



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM VALLE DE MÉXICO

**EVALUACIÓN DE SENSORES DE VARIABLE FÍSICA
PARA SU APLICACIÓN EN IOT PARA LA INDUSTRIA**

TESIS

Que para obtener el Título de

INGENIERO EN SISTEMAS Y COMUNICACIONES

Presenta

C. Daniela Mendoza Colin

Asesor: Dr. Carlos Omar González Morán

Atizapán de Zaragoza, Edo. de Méx. Septiembre de 2021



Resumen

Este trabajo se desarrolló en tres prototipos hechos en el laboratorio de la universidad que son portables para lograr un sistema de seguridad, que estará basado en la adquisición de datos en base a los sensores de variable física como la temperatura, la humedad, la intensidad de luz y la detección de la presencia de las personas mediante un sensor piroeléctrico. Este prototipo de sistema de seguridad se implementó utilizando la tecnología del Internet de las cosas (IoT) con el módulo ESP8266 nodeMCU. Para la adquisición de los registros, el usuario coloca los prototipos en los lugares donde se requiera en un espacio como una oficina o el lugar donde se busca mantener la seguridad de la cantidad de usuarios a ese espacio. Los sensores que se usaron son: el DHT11 (Sensor de Humedad y Temperatura), LDR (Sensor de intensidad de luz) y PVDF (Sensor con propiedades piroeléctricas). Los registros obtenidos son enviados a la plataforma Thingspeak (Online). El usuario visualizará los datos utilizando la aplicación Thingspeak que puede ser descargada gratuitamente en cualquier dispositivo conectado a internet.

Los 3 prototipos fueron evaluados para revisar su funcionamiento. Se hizo una adquisición de datos por 4 meses en una casa habitacional (dicha prueba se hizo en estas condiciones por cuestiones pandemia). Este sistema de seguridad al percibir la presencia del paso de personas, mandan los registros a la aplicación Thingspeak. Los registros obtenidos por el sistema son semejantes a la forma en que trabajan los sensores convencionales vendidos por empresas que se encargan de comprar o hacer sistemas para su venta. Por mencionar, algunas de estas empresas son: Velaré Sistemas de Seguridad, Soitmex, Circuitos eléctricos Nájera, CTV Security, Arcasoft-It, Protección Contra Incendios, Apache Networks México, Steren, DomoPlay-Casas Inteligentes. Donde los sistemas adquieren diferentes variables físicas como los cambios de temperatura para evitar riesgo de incendio.

Para poder llevar a cabo el desarrollo de los prototipos, se diseñaron 3 módulos que permiten alojar los sensores y tenerlos en un espacio físico.

La motivación para el desarrollo de este trabajo es un sistema de seguridad con sensores de uso común, agregando a este trabajo un sensor de construcción propia.

Además del complemento de un módulo ESP8266 nodeMCU para el desarrollo de un sistema IoT.

Este sistema permite visualizar los registros en gráficas, widgets con archivos descargables por si se requiere hacer un tipo de análisis de la información. Finalmente, este sistema de seguridad implementado tiene comunicación IoT y protocolos M2M lo cual lo hace un proyecto innovador.

Abstract

This work was developed using three prototypes made in university laboratory that are portable to achieve a security system, which will be based on the acquisition of data based on sensors with physical variables such as temperature, humidity, light intensity, and presence detection. of people using a pyroelectric sensor. This prototype security system was implemented using Internet of Things (IoT) technology with the ESP8266 nodeMCU module. To acquire of records, the system was placed on required place such as an office or wherever you need it. The sensors used: DHT11 (Humidity and Temperature Sensor), LDR (Light intensity sensor) and PVDF (Sensor with pyroelectric properties). The records obtained were sent to the Thingspeak platform (Online). The user will view the data using the Thingspeak application and can be downloaded for free on any device connected to the internet.

The 3 prototypes were evaluated to check it their performance. Data acquisitions were made for 4 months in a residential house (test was done under pandemic conditions). When the prototype perceiving people, it sends the records to the Thingspeak application. The records obtained by this prototype were like commercial systems. To mention, some of these companies are: Velaré Sistemas de Seguridad, Soitmex, Nájera electrical circuits, CTV Security, Arcasoft-It, Fire Protection, Apache Networks México, Steren, DomoPlay-Smart Homes. Where the system recording different physical variables such temperature changes to avoid the risk of fire.

To carry out the development of the prototypes, 3 boxes were designed to accommodate the sensors and have them in a place.

The motivation for developing this work is a security system with sensors in common use, adding to this work, one was built it in the university lab. In addition to the develop an IoT system was made using ESP8266 nodeMCU.

This system allows the records to be viewed in graphs, widgets with downloadable files in case a type of information analysis is required. Finally, this implemented security system has IoT communication and M2M protocols, which makes it an innovative project.

Índice

Lista de Figuras.....	XIII
Lista de Tablas.....	XVII
Lista de Acrónimos.....	XVIII
Capítulo 1. Introducción.....	1
1.1 Planteamiento del Problema	9
1.2 Objetivos	14
1.2.1 Objetivo General.....	14
1.2.2 Objetivos Específicos	14
1.3 Delimitación o alcances de la investigación	15
1.4 Hipótesis.....	16
1.5 Justificación.....	16
1.6 Metodología.....	16
Metodología del Sistema de Seguridad IoT.....	16
1.6.1 Recopilación de la información.....	17
1.6.2 Sensores de variable física	17
1.6.2.1 Sensor de Temperatura y Humedad (DHT11).....	17
1.6.2.2 Sensor de Luminosidad (LDR)	18
1.6.2.3 Sensor con membrana PVDF.....	19
1.6.3 Diseño e impresión 3D del módulo para el alojamiento de los sensores.....	21
1.6.4 Comunicación con el módulo ESP8266 nodeMCU	22
1.6.6 Comunicación usando el protocolo M2M de los 3 prototipos	24
Capítulo 2. Marco teórico y Estado del arte.....	26
2.1 ESP8266 nodeMCU	26
2.2 Thingspeak.....	27

2.3 Protocolo MQTT	28
2.4 Robo a casa habitacional en México	29
2.5 Internet de las Cosas (IoT)	31
2.6 Machine to Machine (M2M)	31
2.7 Adquisición de Datos (DAQ).....	32
2.8 Datos relevantes de los trabajos citados	33
2.9 Técnicas de Electro hilado	36
2.9.1 Electrospinning.....	36
2.9.1.1 Características.....	36
2.9.1.2 Usos/Aplicaciones	36
2.9.1.3 Ventajas	36
2.9.1.4 Desventajas.....	36
2.9.2 Sputtering	37
2.9.2.1 Características.....	37
2.9.2.2 Usos/Aplicaciones	37
2.9.2.3 Ventajas	37
2.9.2.4 Desventajas.....	37
2.9.3 Electron Beam Evaporation.....	38
2.9.3.1 Características.....	38
2.9.3.2 Usos/Aplicaciones	38
2.9.3.3 Ventajas	38
2.9.4 Chemical Vapor Deposition	39
2.9.4.1 Características.....	39
2.9.4.2 Usos/Aplicaciones	39
2.9.4.3 Ventajas	39

2.9.4.4 Desventajas.....	39
Capítulo 3. Propuesta y Desarrollo.....	41
3.1 Propuesta.....	41
3.2 Propósito.....	42
3.3 Alcance.....	43
3.4 Evaluación Económica.....	43
3.5 Ventaja Económica.....	44
3.6 Diagrama de Caso de Uso.....	44
3.7 Desarrollo.....	47
3.7.1 Diseño 3D de los módulos para el alojamiento del prototipo final.....	47
3.7.2 Impresión 3D.....	56
3.7.3 Electrospinning para elaborar los sensores PVDF.....	57
3.7.4 Diseño del sensor con la membrana de PVDF.....	58
3.7.5 Adquisición de datos del sensor de fluoruro de polivinilideno (PVDF) en la nube, usando Thingspeak.....	59
3.7.6 Comunicación del sensor LDR por medio del IoT.....	60
3.7.7 Comunicación del sensor DHT11 por medio del IoT.....	61
3.7.8 Comunicación WiFi de 4 Variables Físicas de un Dispositivo IoT en la nube.....	62
3.7.9 Plataformas IoT Thingspeak para la adquisición de datos por medio de la comunicación WiFi de 4 variables físicas.....	63
3.7.9.1 Acerca de Thingspeak.....	63
3.7.9.1.1 Recoger (Envíe los datos del sensor de forma privada a la nube).....	63
3.7.9.1.2 Analizar (Analice y visualice sus datos con MATLAB).....	63
3.7.9.1.3 Actuar (Desencadena una reacción).....	64
3.7.9.2 Funciones de Thingspeak.....	64

3.7.9.3 ¿Qué tipo de datos acepta Thingspeak?	65
3.7.9.4 Requerimientos de Thingspeak	65
3.7.9.4.1 Dispositivos	65
3.7.9.4.2 Sitio web	65
3.7.9.4.3 Navegadores compatibles	65
3.7.9.4.4 Configuración del navegador requerida.....	66
3.7.9.4.5 Análisis y visualizaciones de MATLAB en Thingspeak.....	66
Capítulo 4. Pruebas y Resultados	73
4.1 Prueba de la Adquisición de datos del sensor de fluoruro de polivinilideno (PVDF) en la nube, usando Thingspeak.	73
4.2 Comunicación del sensor LDR por medio del IoT	74
4.3 Comunicación del sensor DHT11 por medio del IoT	75
4.4 Comparación del Sensor PVDF contra el sensor PIR	76
4.5 Comunicación Wifi de 4 Variables Físicas de un Dispositivo IoT en la nube... 78	
4.6 Resultados de la comunicación usando el protocolo M2M de los 3 prototipos 80	
4.6.1 Módulo 1.....	81
4.6.2 Módulo 2.....	82
4.6.3 Módulo 3.....	82
4.6.4 Vista de la oficina con gente.....	83
4.7 Evaluación de sensores de variable física para su aplicación en IoT para la industria.....	84
4.8 Comportamiento de las 4 variables físicas con el protocolo M2M (MQTT)	88
4.9 Resultados visualizados desde el celular	91
4.10 Widgets: Resultados de cada módulo como las cámaras de seguridad.....	93
4.11 Alerta por medio de una notificación en Twitter.....	95
4.12 Base de datos de la adquisición de datos final (Thingspeak).....	96

Capítulo 5. Conclusiones.....	98
Capítulo 6. Trabajo a Futuro.....	100
Capítulo 7. Referencias	101
Anexos	106
Participación en el 8ª Coloquio de Investigación en Ciencia y Tecnología “IDEAS QUE TRANSFORMAN”	106

Lista de Figuras

<i>Figura 1.1 Aplicaciones del IoT</i>	4
<i>Figura 1.2 Aplicaciones/Tipos de sensores en IoT</i>	5
<i>Figura 1.3 Aplicaciones de los sensores en IoT</i>	6
<i>Figura 1.4 Incidencia ROBO A CASA En Atizapán De Zaragoza, enero-julio 2021</i>	9
<i>Figura 1.5 Incidencia ROBO A CASA En Nicolás Romero, enero-julio 2021</i>	10
<i>Figura 1.6 Metodología tipo cascada para la adquisición de datos para dispositivos IoT</i>	17
<i>Figura 1.7 Sensor de Temperatura y Humedad Relativa (DHT11)</i>	18
<i>Figura 1.8 Sensor de Luminosidad (LDR)</i>	18
<i>Figura 1.9 Tipos de Conexión del Sensor LDR</i>	19
<i>Figura 1.10 Diagrama esquemático funcional de un equipo de electrospinning (a) conjunto típico vertical y (b) conjunto típico horizontal.</i>	20
<i>Figura 1.11 Membrana de PVDF con electrodos de aluminio en la parte posterior y anterior del material</i>	21
<i>Figura 1.12 Circuito para la generación de señales a partir de Membrana de PVDF</i>	21
<i>Figura 1.13 Diseño 3D del Módulo</i>	22
<i>Figura 1.14 Módulo ESP8266 nodeMCU</i>	23
<i>Figura 1.15 Aplicación de programación en la nube Thingspeak</i>	24
<i>Figura 1.16 Sistema de seguridad IoT (marcados con X) en una oficina para las primeras pruebas</i>	24
<i>Figura 1.17 MQTT con Thingspeak</i>	25
<i>Figura 2.1 Registros de robo a casa habitación por entidad: total, tasas y cambio, marzo de 2020</i>	30
<i>Figura 2.2 Técnica de Electrospinning</i>	37
<i>Figura 2.3 Técnica de Sputtenring</i>	38
<i>Figura 2.4 Técnica de Electron Beam Evaporation</i>	39
<i>Figura 2.5 Técnica de Chemical Vapor Deposition</i>	40
<i>Figura 3.1 Diagrama de bloques del sistema de seguridad IoT</i>	41
<i>Figura 3.2 Diagrama del protocolo MQTT en Thingspeak</i>	42
<i>Figura 3.3 Diagrama Caso de Uso</i>	46
<i>Figura 3.4 Diseño de idea de caja</i>	47
<i>Figura 3.5 Pantalla principal de Tinkercad</i>	48
<i>Figura 3.6 Perfil en Tinkercad</i>	49

