalaciones solares suele ser de unos 10 años, pero si se realizan descargas frecuentes de forma profunda (> 50%) su vida útil cae en picado. Por lo tanto, es conveniente instalar la capacidad suficiente para que no se supere el 50% de la descarga.

Otro factor muy importante es la temperatura, si ésta se mantiene entre 20 y 25°C la vida útil rondará los 10 años, pero si ésta se ve alterada en 10°C, la vida útil puede mermar hasta la mitad.

2.8.5 Tipo de baterías

Las baterías se clasifican según el tipo de tecnología de fabricación, así como de los electrolitos utilizados.

Las baterías más utilizadas en instalaciones solares son las ácido-plomo, por la relación de precio por energía disponible. Su eficiencia está entre un 85-95%, mientras que las Ni-Cad en un 65%.

Seguramente las mejores baterías serían las de litio (móvil) pero no son viables económicamente.

2.8.5.1 Baterías de ácido-plomo para aplicaciones solares

Todas las baterías de ácido-plomo fallan prematuramente cuando no son recargadas completamente después de cada ciclo. Si una batería de ácido-plomo se deja descargada (durante días) en algún momento, esto provocará una pérdida permanente de su capacidad.

2.8.5.2 Baterías líquidas - electrolito líquido

Son las más usadas. Hay dos tipos de baterías líquidas: de forma abierta, con tapas que permiten el cambio del agua. De forma sellada, que son cerradas, pero con válvulas que permiten las salidas de los posibles gases durante cargas excesivas.

Ventajas de las baterías líquidas:

- Las más antiguas
- Su producción permite precios económicos.
- Son menos problemáticas a las sobrecargas.

Desventajas:

- Existe el peligro de perder líquido (agresivo).
- Suelen tener una vida útil corta, entre 400 ciclos de carga y descarga.
- Temperaturas muy bajas pueden destruirlas rápidamente.

Hay otro tipo de baterías, donde el electrolito no se encuentra en estado líquido, éste se ha inmovilizado. En el caso de las baterías de gel, el electrolito se ha gelificado, y en el caso de las AGM (Absorption Glass Mat) se ha separado mediante una fibra de vidrio, con gran poder de absorción, que actúa como una esponja. Tanto las baterías de gel como las AGM, son de libre mantenimiento, nunca les será necesario añadir agua.

2.8.5.3 Baterías AGM - Absortion Glass Mat

Son las baterías más modernas y el ácido está fijado en fibras de vidrio que lo absorbe.

Casi todas las baterías AGM son de válvula regulada, VRLA (valve regulated lead acid)

Tienen todas las ventajas de las del hiello, además de los siguientes:

Ventajas:

- Buena vida útil.
- Más resistencia a climas fríos.
- Su auto descarga es mínima.
- Baja resistencia interna que permite corrientes altas.
- De ciclo profundo.

Desventajas:

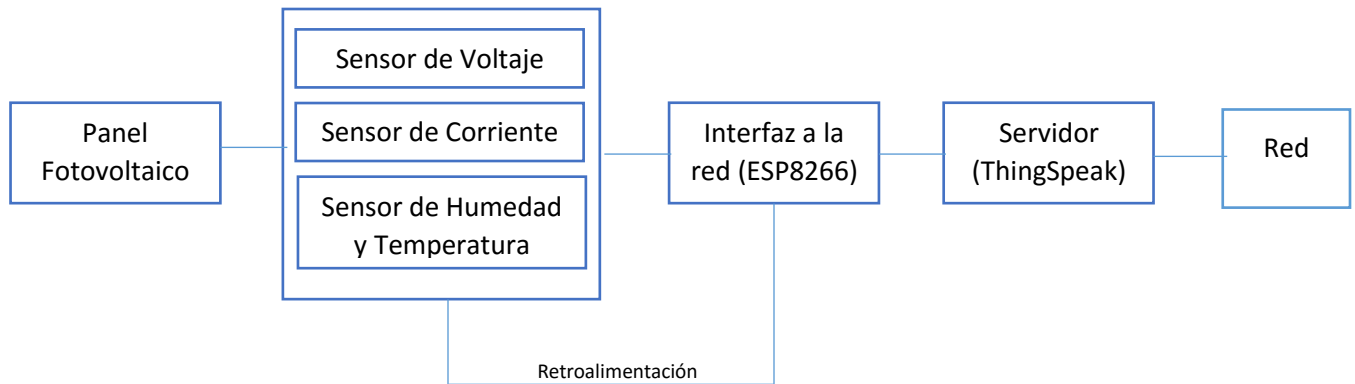
- Precio más elevado.