<i>Figura 3.7 Interfaz del software Tinkercad</i>	50
<i>Figura 3.8 Inicio de diseño (caja)</i>	50
<i>Figura 3.9a Posicionamiento del rectángulo hueco en el sólido.</i>	51
<i>Figura 3.9b Agrupar rectángulos</i>	52
<i>Figura 3.9c Unión para formar una caja</i>	52
<i>Figura 3.10a Medidas de los sensores</i>	53
<i>Figura 3.10b Cortes en cara principal de la caja</i>	53
<i>Figura 3.11 Cara trasera de la caja</i>	54
<i>Figura 3.12 Tapa de la caja</i>	54
<i>Figura 3.13 Diseño 3D finalizado</i>	55
<i>Figura 3.14 Exportación de Diseño en .STL</i>	55
<i>Figura 3.15 Impresión finalizada de la caja</i>	56
<i>Figura 3.16 Caja y tapa impresa 3D</i>	57
<i>Figura 3.17 Pasos para hacer las membranas de PVDF</i>	58
<i>Figura 3.18 Circuito para la generación de señales a partir de Membrana de PVDF</i>	59
<i>Figura 3.19 Simulación del sensor PVDF, con el circuito 555</i>	59
<i>Figura 3.20 1Relación del sensor con el módulo ESP8266 nodeMCU</i>	60
<i>Figura 3.21a Diagrama esquemático del sensor LDR</i>	60
<i>Figura 3.21b Diagrama 3D del sensor LDR</i>	61
<i>Figura 3.22a Diagrama esquemático del sensor DHT11</i>	61
<i>Figura 3.22b Diagrama 3D del sensor DHT11</i>	62
<i>Figura 3.23a Diagrama Esquemático del Prototipo Final</i>	62
<i>Figura 3.23b Monitores de seguridad industrial IoT conexiones</i>	63
<i>Figura 3.24 Diagrama del flujo de datos en Thingspeak</i>	67
<i>Figura 3.25a Diagrama del flujo del sensor LDR</i>	70
<i>Figura 3.25b Diagrama del flujo del sensor PVDF</i>	71
<i>Figura 3.25c Diagrama del flujo del sensor DHT11</i>	72
<i>Figura 4.1 Comportamiento del sensor PVDF</i>	73

<i>Figura 4.2 Comunicación sensor LDR</i>	74
Figura 4.3a Comunicación del sensor DHT11 en el rango	75
<i>Figura 4.3b Comunicación del sensor DHT11 en el sobre rango</i>	76
Figura 4.4 Sensor PIR	76
Figura 4.5 Funciones del PIR	77
Figura 4.6a Comunicación sensor PIR	78
<i>Figura 4.6b Comunicación sensor PIR con fallas</i>	78
Figura 4.7 Prototipos finales (alojamiento de sensores)	79
Figura 4.8 Primera adquisición de datos del prototipo final	79
Figura 4.9a Oficina 3D vista delantera	80
<i>Figura 4.9b Oficina 3D vista trasera</i>	81
Figura 4.10 Ubicación Módulo 1	81
Figura 4.11 Ubicación Módulo 2	82
Figura 4.12 Ubicación Módulo 3	82
Figura 4.13a Primera vista oficina con gente	83
<i>Figura 4.13b Segunda vista oficina con gente</i>	83
<i>Figura 4.13 c Tercera vista oficina con gente</i>	84
Figura 4.14 Datos obtenidos del Módulo1	85
Figura 4.15 Datos obtenidos del Módulo2	86
Figura 4.16 Datos obtenidos del Módulo3	87
Figura 4.17 Registros obtenidos por el sensor LDR por el protocolo MQTT	89
Figura 4.18 Registros obtenidos por el sensor DHT11 por el protocolo MQTT	90
Figura 4.19 Registros obtenidos por el sensor PVDF por el protocolo MQTT	91
Figura 4.20 Vista desde el celular del módulo 1	92
Figura 4.21 Vista desde el celular del módulo 2	92
Figura 4.22 Vista desde el celular del módulo 3	93

Figura 4.23 Widget del módulo 1	94
Figura 4.24 Widget del módulo 2	94
Figura 4.25 Widget del módulo 3	95
Figura 4.26a Alerta de posible incendio	95
<i>Figura 4.26b Alerta de movimiento sospechoso</i>	96
Figura 4.27 Base de datos Excel por Thingspeak	96
Figura 5a Constancia del 8 ^a Coloquio de Investigación en Ciencia y Tecnología	106
<i>Figura 5b Artículo del Trabajo Evaluación de Sensores de Variable Física para su Aplicación en IoT para la Industria.</i>	107
<i>Figura 5c Artículo del Trabajo Evaluación de Sensores de Variable Física para su Aplicación en IoT para la Industria.</i>	108
<i>Figura 5d Artículo del Trabajo Evaluación de Sensores de Variable Física para su Aplicación en IoT para la Industria.</i>	109
<i>Figura 5e Artículo del Trabajo Evaluación de Sensores de Variable Física para su Aplicación en IoT para la Industria.</i>	110
<i>Figura 5f Artículo del Trabajo Evaluación de Sensores de Variable Física para su Aplicación en IoT para la Industria.</i>	111

Lista de Tablas

Tabla 1.1 Comparativo de los últimos 5 años ROBO A CASA En Atizapán De Zaragoza	11
Tabla 1.2 Comparativo de los últimos 5 años ROBO A CASA en Nicolás Romero	12
Tabla 2.1 ESP8266 nodeMCU (Datos relevantes)	33
Tabla 2.2 Thingspeak (Datos relevantes)	33
Tabla 2.3 Protocolo MQTT (Datos relevantes)	34
Tabla 2.4 Robos casa habitacional (Datos relevantes)	34
Tabla 2.5 IoT (Datos relevantes)	34
Tabla 2.6 M2M (Datos relevantes)	35
Tabla 2.7 Adquisición de Datos (Datos relevantes)	35
Tabla 3.1 Costos Iniciales	43
Tabla 3.2 Costo Total del Proyecto	44
Tabla 3.3 Navegador recomendable	66
Tabla 3.4 Otros navegadores	66

Lista de Acrónimos

IoT: La internet de las cosas (Internet Of Things)

M2M: Machine to Machine, 'Máquina a Máquina'

LDR: Fotorresistor o Fotorresistencia

PVDF: Fluoruro de polivinilideno

IA: Inteligencia Artificial

DHT11: Sensor de humedad relativa y temperatura

PLA: Ácido poliláctico.

Widget: es una pequeña aplicación o programa, usualmente presentado en archivos o ficheros pequeños que son ejecutados por un motor de widgets o Widget Engine. Entre sus objetivos están dar fácil acceso a funciones frecuentemente usadas y proveer de información visual.

Microlumens: Unidad del Sistema Internacional de Medidas para medir el flujo de luz infrarroja.

Capítulo 1. Introducción

En la actualidad los sistemas de seguridad implementados son de gran ayuda para las empresas y casas habitación, existen empresas que se dedican a la compra/venta de sistemas de seguridad como es el caso de: Velaré Sistemas de Seguridad, Soitmex, Circuitos eléctricos Nájera, CTV Security, Arcasoft-It, Protección Contra Incendios, Apache Networks México, Steren, DomoPlay-Casas Inteligentes, que ofrecen un servicio de alarmas, cámaras de vigilancia, sensores de detección de incendios entre otros.

Los servicios brindados ayudan a mantener una vigilancia continua seguridad para evitar un robo o un incendio.

Los sistemas de seguridad que encontramos a la venta, su principal propósito es tener una solución pronta al peligro que se encuentran las empresas y casas habitacionales hoy en día. El vendedor tiene como prioridad saber lo que el cliente desea proteger, quién lo va a cuidar, características del entorno y el presupuesto disponible que se tiene para poder encontrar el sistema adecuado.

A la venta se cuentan con sistemas de alarma que se basan en la principal característica de activarse ante una sospecha de ingreso de personas, el cual permite emitir una señal de alerta a la persona de vigilancia. Por otra parte, se tienen sistemas de cámaras de seguridad y su característica es visualizar el espacio que se va a resguardar, estas cámaras se pueden tener en un cuarto de seguridad o en dispositivos móviles. También en el mercado se encuentran sistemas de protección contra incendios, donde su funcionalidad es la detección de eventos de fuego, que abarcan componentes como lo son sensores, dispositivos de iniciación y despliegues visuales, auditivos y mecánicos. Cada uno de estos sistemas tienen un cierto costo individual basados en cuantos se requieren para dicho lugar que se requiere monitorear, pero también se venden en sistemas integrados, esto referidos a poder contener los 3 sistemas integrados en uno solo, este de un costo más elevado.

En base a la investigación hecha previamente se dispuso a encontrar un microcontrolador que permita programar de una manera sencilla y eficaz un sistema de seguridad, para el desarrollo de este trabajo, se encontraron tecnologías basadas en una placa ESP8266 nodeMCU que contiene un microcontrolador con la característica de ser programado mediante el software libre de Arduino IDE instalado en una computadora. No son los únicos en su tipo, pero tienen ventajas como: son económicos y funcionales para efectos de este proyecto.

Otra de la tecnología importante para nuestro trabajo, es mandar los datos a la nube usando el internet de las cosas (IoT). Internet of Things (IoT) describe la red de objetos físicos (cosas) que incorporan sensores, software y otras tecnologías con el fin de conectar e intercambiar datos con otros dispositivos y sistemas a través de Internet. Estos dispositivos van desde objetos domésticos comunes hasta herramientas industriales sofisticadas, (¿Qué es Internet of Things (IoT)?, s. f.).

Las tecnologías que han hecho posible el IoT son las que se describen a continuación:

- **Acceda a la tecnología de sensores de bajo coste y baja potencia.** Los sensores asequibles y fiables están haciendo posible la tecnología IoT para más fabricantes.
- **Conectividad.** Una gran cantidad de protocolos de red para Internet ha facilitado la conexión de sensores a la nube y a otras “cosas” para lograr una transferencia de datos eficiente
- **Plataformas de informáticas en la nube.** El aumento en la disponibilidad de plataformas en la nube permite a las empresas y a los consumidores acceder a la infraestructura que necesitan para escalar sin tener que administrarlo todo.
- **Machine learning y analítica.** Con los avances en machine learning y analítica, junto con el acceso a cantidades grandes y variadas de datos almacenados en la nube, las empresas pueden recopilar información más rápida y fácilmente. Por un lado, el surgimiento de estas tecnologías aliadas

sigue traspasando los límites de IoT; por otro, los datos producidos por IoT también alimentan estas tecnologías.

- **Inteligencia artificial (IA) conversacional.** Los avances en las redes neuronales han llevado el procesamiento del lenguaje natural (PLN) a los dispositivos IoT (como los asistentes personales digitales Alexa, Cortana y Siri) y los han hecho atractivos, asequibles y viables para uso doméstico.

Hasta ahora las industrias que se han podido beneficiarse del IoT son las organizaciones que tienen mejor posición para usar IoT son aquellas que usan dispositivos con sensores para procesos de negocio. Por ejemplo:

- **Automoción.** La industria automotriz puede obtener ventajas significativas del uso de aplicaciones de IoT. Además de las ventajas de aplicar IoT a las líneas de producción, los sensores pueden detectar fallas inminentes del equipo en vehículos que ya están en la carretera y pueden alertar al conductor con información y recomendaciones.
- **Transporte y logística.** Se benefician de una variedad de aplicaciones de IoT. Las flotas de automóviles, camiones, barcos y trenes que llevan mercancía se pueden redirigir según las condiciones climáticas, la disponibilidad del vehículo o la disponibilidad del conductor, gracias a los datos del sensor IoT.
- **Comercio minorista.** Las aplicaciones de IoT permiten a las empresas minoristas administrar el inventario, mejorar la experiencia del cliente, optimizar la cadena de suministro y reducir los costes operativos.
- **Sector público.** Las ventajas de IoT en el sector público y otros entornos relacionados con los servicios son igualmente amplios. Las aplicaciones de IoT pueden recopilar datos sobre el alcance de una interrupción e implementar recursos para ayudar a las empresas de servicios públicos a recuperarse de las interrupciones con mayor velocidad.
- **Atención sanitaria.** Por ejemplo, cuando las sillas de ruedas de un hospital están equipadas con sensores de IoT, pueden rastrearse desde la aplicación de supervisión de activos de IoT

- **Seguridad general en todas las industrias.** Rastrear los activos físicos, IoT se puede usar para mejorar la seguridad de los trabajadores.

(¿Qué es Internet of Things (IoT)? - Oracle México, s.f.) nos describe que la capacidad de IoT para proporcionar información del sensor y permitir la comunicación de dispositivo está impulsando un amplio conjunto de aplicaciones.

A continuación, en la Figura 1.1 se muestran algunas aplicaciones más relevantes.



Figura 1.1 Aplicaciones del IoT

Nota: Aplicaciones del Internet de las Cosas (IoT). (s. f.). [Figura]. INTERNET DE LAS COSAS (IOT). <https://www.iberdrola.com/innovacion/internet-de-las-cosas-iot>

Por lo que se refiere un sensor es un dispositivo que detecta y responde a los cambios en un entorno. Las entradas pueden provenir de distintas fuentes como puede ser la temperatura, luz, movimiento, presión entre otros. Los sensores nos generan información valiosa y al estar conectados a una red pueden compartir los

datos con otros dispositivos y sistemas de administración conectados, (Sensores IoT: tipos y aplicaciones | Nespra, 2019).

Cualquier sistema que se encuentre en el mercado tienen como objetivo:

- Capturar la información de forma sencilla.
- Ser fiable y seguro.
- Mínima interacción por parte del personal técnico.
- Disponibilidad de la información para los usuarios en cualquier momento y lugar.
- Cumplimiento de los requisitos de seguridad.
- Mantenimiento del sistema.

Los sensores son muy usados en aplicaciones de IoT esto se debe a que al ser instalados y conectados pueden capturar los datos que cada uno de ellos adquiere dependiendo al uso que ese sensor este diseñados.

En la Figura 1.2, se puede observar los tipos de los sensores en el IoT.

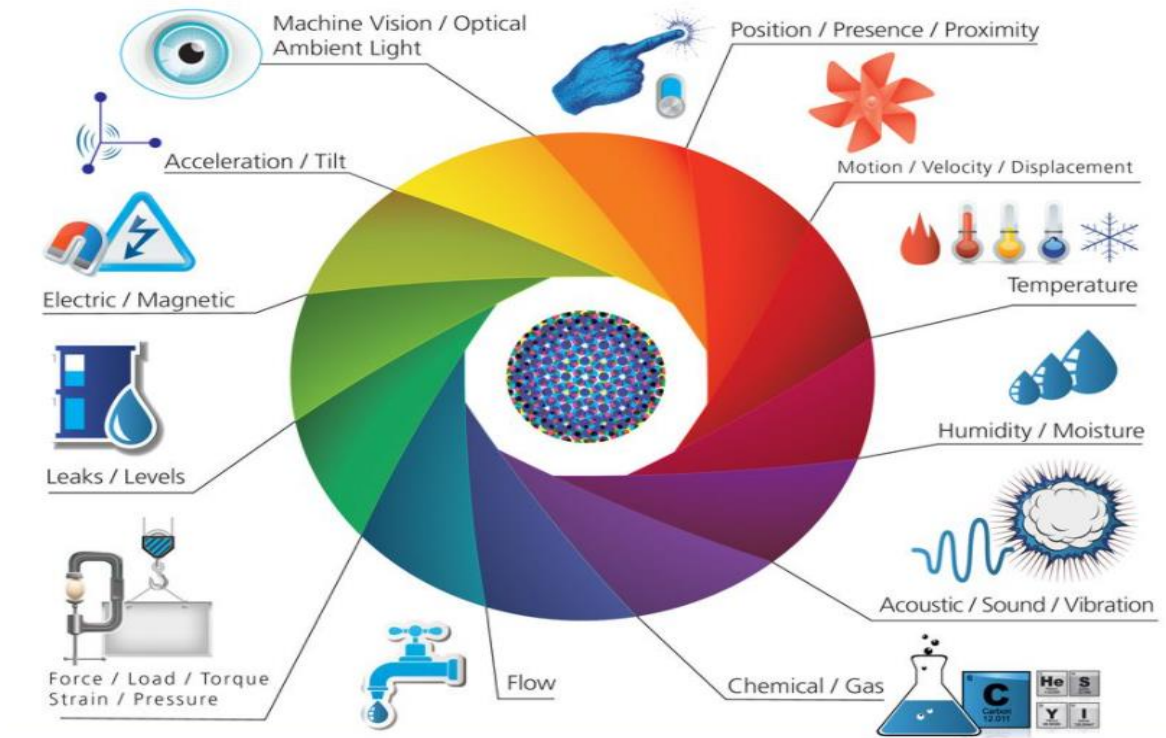


Figura 1.2 Aplicaciones/Tipos de sensores en IoT

Nota: Postscapes / Harbor Research CC BY 3.0. (s. f.). What Is The «Internet of Things»? [Figura]. What Is The «Internet of Things»? <https://www.postscapes.com/what-exactly-is-the-internet-of-things-infographic/>

En la actualidad el incremento de sensores conectados por medio de IoT derivado a los avances rápidos que han tenido diversas aplicaciones, en este momento hay 5 como se observa en la Figura 1.3, las que han dado más resultados es a las empresas y a la sociedad, porque gracias a estas aplicaciones en algunos sectores ha facilitado y ayudado a resolver los problemas.

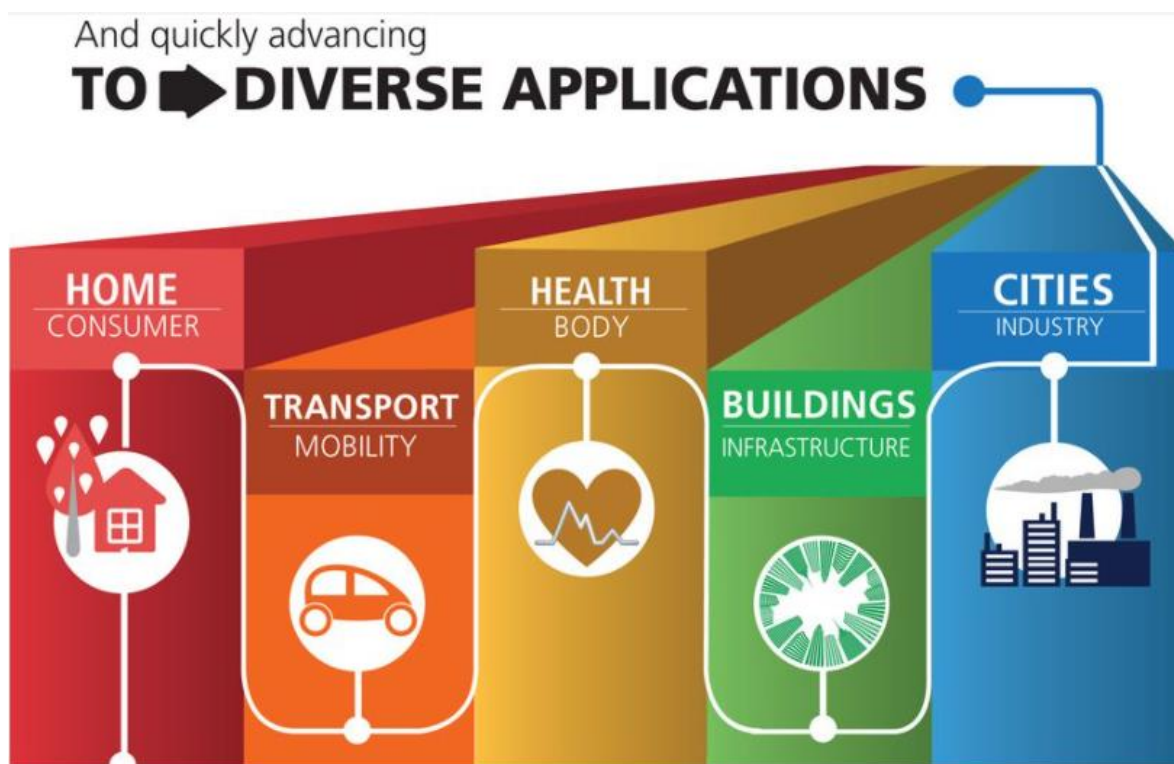


Figura 1.3 Aplicaciones de los sensores en IoT

Nota: Postscapes / Harbor Research CC BY 3.0. (s. f.). What Is The «Internet of Things»? [Figura]. What Is The «Internet of Things»? <https://www.postscapes.com/what-exactly-is-the-internet-of-things-infographic/>

Las aplicaciones vistas en la Figura 2, abarcan diferentes usos en los cuales se enfocan esto en base a la conectividad con el IoT.

Home Consumer: sus usos son en focos, seguridad, alimentación de mascotas, controlador de riego, alarma de humo, refrigerador, entretenimiento, lavadora / secadora, estufa y monitoreo de energía a través de Smart tv.

Transpor Mobility: se enfoca en el enrutamiento de tráfico, telemática, monitoreo de paquetes, estacionamiento inteligente, ajustes de seguros, cadena de suministro, envío, transporte público, aerolíneas, drones, robots y trenes.

Health Body: principalmente se basan en la Atención al Paciente, Monitoreo de Ancianos, Diagnóstico Remoto, Monitoreo de Equipos, Higiene Hospitalaria, Bio usables y Sensores de Alimentos.

Buldings Infrastructure: se basan en ayudar en la seguridad, HVAC, iluminación, electricidad, tránsito, alertas de emergencia, integridad estructural, ocupación y créditos de energía.

Cities Industry: en la ciudad es la parte donde se han encontrado la implementación de sensores para la distribución eléctrica, mantenimiento, vigilancia, señalización, utilities / smart grid, servicios de emergencia y gestión de residuos.

No obstante, aunque se tengan sistemas en el mercado con sensores integrados, se puede encontrar los mismos sensores en venta individual, los cuales son de apoyo para personas que no tiene acceso de sistemas con costo alto, puedan integrar uno, pero también dejando a las personas poder elaborar un sensor que pueda ser más económico y así mismo conectarlo al IoT para una adquisición de datos para su captura en la nube.

Para el sistema desarrollado se integró un sensor PVDF construido en el laboratorio de materiales y procesos inteligentes del Centro Universitario UAEM Valle de México y que no es comercial. Este sensor se elabora con la técnica de electrospinning, esta técnica de electro hilado, ha sido ampliamente estudiada durante los últimos años gracias a la posibilidad de crear fibras en escala de micrómetros y nanómetros para una gran variedad de aplicaciones biomédicas, esta técnica aporta a los elementos desarrollados con diversas características como:

amplia superficie por unidad de área, porosidad y una serie de propiedades mecánicas, siendo atractiva a nivel biotecnológico, la técnica es versátil por lo que ha permitido procesar una gran variedad de polímeros.

La propuesta es construir un prototipo que integra varios sensores comerciales de variable física, incluyendo el sensor PVDF que permitirá adquirir los datos de la presencia de seres vivos en algún sitio eso mediante a las radiaciones que genera una persona al paso por el lugar en donde se encuentre situado, esto dejando aún lado el uso del sensor PIR (sensor comercial), se decidió no usar este último, porque al realizar las pruebas con el PIR se percató de que el monitoreo no era de forma continua como el sensor PVDF lo es. Las variables que en este sistema de seguridad se integraron son la temperatura y humedad. Estas variables físicas se seleccionaron porque en una empresa o casa habitacional no solo se trata de prevenir el robo, sino que también algún siniestro como es el caso del fuego, de una manera rápida y eficaz. Otra variable física importante es la intensidad de luz que de acuerdo con algunos experimentos se registraron los datos en base a la cantidad de luz detectada al paso de los transeúntes. Una vez encontradas las variables físicas necesarias bajo previa investigación en la literatura se observa que estos sensores son los que se integran a sistemas de seguridad más vendidos en el mercado, por lo que debido al alto costo se opta por construir un prototipo más económico.