Cada vez más se tiende a las baterías de plomo AGM :, por su relación vida / precio, además de su fácil manejo.

Para alguien que puede asegurar la atención necesaria, la batería líquida puede ser la mejor opción, sobre todo teniendo en cuenta el precio.

Capítulo 3 Desarrollo e implementación del Proyecto

3.1 Diagrama a bloques del sistema



3.2 Estructura del panel fotovoltaico

Para el sistema fotovoltaico se utilizó un panel solar de 150W de 148cm de largo x 67cm de ancho.



Figura 3.1 Panel Fotovoltaico

Se diseñó en SolidWorks una base para el panel Fotovoltaico, tomando en cuenta que se utilizaría en el suelo para futuros proyectos y así poder moverse en distintos puntos que sea requerido.



Figura 3.2 diseño de la base para el panel fotovoltaico

Se diseñó la construcción de la base en donde el panel está colocado a 17° para su funcionamiento adecuado. Y así tener parámetros de medición más exactos.



Figura 3.3 Montaje del Panel Fotovoltaico a la base diseñada

Con la base ya elaborada se montó el panel para así empezar a realizar las mediciones.

3.2 Circuito del sensor de temperatura y humedad

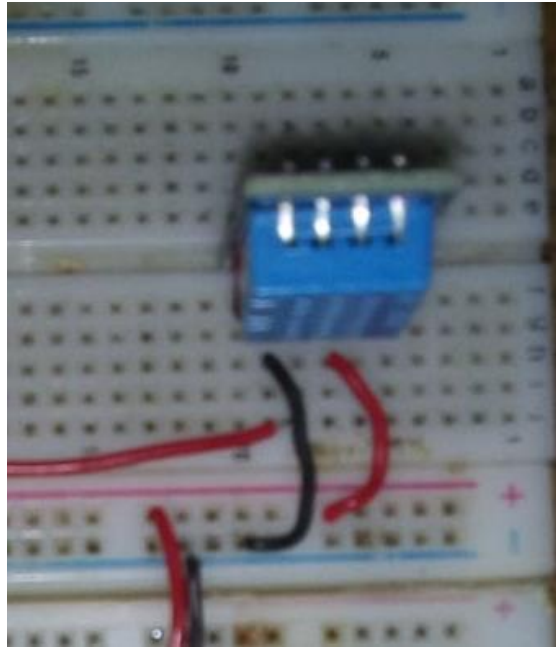


Figura 3.4 Montaje del Sensor DHT11 para su respectiva medición

Sensor que se utilizó para la medición de temperatura y humedad del panel, alimentado a 5V para su correcto funcionamiento.

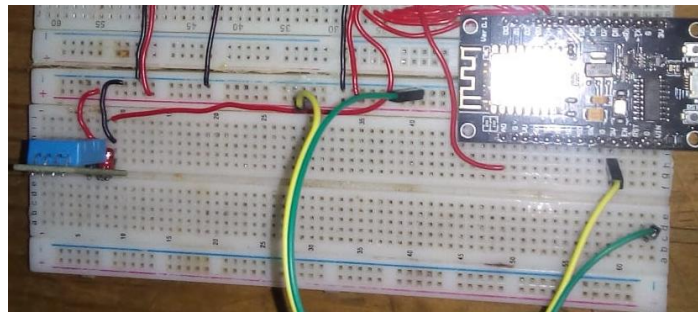


Figura 3.5 Conexión del sensor DHT11

Conexión del sensor DHT11 al NodeMCU ESP8266 el cual recibirá la información requerida y enviará los datos a la plataforma de servicio (ThingSpeak).