En base a los elementos descritos se construyó un sistema con 2 sensores comerciales y uno construido en laboratorio (LDR, DHT11 y PVDF) conectados al módulo ESP8266 nodeMCU, y los datos adquiridos se mandarán a la plataforma Thingspeak.

Thingspeak es una interfaz gráfica que permite programarla en conjunto con el módulo ESP8266 nodeMCU logrando una comunicación entre ellos en base al protocolo MQTT dejando adquirir los datos y subirlos a la nube para así mismo ser mostrados al usuario. La alarma que emite Thingspeak será mandada hacia nuestro twitter o correo electrónico (depende de lo que el cliente lo encuentre más pertinente) donde se indicará la temperatura y/o movimiento del lugar monitoreado.

Por otra parte, el sistema de seguridad implementado contará con 3 módulos (prototipos) que estarán ubicados en los puntos donde pueda tener un control del lugar, permitiendo al usuario visualizar los registros obtenidos a través de una interfaz gráfica, con dispositivos móviles incluso.

1.1 Planteamiento del Problema

La inseguridad surge debido a circunstancias como la desigualdad económica, delincuencia organizada y corrupción que se ha visto en los últimos años en el Estado de México y la Ciudad de México. Actualmente en el Estado de México, en Atizapán de Zaragoza y Nicolás Romero existe inseguridad porque en los últimos 5 años debido a la delincuencia organizada han aumentado los asaltos en transporte público y casas habitacionales.

En los últimos 3 meses se han registrado en el Semáforo Delictivo del Estado de México donde la incidencia de robo a casa habitación se encuentra en números rojos, esto debido a los actos de delincuencia que han vivido dichos municipios. Los municipios expuestos anteriormente han tenido de enero-julio del 2021 un conteo de 315 robos en casa; en Atizapán 194 y 121 en Nicolás Romero, dejándolos en semáforo rojo por su porcentaje en delincuencia delictiva, como se puede ver las Figuras 1.4 y 1.5, aquí se observa que se han detenido algunos robos, pero aun así no se ha detenido la incidencia delictiva.

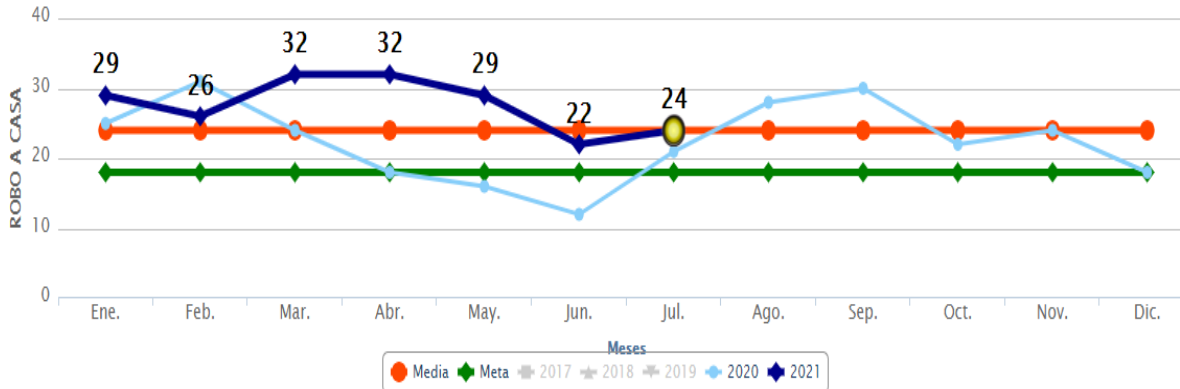


Figura 1.4 Incidencia ROBO A CASA En Atizapán De Zaragoza, enero-julio 2021

Nota. Gráfico representando el total de índices registrados por el semáforo delictivo del Estado de México en base a los incidentes de robo a casa en Atizapán de Zaragoza. Tomado de Incidencia ROBO A CASA En Atizapán de Zaragoza, por Semáforo Delictivo

Incidencia, 2021, Recuperado de <http://edomex.semaforo.com.mx/Semaforo/Incidencia>.

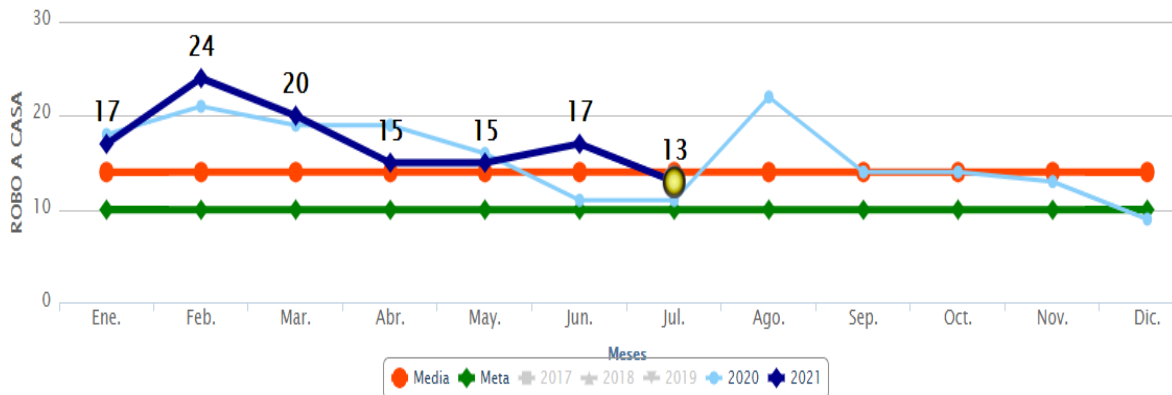


Figura 1.5 Incidencia ROBO A CASA En Nicolás Romero, enero-julio 2021

Nota. Gráfico representando el total de índices registrados por el semáforo delictivo del Estado de México en base a los incidentes de robo a casa en Nicolás Romero. Tomado de Incidencia ROBO A CASA En Nicolás Romero, por Semáforo Delictivo Incidencia, 2021, Recuperado de <http://edomex.semaforo.com.mx/Semaforo/Incidencia#>.

De acuerdo con (Semáforo Delictivo, 2021), de los últimos 5 años, se observa que no ha bajado la inseguridad que viven dichos municipios. A continuación, en las Tablas 1.1 y 1.2, se muestran los registros de cada año y por consecuencia cuantos actos delictivos han ocurrido cada mes.

Tabla 1.1 Comparativo de los últimos 5 años ROBO A CASA En Atizapán De Zaragoza

Mes	2017	2018	2019	2020	2021	2020vs2021
Enero	20	34	32	25	29	4
Febrero	21	22	21	31	26	5
Marzo	29	19	29	24	32	8
Abril	14	25	32	18	32	14
Mayo	16	28	21	16	29	13
Junio	23	20	28	12	22	10
Julio	24	28	28	21	24	3
Agosto	22	14	26	28		
Septiembre	19	15	24	30		
Octubre	23	26	19	22		
Noviembre	22	22	29	24		
Diciembre	25	36	13	18		
Total	258	289	302	269	194	
Media	22	24	25	22	28	47

Nota. Tabla comparativa representando el total de índices registrados por el semáforo delictivo del Estado de México en base a los incidentes de robo a casa en Atizapán de Zaragoza los últimos 5 años. Tomado de Comparativo de los últimos 5 años de Incidencia ROBO A CASA En Atizapán de Zaragoza, por Semáforo Delictivo Incidencia, 2021, Recuperado de <http://edomex.semaforo.com.mx/Semaforo/Ultimos5Anios>.

En la Tabla 1.1, describe cada uno de los resultados de los robos a casa habitacionales en Atizapán de Zaragoza, dando un panorama que hasta el momento el año donde hubo más robos fue en el 2019 (resaltado con el color rojo), no obstante, se puede visualizar que aún no se controla totalmente esta situación porque, aunque está bajando las cifras aún son muy altas, derivado a las medias anuales de cada uno de los años. Se hizo una comparación del año 2020 contra el 2021 hasta el mes de Julio, para revisar si han bajado los panoramas de estos actos delictivos y se percató que hasta ahorita el año 2021 (resaltado en color naranja), han aumentado los robos en comparación del 2020 hasta el mes de julio (resaltado en color verde), por lo tanto se tienen 47 casas de robo más que en el año 2020 (resaltado en color amarillo), cuando el semáforo delictivo del Estado de México se

encuentre en color amarillo es de preocuparse porque se siguen registrando números altos.

Tabla 1.2 Comparativo de los últimos 5 años ROBO A CASA en Nicolás Romero

Mes	2017	2018	2019	2020	2021	2020vs2021
Enero	11	12	16	18	17	1
Febrero	11	19	17	21	24	3
Marzo	14	11	11	19	20	4
Abril	19	17	13	19	15	4
Mayo	8	13	14	16	15	1
Junio	14	8	12	11	17	6
Julio	11	8	19	11	13	2
Agosto	19	15	19	22		
Septiembre	19	11	17	14		
Octubre	13	12	15	14		
Noviembre	19	8	13	13		
Diciembre	11	15	13	9		
Total	169	149	179	187	121	
Media	14	12	15	16	17	6

Nota. Tabla comparativa representando el total de índices registrados por el semáforo delictivo del Estado de México en base a los incidentes de robo a casa en Nicolás Romero los últimos 5 años. Tomado de Comparativo de los últimos 5 años de Incidencia ROBO A CASA En Nicolás Romero, por Semáforo Delictivo Incidencia, 2021, Recuperado de <http://edomex.semaforo.com.mx/Semaforo/Ultimos5Anios>.

En el caso del municipio de Nicolás Romero, se puede detectar por la media anual que el año que ha tenido más indicios de robo en casa habitación ha sido el año 2020 (resaltado en color rojo) el cual ha sido el más afectado, para poder tener una ponderación de cuantos robos se llevan más en este año se elaboró una comparativa del 2020 (resaltado en color verde) contra el año 2021 (resaltado en color naranja) esta comparativa se enfocó hasta el mes de julio para no desequilibrar los datos, y como resultado nos arrojó que se llevan 6 actos más arriba en el 2021 (resaltado en color amarillo) dejando un panorama que preocupa a la población porque en lugar de ir bajando se está incrementando y aunque se revisen los

registros se observa una notoria oscilación que suben y bajan los actos delictivos sin poner un alto.

Por otra parte, debido a que la gente ha perdido la confianza hacia las personas que se encuentran a cargo de la seguridad de los municipios, la población ha tenido que poner un alto a la delincuencia y esto ha sido con base a que cada familia tenga que contratar servicios de seguridad que les brinden mayor seguridad. El sistema de seguridad instalado en sus casas y oficinas tiene como objetivo monitorear dichos lugares para detectar personas ajenas al lugar.

El sistema implementado de seguridad tiene como objetivo ayudar a resolver la inseguridad, al ser instalado y poder monitorear las 24 horas del día en cualquier parte del mundo. Este sistema es económico (en base a los equipos comerciales), para la gente que no pueda comprar los servicios comerciales.

La relevancia de los sistemas de seguridad y las tecnologías IoT, así como las ventajas que ofrecen en nuestro día a día, es una realidad. Sin embargo, también presentan varios inconvenientes a tener en cuenta. La información que manejan estos dispositivos es cada vez más sensible o relevante, por lo que mantenerlos seguros resulta de vital importancia. Surgieron de la convergencia de sistemas microelectrónicos, inalámbricos y servicios de internet, lo que dio lugar a una gran red de objetos del ámbito cotidiano capaces de comunicarse entre ellos, sin necesidad de intervención humana.

El crecimiento de estos dispositivos supone también un incremento en el número de nuevas vulnerabilidades que les afectan. Llevar a cabo una correcta política de seguridad es una tarea de suma importancia.

Además, los sistemas de seguridad pueden centrarse en proteger inmuebles, personas y salvaguardar procesos industriales. En su concepto más general, estos sistemas están diseñados desde la protección de una vivienda común y corriente hasta controlar los fallos en cuartos de máquinas. Se puede afirmar que los sistemas de seguridad se han convertido en una necesidad básica real. Creando una demanda masiva por sistemas de seguridad tanto para hogares como negocios.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Diseñar y construir un sistema de seguridad usando sensores que midan variables físicas como temperatura, humedad, detección de la intensidad de luz y presencia de la radiación infrarroja de los humanos, utilizando tecnologías IoT y protocolos M2M con el dispositivo ESP8266 nodeMCU y Thingspeak, para lograr hacer una evaluación del funcionamiento de los monitores del sistema de seguridad.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Examinar las propiedades y técnicas de los polímeros PVDF.
- Elaborar membras de polímero PVDF con la técnica de Electrospinning para la confección de los sensores piroeléctricos a utilizar.
- Aplicar el funcionamiento del módulo ESP8266 nodeMCU.
- Diseñar e imprimir de nuestro paralelepípedo 3D para el alojamiento de los sensores.
- Desarrollar prototipos con componentes de hardware y software para la adquisición de registros en cualquier espacio físico a monitorear.
- Analizar los registros obtenidos a través de la aplicación Thingspeak, con el módulo ESP8266 nodeMCU.
- Visualizar los registros del sistema de seguridad a través de la aplicación Thingspeak, que con la ayuda de widgets podrán ser vistos de una manera más eficaz y rápida gratuitamente.
- Descargar los datos adquiridos por las 4 variables físicas (Temperatura, Humedad, Luminosidad y Presencia Infrarroja, en un archivo de texto .csv (extensión que significa "valores separados por comas"), para el análisis del usuario final.
- Demostrar que el sistema de seguridad implementado es una buena opción para el análisis de adquisición de datos en tiempo real, por medio de tecnologías IoT y M2M.

1.3 Delimitación o alcances de la investigación

El sistema de seguridad será diseñado para adquirir datos de 4 variables físicas (Temperatura, Humedad, Luminosidad, Presencia Infrarroja PVDF).

La visualización de datos será por medio de la aplicación Thinspeak por medio de sus widgets.

La aplicación Thingspeak almacenará los datos en un formato de Excel por las siguientes características:

- Un archivo de texto que ocupa menor espacio comparado a un video Mp4.
- La mayoría de los usuarios están familiarizados con el programa Excel y con hojas de cálculo.
- Es más rápido y eficaz al instante que se requiera visualizar los datos.
- Es gratuito y nos permite instalarlo en cualquier dispositivo conectado a internet.
- Podemos consultar los registros en cualquier parte del mundo y a la hora que deseemos.

El sistema de seguridad (prototipo) será alojado en cajas diseñadas e impresas 3D en base a software libre como lo es Tinkercad para su diseño y Flash-Print para la impresión.

1.4 Hipótesis

Por medio de las tecnologías del Internet de las Cosas (IoT) y protocolos M2M basándose en la adaptación que han tenido dichas tecnologías a través del desarrollo computacional, se demostrará que con módulos esp8266, sensores digitales y analógicos se puede brindar una opción de seguridad en una oficina o casa habitacional, que pueden sustituir al ser humano para lograr un monitoreo remoto de todas las personas que ingresan al entorno evaluado.

1.5 Justificación

Se cuentan con sistemas de seguridad por parte de empresas comerciales que cuyos costos son desde los \$2,500 hasta los \$18,300, y que la mayoría de la población no puede pagarlo.

Se requiere mejorar la seguridad de cada una de las familias aun costo económico, y así mismo brindar un sistema de seguridad que no ocupe demasiada instalación como otros sistemas, además de un fácil manejo.

Los datos adquiridos de cada uno de los módulos se obtendrán en tiempo real, dando como resultado la visualización de la información en cualquier dispositivo para poder activar una alarma a la persona encargada de la seguridad del entorno.

Derivado de lo anterior, al sistema se le adaptó un sensor piroeléctrico de diseño propio para la detección de radiaciones infrarrojas, permitiendo así obtener datos en tiempo real.

Los prototipos de seguridad se desarrollaron por medio de tecnologías del internet de las cosas (IoT) y protocolos M2M, porque estas tecnologías nos ayudan a enlazar la información proveniente de los sensores hacia un servidor en la nube.

1.6 Metodología

Metodología del Sistema de Seguridad IoT

En el presente trabajo está basado en una metodología tipo cascada que esta descrita en 6 fases (Figura 1.6), con el fin de tener una adquisición de datos para

registrar el comportamiento de variables físicas tales como luz, temperatura, humedad y presencia humana. Estos dispositivos IoT se conectarán mediante el protocolo M2M teniendo esta misma adquisición por medio de la gestión de los módulos ESP8266 nodeMCU para su análisis de los datos.

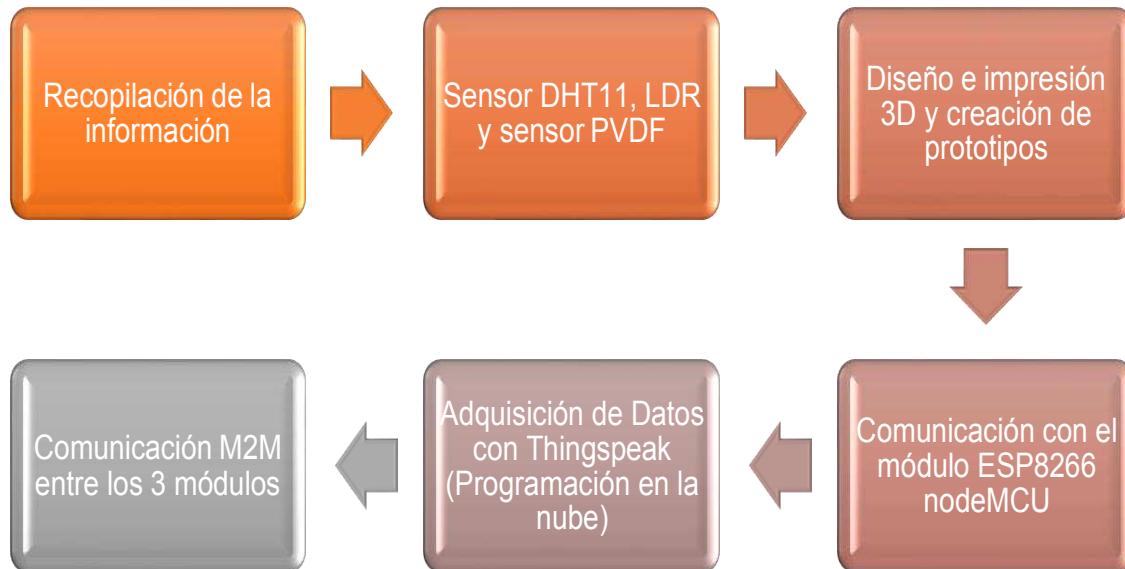


Figura 1.6 Metodología tipo cascada para la adquisición de datos para dispositivos IoT

A continuación, se describe cada una de las fases a realizar para tener el desarrollo de los prototipos finales.

1.6.1 Recopilación de la información

Antes de comenzar con el desarrollo de los prototipos se hizo una recopilación de la información. Se seleccionaron los sensores indicados para obtener la adquisición para medir variables físicas, cabe mencionar que cada uno de los sensores tiene una forma diferente de conexión. Finalmente, estos sensores se enlazaron al esp8266 nodeMCU.

1.6.2 Sensores de variable física

1.6.2.1 Sensor de Temperatura y Humedad (DHT11)

Es un sensor digital de temperatura y humedad relativa de bajo costo y fácil uso, ver Figura 1.7. Integra un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, y muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos (no posee salida analógica).

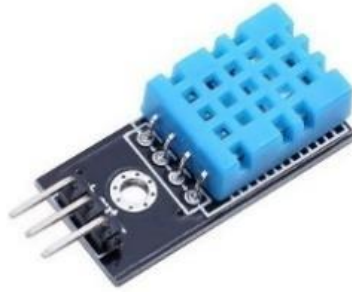


Figura 1.7 Sensor de Temperatura y Humedad Relativa (DHT11)

Características

- Compatible con sistemas electrónicos operando a 3 y 5 volts.
- Corriente máxima de 2.5 mA cuando se realiza la conversión.
- 0-80% Humedad relativa, precisión del $\pm 5\%$.
- 50°C de temperatura, precisión $\pm 2^\circ\text{C}$.
- Frecuencia de muestreo: No más de 1Hz.
- 4 pines de conexión espacio de 0.1 pulgadas.
- No requiere componentes activos externos.

1.6.2.2 Sensor de Luminosidad (LDR)

El sensor LDR es una fotorresistencia que varía su valor resistivo dependiendo de la cantidad de luz que incide sobre él ver Figura 1.8. El valor de resistencia eléctrica de un LDR es baja cuando hay luz incidiendo en él (en algunos casos puede descender el valor de hasta 50 Ohms) y muy alto cuando se encuentra en la oscuridad (puede llegar a tener varios MegaOhms). La variación del valor resistivo de un LDR tiene un retardo de 35 ms, que es diferente cuando pasa de la oscuridad a iluminado o viceversa.



Figura 1.8 Sensor de Luminosidad (LDR)

Conexión del LDR

El LDR se conecta en una configuración de divisor de voltaje usando otra resistencia conectada en serie, si se cambia el orden de los elementos podemos conseguir: 1. mayor luz, menor voltaje y 2. mayor luz, mayor voltaje como se observa en la Figura. 1.9.

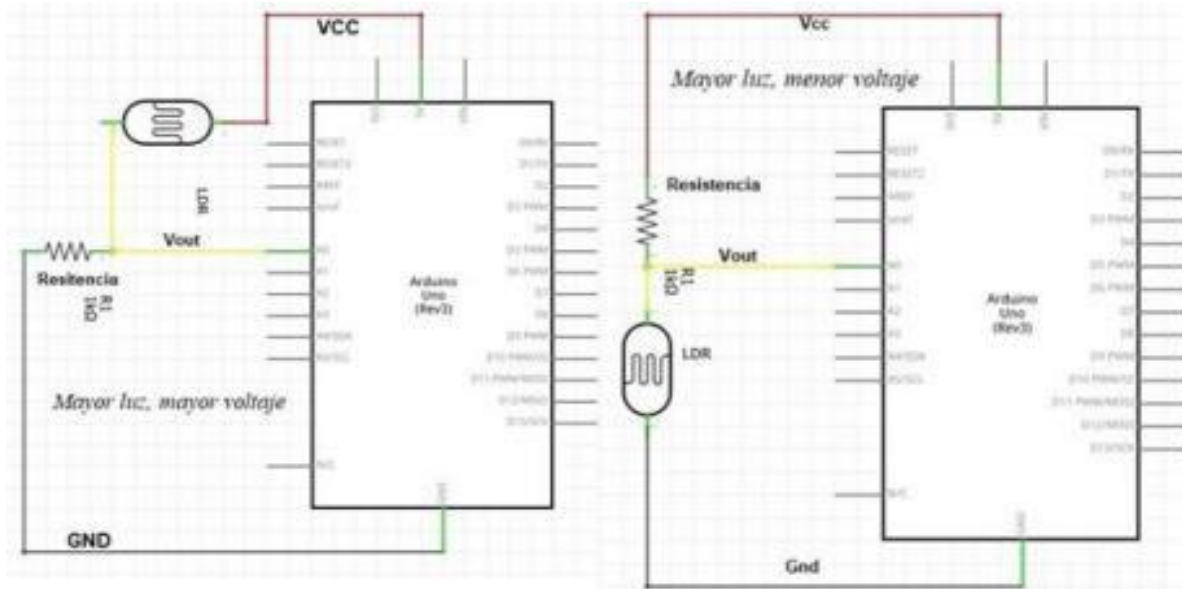


Figura 1.9 Tipos de Conexión del Sensor LDR

1.6.2.3 Sensor con membrana PVDF

El PVDF (Polyvinil Difloruro) un material plástico en la familia de los fluoruros polímeros, que se utiliza generalmente en las aplicaciones que requieren la más alta pureza, fuerza y resistencia a los solventes, ácidos, bases, generación de calor, y baja emisión de humos durante un evento de fuego (Bhardwaj & Kundu, 2010).

- Son libres de plomo
- Su proceso de fundido es bajo alrededor de 177°C
- Si se coloca el PVDF en un campo eléctrico alternante, comenzará a vibrar deformándose en una dirección y luego en la opuesta (material piezoeléctrico y piroeléctrico). Esta vibración puede ser utilizada para producir sonidos, así como funcionan los parlantes piezoeléctricos para sonidos agudos (Transductor).

Para hacer una membrana de PVDF se usa la técnica de Electrospinning que es una técnica de electro hilado que produce fuerzas electrostáticas (Cono de Taylor) para producir fibras finas (nanómetros o micrómetros) a partir de soluciones líquidas de polímeros o polímero fundido, y una superficie mayor a la que se ha obtenido en los procesos convencionales de hiladura.