3.3 Circuito del sensor de voltaje y corriente

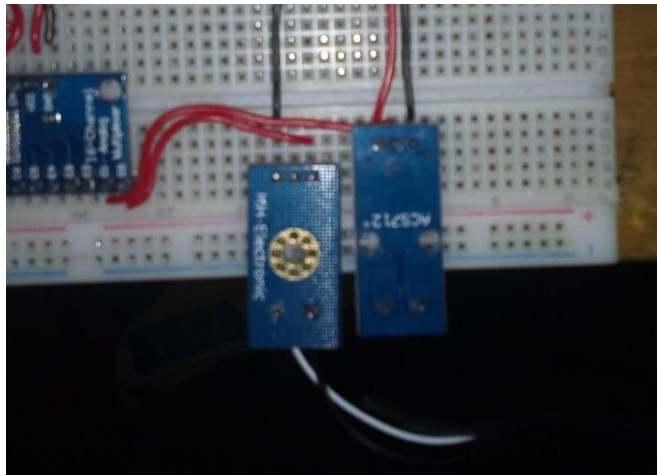


Figura 3.6 sensores ACS712 y FZ0430

Sensores conectados al panel fotovoltaico para su medición de corriente y voltaje los cuales son leídos por el Esp8266 para enviar los datos a la plataforma de servicios (ThingSpeak).

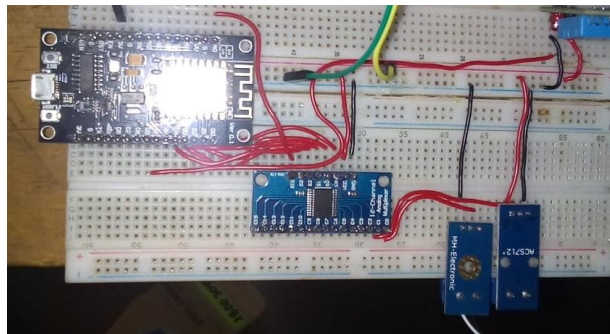


Figura 3.7 Sensores conectados al Multiplexor CD74HC4067

Sensores conectados al multiplexor para poder realizar la lectura de los sensores, se ocupó el multiplexor ya que el módulo NodeMCU Esp8266 solo cuenta con una entrada analógica (A0) y los sensores de corriente y voltaje son Analógicos, lo cual tuvimos que utilizar el multiplexor para realizar las mediciones de casa sensor utilizando una entrada analógica ya que el multiplexor se encarga de leer las entradas de los sensores una por uno para la obtención de datos y así ser enviados a la plataforma de servicios (ThingSpeak).

Capítulo 4 Resultados



Figura 4.1 Medición de Corriente T=10s



Figura 4.2 Medición de corriente T=20s



Figura 4.3 Medición de voltaje T=20s

Conclusión

Con la realización de este proyecto se obtuvo un sistema de monitoreo inalámbrico para la obtención de datos del panel fotovoltaico el cual nos proporciona información la cual podemos saber en qué valores opera el panel a diferentes horas del día.

Como se presentan los resultados, obtuvimos satisfactoriamente los datos de Temperatura, Humedad, voltaje y corriente; y así poderlos visualizarlos en la plataforma de servicios de Internet de las cosas ThingSpeak.

Gracias a este proyecto podemos visualizar parámetros en los que opera un panel sin necesidad de estar presentes.

Anexos

Código del Sistema de Monitoreo

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <SimpleDHT.h>
#define DHTPIN 14

int luminosidad;
int temperatura;
int humedad;
int voltaje;
int corriente;

String apiKey = "NV8UI43BP4PJ61LD";
const char* ssid = "TecNM";
const char* password = "";
const char* server = "api.thingspeak.com";
int pinDHT11 = 14;
int n_muestras;
SimpleDHT11 dht11;
WiFiClient client;
const int muxSIG = A0;
const int muxS0 = 16;//16 PINES EN EL NODEMCU
const int muxS1 = 5;//5 PINES EN EL NODEMCU
const int muxS2 = 4;//4
const int muxS3 = 0;//0
float Sensibilidad=0.100;
```