Además, es necesario una tensión eléctrica continua (DC) que se encuentre entre el intervalo de los kilovoltios (kV) para llevar a cabo este proceso. Este sistema de electrospinning consta de tres componentes principales: una alta tensión eléctrica de alimentación (ánodo), una jeringa con aguja (contenedor) y un colector (cátodo) (Bhardwaj & Kundu, 2010).

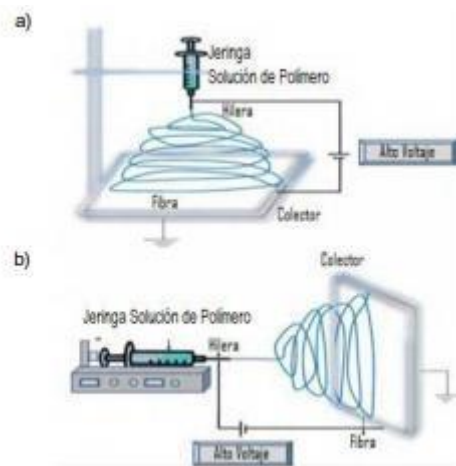


Figura 1.10 Diagrama esquemático funcional de un equipo de electrospinning (a) conjunto típico vertical y (b) conjunto típico horizontal.

La membrana se eyecto de manera vertical a 5 cm de altura de la punta de la aguja al cátodo a un voltaje de 9kV, durante 30 min para lograr un espesor de 200 micrómetros, esta membrana se recortó y se le pusieron electrodos por ambos lados con cinta de aluminio. Finalmente, se le agregó un domo que tienen la función de Lente de Fresnel para hacer converger la luz infrarroja que emiten los seres humanos hacia la membrana de PVDF (ver Figura. 1.11).

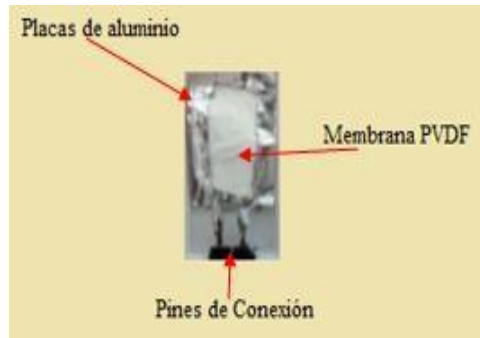


Figura 1.11 Membrana de PVDF con electrodos de aluminio en la parte posterior y anterior del material

Conexión de la membrana de PVDF

Para obtener los datos desde la membrana se le puso una etapa de acondicionamiento de señal utilizando un oscilador astable 555 como se observa en la Figura 1.12.

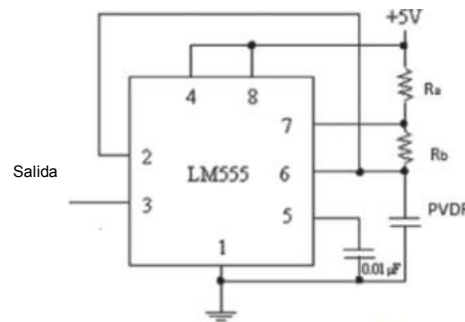


Figura 1.12 Circuito para la generación de señales a partir de Membrana de PVDF

1.6.3 Diseño e impresión 3D del módulo para el alojamiento de los sensores. En esta fase se desarrolló el diseño de una caja impresa en 3D con Tinkercad para alojar los sensores y el microcontrolador en su interior. Previamente se realizó una búsqueda de programas gratuitos y con licencia los cuales se encontraron Autocad que es un programa que en su momento fue de software libre ahora cuenta con una licencia dando al usuario mejores herramientas para apoyar tanto arquitectos como ingenieros, SketchUp de igual manera es un software de diseño 3D de alta calidad el cual facilita al usuario cuando requiere modular algún boceto arquitectónico como lo son casas, escuelas, oficinas entre otros, dependiendo de lo que uno requiere es donde se requiere contratar un plan para poder acceder a dicho software y

Rhinoceros 3D que es un programa de software libre el cual permite diseñar, modelar, presentar, analizar y producir diseños 3D que con sus herramientas ayuda al diseñador a mejorar sus prototipos y así mismo tener una mejor vista de ellos.

En base a los programas ya manejados se seleccionó el programa Tinkercad porque es una plataforma en línea gratuita que permite simplificar y facilitar su uso para lograr diseños 3D, y esto es por su gran capacidad de herramientas las cuales ayudan a tener un manejo práctico, rápido aprendizaje sobre la plataforma y diseño, permitiendo al usuario sin previos conocimientos de diseño gráfico lograr grandes diseños 3D.

Para lograr un módulo adecuado para su instalación se requirieron de las siguientes medidas: 13.5 cm x 4.9 cm x 7.5 cm, estas cajas tienen algunas ventanas en la cara frontal, una de ellas tiene una medida de 3.2 cm x 3.2 cm donde se colocó la membrana de polímero PVDF, a los laterales se le agregaron otros 2 orificios horizontales donde se colocaron el sensor LDR y el sensor DHT11 (sensor de temperatura y humedad relativa), esta caja también se le diseñó una tapa como se observa en la Figura. 1.13, la impresión en 3D se hizo en el programa (FlashPrint).

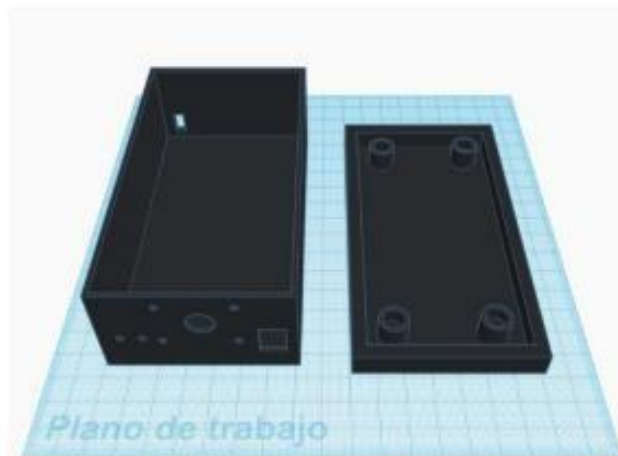


Figura 1.13 Diseño 3D del Módulo

1.6.4 Comunicación con el módulo ESP8266 nodeMCU

En la Figura 1.14 se muestra el módulo esp8266 nodeMCU que es una tarjeta de desarrollo especialmente orientada al Internet de las cosas (IoT). Está basada en el chip ESP8266, diseñado para las necesidades de un mundo conectado. Integra un

potente procesador con arquitectura de 32 bits (más potente que la placa de desarrollo Due) y conectividad Wi-Fi.

Para el desarrollo de aplicaciones se puede elegir entre diferentes lenguajes. Posee un regulador de voltaje en la placa que le permite alimentarse directamente del puerto USB. Los pines de entradas/salidas trabajan a 3.3V. El chip CP2102 se encarga de la comunicación USB-Serial.



Figura 1.14 Módulo ESP8266 nodeMCU

1.6.5 Adquisición de datos con Thingspeak (Programación en la nube)

Thingspeak es una API y aplicación de código abierto para el IoT que permite almacenar y recopilar datos de objetos conectados a través del protocolo HTTP a través de Internet o de una red local.

Características

- Configurar fácilmente los dispositivos para que envíen datos a Thingspeak utilizando los protocolos de IO más populares.
- Visualizar los datos de los sensores en tiempo real. Agregar datos bajo demanda de fuentes de terceros, como se muestra en la Figura 1.15.
- Utilizar la potencia de MATLAB para dar sentido a tus datos de IO.
- Ejecutar análisis de IO automáticamente en base a horarios o eventos.
- Prototipo y construcción de sistemas de IO sin necesidad de crear servidores o desarrollar software web.



Figura 1.15 Aplicación de programación en la nube Thingspeak

1.6.6 Comunicación usando el protocolo M2M de los 3 prototipos

En relación con la comunicación M2M se desarrollará en base a los 3 prototipos (sistema de seguridad IoT). Colocados en diferentes puntos de una oficina para las primeras pruebas como se observa en la Figura 1.16.

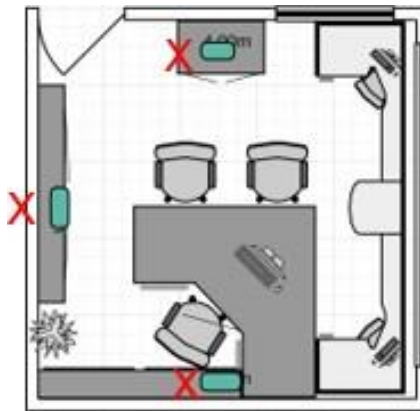


Figura 1.16 Sistema de seguridad IoT (marcados con X) en una oficina para las primeras pruebas

El sistema de seguridad recibirá los datos adquiridos conforme los sensores detecten presencia de alguna persona dentro de esta oficina, con el protocolo MQTT (Figura 1.17), la adquisición permite saber los movimientos de hora y fecha además de la cantidad de personas que se encuentren en ese lugar, los datos son descargables en un archivo .csv para poder hacer un posterior análisis en una red neuronal (MQTT Thingspeak, s. f.).

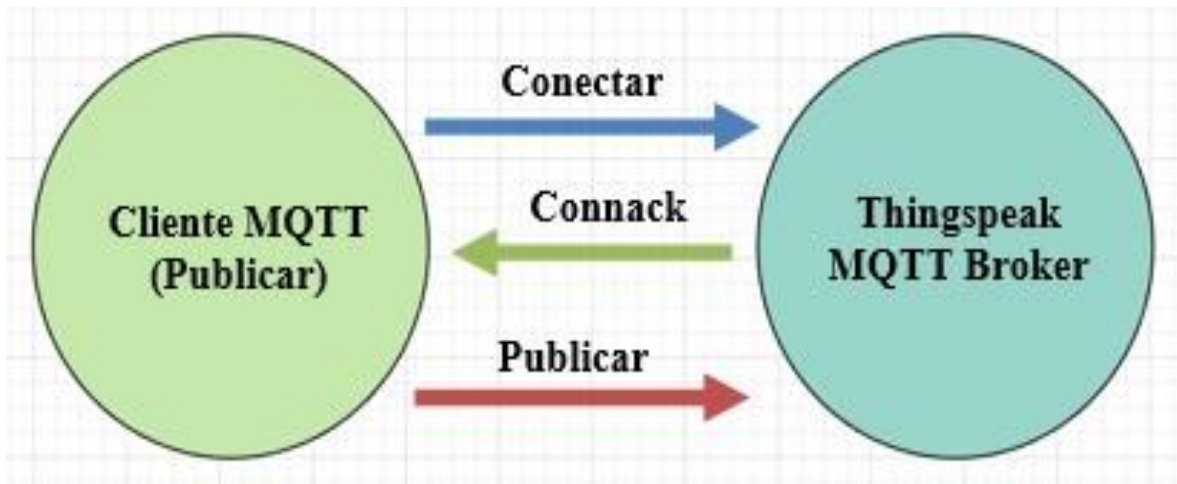


Figura 1.17 MQTT con Thingspeak

Capítulo 2. Marco teórico y Estado del arte

En base a la literatura realizada sobre las investigaciones hechas a lo largo de la historia se retoman los trabajos relacionados como base al trabajo de investigación. Estos trabajos incluyen el uso de diversos sensores de variables físicas, diversas formas de adquisición de datos usando microcontroladores y microprocesadores. Así como diversas plataformas en línea o de manera local para la adquisición de los registros de las variables ya mencionadas.

2.1 ESP8266 nodeMCU

El microcontrolador ESP8266 nodeMCU es conocido por ser un módulo de Arduino de bajo costo que permite la conexión WiFi de la placa con la red, esto permitiendo que todos los proyectos que necesiten una conexión puedan trabajar a distancia, mandando estas señales a la plataforma donde sea programada, dejando al usuario programar código abierto para controlar desde un led hasta un sistema de seguridad. A continuación, se encontraron algunos proyectos que utilizaron dicho microcontrolador y lograr integrar un sistema de acuerdo con las necesidades que se tenían.

El trabajo descrito por (Muñoz, Y.Y, Castrillón, O.D, Castillo, L.F, & López, C., 2019), en el cual el autor diseña a partir de sensores IoT basados en el microcontrolador nodeMCU esp8266, que tiene un módulo wifi que permite conectar a través de internet, distintos sensores como son: el sensor magnético de puerta MC-38, sensor de corriente ACS712, sensor de flujo de agua YF-S201, sensor de movimiento piro eléctrico HC-SR501, para realizar una comunicación con el servidor ThingSpeak, que permite ver diferentes gráficas de los estados de los sensores, en intervalos de tiempo (cada 10 segundos), para hacer un análisis de la escena en la cocina. Con este trabajo se pudo observar la viabilidad de implementación de nuestro trabajo de investigación.

Un aspecto importante es el reducir el costo de mano de obra en la gestión de invernaderos, este trabajo descrito por (Wan, Z., Song, Y, & Cao, Z.,2019), se desarrolló e implementó en un invernadero un sistema combinado de gestión de

invernaderos que incluye un sistema de monitoreo ambientalmente dinámico y un sistema de control remoto. La unidad central de este sistema combinado es la placa ESP8266 NodeMCU. Se seleccionaron parámetros ambientales que incluyen la temperatura del aire, la humedad del aire, la concentración de CO₂ y la humedad del suelo para representar el estado del ambiente interior del invernadero. Este trabajo está basado en el protocolo HTTP, el ESP8266 NodeMCU se conectó al Wi-Fi y se comunicó con las plataformas IoT, Thingspeak y Bylnk. Los datos sobre los parámetros ambientales se recopilaban de los sensores y se procesaron y enviaron a la nube y a las plataformas de IoT a través de Wi-Fi. Los datos ambientales se visualizaron en forma de series de tiempo en plataformas de IoT, lo que permitió a los usuarios conocer las condiciones del entorno interno en tiempo real.

El autor (Skraba, A., Kolozvari, A., Kofjac, D., Stojanovic, R., Stanovov, V., & Semenkin, E, 2017), desarrollo un prototipo que permite el seguimiento de la frecuencia cardíaca y el intervalo entre latidos para varios sujetos. El prototipo utiliza módulos de hardware ESP8266, biblioteca WebSocket, nodejs y JavaScript. La arquitectura del sistema se describe donde el servidor nodejs actúa como el procesamiento de señales y el proveedor de código GUI para los clientes. El algoritmo de procesamiento de señales se implementó en JavaScript. Se presenta la GUI de la aplicación que se puede utilizar en dispositivos móviles. Se describen varias partes importantes del código que ilustran la comunicación entre los módulos ESP8266, el servidor y los clientes. El prototipo desarrollado muestra una de las posibles realizaciones del seguimiento grupal de datos biomédicos.

2.2 Thingspeak

Tras lograr los proyectos desarrollados tener una adquisición de datos se generó la discusión de cuál sería la manera de poder enviar esos datos a la nube para que el cliente/usuario pueda visualizarlos, debido a estas cuestiones MathWorks decidió realizar una plataforma de uso gratuito que permite que por medio de múltiples canales agregue datos para así mismo visualizar esa información recopilada mediante análisis procesables. Esta plataforma a ayudado a empresas como

alumnos conectar sistemas en la nube por medio de IoT y protocolos M2M, siendo una opción óptima para cualquier proyecto.

En este trabajo escrito por el autor (Benyezza, H., Bouhedda, M., Djellout, K., & Saidi, A,2018), nos habla de la posibilidad de que un agricultor pueda controlar el riego mediante el uso de una PC o teléfono inteligente desde cualquier lugar y en cualquier momento, esto para poder monitorear el parámetro del agua, reducir sus esfuerzos y también para optimizar el uso del agua. Los resultados de la prueba muestran el éxito de la idea del sistema. La cual se desarrolla y prueba en una plataforma IOT basada en Thingspeak y Arduino.

El proyecto del autor (Caiza, J. F., Torres, C. F., Suárez, R. E., & León, M. A, 2018), nos describe un sensor de medición de potencia y corriente con transferencia de datos en tiempo real a la página Thingspeak, está pensado en el mejoramiento de los controles de corriente, basado en el sistema de detección y control de corriente que circula por la línea que se está midiendo en ambientes industriales o comerciales. Para la ejecución de este proyecto se aplicó la fundamentación teórica y práctica de programación, incluido además todas las ventajas que ofrece el software libre Arduino siendo una tarjeta que ofrece múltiples aplicaciones en el programa de sistema de control. También permite desplegar la información de la cantidad de corriente y potencia que se esté midiendo en una hoja de Excel, para que esos datos puedan ser almacenados, además de visualizar las gráficas de su comportamiento en tiempo real en la página Thingspeak, este proceso se realiza aproximadamente cada 15 seg. tiempo que se demora en enviar el dato del módulo.

2.3 Protocolo MQTT

El protocolo MQTT es considerado el que más sobre sale de los otros competidores, se debe a su sencillez y ligereza que tiene, por su adecuación con aplicaciones IoT, donde por lo general se emplean en dispositivos de escasa potencia. No requiere de grandes recursos solamente de un menor consumo de energía y un ancho de banda mínimo. Y este dispone de seguridad y calidad del servicio permitiendo apoyar fiabilidad de la conexión en los proyectos desarrollados.

El autor (Crespo, O., Lester, G., Mejía, C. M., & Bernardo, J, 2020), nos propone el análisis del protocolo MQTT para brindar una solución basada en eventos y escalable. La solución brindada utiliza las ventajas del MQTT como protocolo flexible y sencillo, que permite coordinar el funcionamiento de diferentes dispositivos inteligentes.

El método de investigación aplicado es bibliográfico y descriptivo, el mismo que examina el enfoque de la domótica y los organismos de normalización inmersos, los cuales proporciona documentación fiable para la implementación de sistemas robustos; por lo cual, se enfatiza en normativas proyectadas a solventar las dificultades de gestión y seguridad de los sistemas domóticos, como el protocolo de comunicación MQTT que permite el control domótico, implementando recursos limitados con baja sobrecarga adaptado para nodos restringidos. Es necesario la implementación de las tecnologías basadas en las buenas prácticas y estándares internacionales que garanticen la integridad de sus servicios.

En el trabajo de (Marinelli, M., Kurtz, M., Urquijo, R., & Wurm, G, 2020), describe la implementación de un sistema de control automático de sistemas hidropónicos en invernaderos de la provincia de Misiones. Con el propósito de utilizar tecnologías IoT, hardware de bajo costo con placas tipo SBC Raspberry Pi y NodeMCU. En la placa Raspberry Pi se instaló un broker Mosquitto, el cual controla paquetes de datos MQTT, éste es un protocolo específico para IoT, ideal para trabajar con bajo ancho de banda y provee un sistema de seguridad con tres calidades de servicio.

Los trabajos descritos anteriormente corresponden al desarrollo que se implementó con el módulo esp8266 nodeMCU.

2.4 Robo a casa habitacional en México

A continuación, se describen los trabajos relacionados con el robo a casa habitacional en México.

El autor (Quezada, A. J. P, 2019), nos describe que el robo a casa habitación es un delito patrimonial que además de dañar la economía de las familias transmite sentimientos de inseguridad, riesgo o vulnerabilidad frente a los embates de la

delincuencia. En esta investigación se reflexiona la situación de este crimen en diferentes países, el impacto que ha tenido desde México, así como el trabajo legislativo para afrontarlo.

Por otra parte, en marzo 2020, el Estado de México abrió 637 carpetas de investigación (CI), lo que lo posicionó como el estado con mayor incidencia de robo a casa habitación en el mes, seguido por Ciudad de México, con 446, y por Jalisco, con 418. Las entidades con menor número de casos fueron: Nayarit (9), Campeche (10), junto con Tlaxcala (12). Lo anterior se puede apreciar en la Figura 2.1 Considerando los casos por cada cien mil habitantes, Colima tuvo la mayor tasa de registros, con 18.85, mientras que Chiapas, con 0.4, observó la menor incidencia por tamaño poblacional. Jalisco quedó en la posición número 13, con una tasa de 4.97 CI por cada cien mil habitantes.

Con respecto al cambio en los casos de robo a casa habitación entre marzo de 2020, y el promedio de los 12 meses anteriores, en Jalisco se registraron 20.67% menos carpetas de investigación (reporte_mensual_delito_marzo_2020.utf8, 2020).

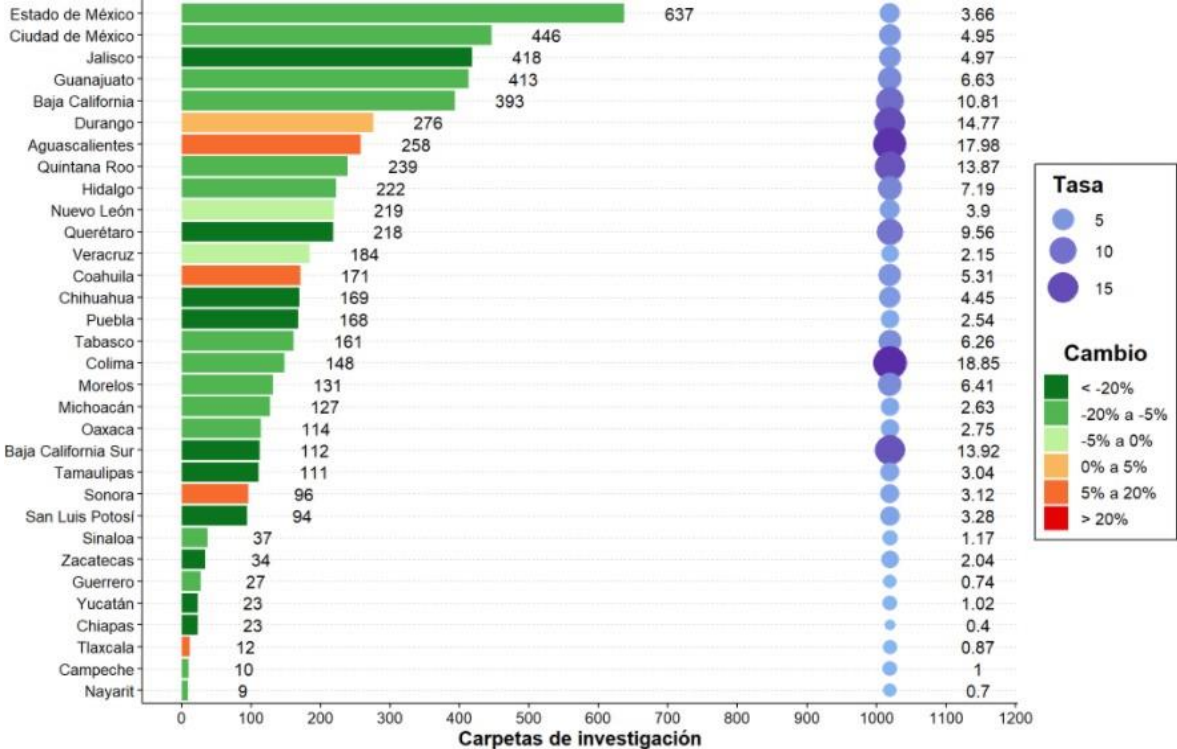


Figura 2.1 Registros de robo a casa habitación por entidad: total, tasas y cambio, marzo de 2020

Fuente: Elaborado por el IIEG con datos del Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública y del CONAPO. El color de las barras representa el cambio porcentual en el número de carpetas del mes analizado contra el promedio de los 12 meses anteriores.

2.5 Internet de las Cosas (IoT)

Actualmente las personas tienen la necesidad de utilizar estas tecnologías en su vida cotidiana una de ellas es el Internet de las cosas o también conocido como IoT.

El Internet de las cosas (IoT) representa la evolución del internet, es la interrelación inteligente entre objetos que pueden acceder a información, capturar, almacenar y procesar datos para interactuar con las personas, o con otros sistemas para crear ambientes inteligentes. IoT se refiere a los objetos cotidianos que tiene una particularidad ya que cuentan con sensores, circuitos integrados y conectividad que les permite recolectar e intercambiar datos entre ellos, a estos objetos también se los llama dispositivos inteligentes porque pueden ser capaces de realizar monitoreo control, optimización y automatización (Laverde Mena & Laverde Mena, 2021).

Así mismo IoT ha beneficiado en muchos sectores y ámbitos como son la salud, ciencia, ambiente, adquisición datos o simplemente en el hogar y en el automóvil por mencionar algunos.