```

int SetMuxChannel(byte channel)
{
    digitalWrite(muxS0, bitRead(channel, 0));
    digitalWrite(muxS1, bitRead(channel, 1));
    digitalWrite(muxS2, bitRead(channel, 2));
    digitalWrite(muxS3, bitRead(channel, 3));
}

void setup() {
    Serial.begin(115200);
    delay(10);
    pinMode(A0, INPUT);
    pinMode(muxS0, OUTPUT);
    pinMode(muxS1, OUTPUT);
    pinMode(muxS2, OUTPUT);
    pinMode(muxS3, OUTPUT);
    WiFi.begin(ssid, password);
    Serial.println();
    Serial.println();
    Serial.print("Connecting to ");
    Serial.println(ssid);
    WiFi.begin(ssid, password);
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        delay(500);
        Serial.print(".");
    }
    Serial.println("");
    Serial.println("WiFi connected");
}

```

```

void loop() {
  byte temperatura = 0;
  byte humedad = 0;
  //byte luminosidad = analogRead(A0);
  if (dht11.read(pinDHT11, &temperatura, &humedad, NULL)) {
    Serial.print("Read DHT11 failed.");
    return;
    SetMuxChannel(0);
    byte muxValue = analogRead(muxSIG);
    float voltaje = (float)25*analogRead(muxSIG)/1023;
    Serial.print("Voltaje medido = ");
    Serial.print(voltaje);
    Serial.print("\t");
    delay(500);

    SetMuxChannel(1);
    byte muxValue2 = analogRead(muxSIG);
    float get_corriente(int n_muestras);
  {
    float voltajeSensor;
    float corriente=0;
    for(int i=0;i<n_muestras;i++)
    {
      voltajeSensor = analogRead(muxSIG) * (5.0 / 1023.0);////lectura del sensor
      corriente=corriente+(voltajeSensor-2.5)/Sensibilidad; //Ecuación para obtener la
      corriente
    }
    corriente=corriente/n_muestras;
  // return(corriente);

```

```

}
    float l=get_corriente(200);//obtenemos la corriente promedio de 500 muestras
Serial.print("Corriente Isc medida= ");
// Serial.print(';');
Serial.print(l,3);
Serial.print("\t");
Serial.println(muxValue);
    delay(500);
}
if (client.connect(server, 80)) {
    String postStr = apiKey;
    postStr += "&field1=";
    postStr += String((int)luminosidad);
    postStr += "&field2=";
    postStr += String((int)temperatura);
    postStr += "&field3=";
    postStr += String((int)humedad);
    postStr += "&field4=";
    postStr += String((int)voltaje);
    postStr += "&field5=";
    postStr += String((int)corriente);
    postStr += "\r\n\r\n";
    client.print("POST /update HTTP/1.1\n");
    client.print("Host: api.thingspeak.com\n");
    client.print("Connection: close\n");
    client.print("X-THINGSPEAKAPIKEY: " + apiKey + "\n");
    client.print("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded\n");
    client.print("Content-Length: ");

```

```
client.print(postStr.length());  
client.print("\n\n");  
client.print(postStr);  
Serial.println("% send to Thingspeak");  
}  
client.stop();  
Serial.println("Waiting...");  
delay(120000);  
}
```

Referencias

Rouse, (2017), Internet de las cosas, Casa publicadora. Recuperado de <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Internet-de-las-cosas-loT>

Rouse, (enero 12-2009) Internet de las cosas, Colombia, casa publicadora. recuperado de <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Internet-de-las-cosas-loT>

Cisco IBSG, 2010; Oficina de Censos de EE. UU., 2010.

D. Chemisana and C. Lamnatou, "Photovoltaicgreen roofs: An experimental evaluation of system performance," Appl. Energy, vol. 119, pp. 246–256, 2014.

C. Lamnatou and D. Chemisana, "A critical analysis of factors affecting photovoltaic-green roof performance," Renew. Sustain. Energy Rev., vol. 43, pp. 264–280, 2015.

Revista entorno, Universidad Tecnológica de El Salvador, www.utec.edu.sv, junio 2016

<https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/baterias-solares>

https://www.cisco.com/c/dam/global/es_mx/solutions/executive/assets/pdf/internet-of-things-iot-ibsg.pdf