De acuerdo con la tecnología IoT, el proceso para conectar un dispositivo está compuesto por tres niveles o capas, el primer nivel son los dispositivos (sensores-actuadores); en el segundo nivel los protocolos de conectividad MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) que hacen posible la comunicación entre el dispositivo y la nube, el tercer nivel la nube de IoT, entorno que se encarga de gestionar la comunicación y administrar los dispositivos conectados (Cruz Vázquez, Velasco Pineda, & Ruiz Ruiz, 2021).

2.6 Machine to Machine (M2M)

Aunque se creía que IoT y M2M podrían ser lo mismo, no es así solo se complementan y forman parte de la misma idea o concepto, por lo que M2M se refiere al punto de vista técnico de las comunicaciones realizadas entre dispositivos y IoT son esos dispositivos que hay en el mercado.

El protocolo MQTT está basado en cliente/servidor y actualmente se utiliza en industrias como la automotriz y las telecomunicaciones.

En cuanto al proceso “machine to machine” o M2M se refiere al intercambio de información y comunicación entre dos máquinas, por lo que pueden recibir y transmitir valores que reduzcan el tiempo de adquisición de datos, esto es ideal para conectar dispositivos remotos.

Además, la comunicación máquina-a-máquina (M2M) que permite que máquinas, sensores y controladores para comunicarse entre sí sean muy similares a LAN o WAN, por eso a menudo se les denomina Internet de las cosas (IoT). En la comunicación máquina a máquina, los dispositivos se comunican sin o casi sin intervención humana (Cubillas Hernández, Anías Calderón & Delgado Fernández, 2021).

2.7 Adquisición de Datos (DAQ)

Cada sistema de seguridad que se encuentre a la venta hoy en día debe integrar una adquisición de datos ya que esta no permite visualizar los datos para posteriormente su análisis. DAQ nos va a aportar un mayor control a los procesos de respuesta más rápida, el cual nos dejará tener una pronta respuesta sobre fallos que puedan producirse.

A su vez el internet de las cosas permite que exista una comunicación sistema/usuario ya que permitirá procesar, emitir, y guardar la información de los dispositivos conectados esto es conocido como la adquisición de datos. Por lo tanto, la adquisición de datos (DAQ), es el proceso de almacenar y adquirir datos de variables físicas como son la temperatura, presión, voltaje, distancia o el movimiento, estos datos pueden ser visualizados de manera remota por un usuario, mediante gráficas, tablas, archivo de Excel. Además de poder visualizarlas desde un móvil y computadora con acceso a Internet, por lo tanto, un sistema de adquisición de datos se conforma por un dispositivo de medición que permite que los datos experimentales almacenados y analizados por un software (Eliana Cordona & López, 2017).

2.8 Datos relevantes de los trabajos citados

Tabla 2.1 ESP8266 nodeMCU (Datos relevantes)

ESP8266 nodeMCU			
Referencias	Datos relevantes del trabajo citado		
	Sensores/Parámetros	Microcontrolador	Plataforma (Servidor)
(Muñoz, Y.Y, Castrillón, O.D, Castillo, L.F, & López, C., 2019)	Sensor de flujo de agua YF-S201, Sensor de corriente ACS712 Sensor magnético de puerta MC-38 Sensor de movimiento Piro eléctrico HC-SR501.	NodeMCU ESP8266	ThingSpeak
(Wan, Z., Song, Y, & Cao, Z.,2019)	Temperatura del aire, La humedad del aire, La concentración de CO2 y La humedad del suelo	NodeMCU ESP8266	Thingspeak y Bylnk
(Skraba, A., Kolozvari, A., Kofjac, D., Stojanovic, R., Stanovov, V., & Semenkin, E,2017)	Seguimiento de la frecuencia cardíaca y el intervalo entre latidos para varios sujetos.	ESP8266	Servidor local (GUI de la aplicación que se puede utilizar en dispositivos móviles).

Tabla 2.2 Thingspeak (Datos relevantes)

Thingspeak			
Referencias	Datos relevantes del trabajo citado		
	Sensores/Parámetros	Microcontrolador	Plataforma (Servidor)
(Benyezza, H., Bouhedda, M., Djellout, K., & Saidi, A,2018)	Agua, reducir sus esfuerzos y también para optimizar el uso del agua	Arduino	Thingspeak y Arduino
(Caiza, J. F., Torres, C. F., Suárez, R. E., & León, M. A, 2018)	Sensor de medición de potencia y corriente	Arduino UNO	Thingspeak

Tabla 2.3 Protocolo MQTT (Datos relevantes)

Protocolo MQTT			
Referencias	Datos relevantes del trabajo citado		
	Protocolo	Solución	Características/Microcontrolador
(Crespo, O., Lester, G., Mejía, C. M., & Bernardo, J, 2020)	MQTT	Basada en eventos y escalable	Protocolo flexible y sencillo, que permite coordinar el funcionamiento de diferentes dispositivos inteligentes.
(Marinelli, M., Kurtz, M., Urquijo, R., & Wurm, G, 2020)	MQTT	Sistema de control automático de sistemas hidropónicos en invernaderos de la provincia de Misiones	Raspberry Pi y NodeMCU.

Tabla 2.4 Robos casa habitacional (Datos relevantes)

Robos (inseguridad en México)	
Referencias	Datos relevantes del trabajo citado
	Características/Microcontrolador
(Quezada, A. J. P, 2019)	El robo a casa habitación es un delito patrimonial que además de dañar la economía de las familias transmite sentimientos de inseguridad, riesgo o vulnerabilidad frente a los embates de la delincuencia.

Tabla 2.5 IoT (Datos relevantes)

IoT	
Referencias	Descripción
(Laverde Mena & Laverde Mena, 2021)	Es la interrelación inteligente entre objetos que pueden acceder a información, capturar, almacenar y procesar datos para interactuar con las personas, o con otros sistemas para crear ambientes inteligentes.
(Cruz Vázquez, Velasco Pineda, & Ruiz Ruiz, 2021).	El proceso para conectar un dispositivo está compuesto por tres niveles o capas:

	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los dispositivos (sensores-actuadores) 2. Protocolos de conectividad MQTT (comunicación dispositivo-nube). 3. La nube de IoT.
--	--

Tabla 2.6 M2M (Datos relevantes)

M2M			
Referencias	Datos relevantes del trabajo citado		
	Protocolo	Descripción	Características
(Cubillas Hernández, Anías Calderón, & Delgado Fernández, 2021).	MQTT basado en cliente/servidor (utilizado en telecomunicaciones y automotriz)	M2M se refiere al intercambio de información y comunicación entre dos máquinas, por lo que pueden recibir y transmitir valores que reduzcan el tiempo de adquisición de datos, esto es ideal para conectar dispositivos remotos.	Permite que máquinas, sensores y controladores para comunicarse entre sí sean muy similares a LAN o WAN

Tabla 2.7 Adquisición de Datos (Datos relevantes)

Adquisición de Datos (DAQ)			
Referencias	Datos relevantes del trabajo citado		
	Descripción	Variables físicas (ejemplos)	Conformado
(Eliana Cordona & López, 2017).	Proceso de almacenar y adquirir datos de variables físicas	La temperatura, presión, voltaje, distancia o el movimiento	Dispositivo de medición que permite que los datos experimentales almacenados y analizados por un software

2.9 Técnicas de Electro hilado

Las técnicas de electro hilado permiten la obtención de fibras poliméricas para la construcción de sensores y para otras aplicaciones que se requieran las fibras, para este trabajo se requieren para la realización de un sensor de PVDF, el cual la técnica que se elija tiene que cumplir con los requerimientos que se necesitan para la obtención de fibras poliméricas para poder ejecutar un buen sensor. Para esto se llevó a cabo una investigación de las técnicas que permitirían realizarlo y con ello tener sus especificaciones para seleccionar la adecuada. A continuación, se describen cada de una de estas técnicas.

2.9.1 Electrospinning

2.9.1.1 Características

Su principal característica es el gran potencial que tiene en aplicaciones como filtración, prendas protectoras, ingeniería de tejidos, apósitos para heridas, sistemas de liberación controlada de medicamentos, sensores y materiales ópticos entre otros, (Damodar, You y Chou, 2009; Rajesh, Ahuja y Kumar, 2009; Yoo, Kim y Park, 2009; Yang, Both, Yang, Walboomers y Jansen, 2009).

2.9.1.2 Usos/Aplicaciones

Nanomateriales, Fibras de alta resistencia, Área superficial y volumen, Aplicaciones médicas, en los materiales y electrónicas y energéticas, (Pataquiva Mateus & Coba Daza, 2018).

2.9.1.3 Ventajas

Económico. Fibras continuas. Facilidad de funcionalización. Posibilidad de fibras alineadas, (Kamiyama, Soeda, Nagajima y Tanaka, 2012; Poole y Owens, 2003).

2.9.1.4 Desventajas

Restricción en la controlabilidad, (Kamiyama, Soeda, Nagajima y Tanaka, 2012; Poole y Owens, 2003).

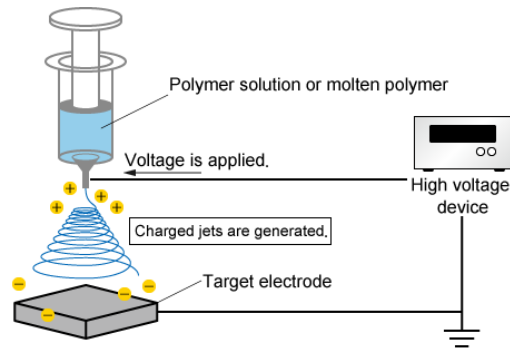


Figura 2.2 Técnica de Electrospinning

2.9.2 Sputtering

2.9.2.1 Características

Se caracteriza por utilizar campos magnéticos transversales a los campos eléctricos en la superficie del blanco, (Sputtering, s. f.).

2.9.2.2 Usos/Aplicaciones

Frecuentemente utilizado para la limpieza de superficies y la delineación de pistas, también un método utilizado en la deposición de películas, similar a la evaporación, (Sputtering, s. f.).

2.9.2.3 Ventajas

La uniformidad de las películas depositadas sobre grandes áreas, el control del espesor, la suavidad en la superficie, además de la deposición a baja temperatura, la variedad de evaporar distintos materiales, la deposición de mezclas y aleaciones manteniendo la composición del blanco, la buena adherencia de la película depositada y el control de la velocidad de pulverización del blanco, (Cerpa Peñates, 2012).

2.9.2.4 Desventajas

Limitación por bajas tasas de deposición, bajas eficiencias de ionización del plasma, y un gran efecto de calentamiento del sustrato, (Cerpa Peñates, 2012).

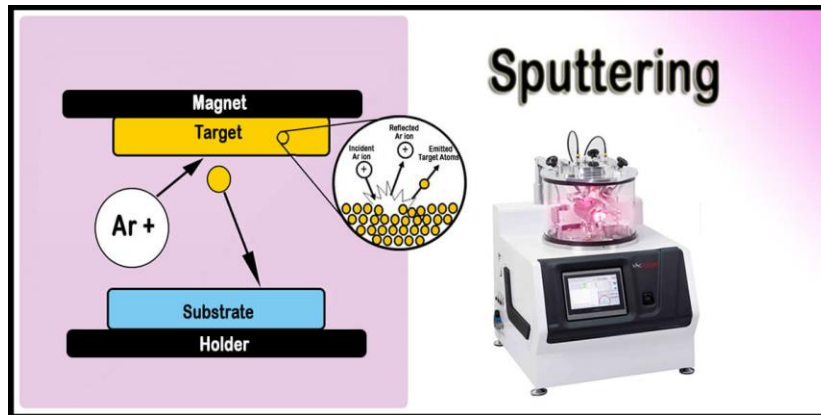


Figura 2.3 Técnica de Sputtenring

2.9.3 Electron Beam Evaporation

2.9.3.1 Características

la deposición de la línea de visión que es favorable para los procesos de despegue, pero con una cobertura limitada del perfil de la pared lateral, (Techniques - Thin Film | Core Facilities, s. f.).

2.9.3.2 Usos/Aplicaciones

Ofrece muchos usos, incluso para despegue, óhmico, aislamiento, conductivo y óptico, (Techniques - Thin Film | Core Facilities, s. f.).

2.9.3.3 Ventajas

La tasa de deposición del rayo electrónico es baja, lo que aumenta la utilización del material. Este tipo de fabricación se utiliza mejor en procesos que exigen una alta tolerancia al desgaste, como las herramientas que se utilizan para cortar madera o metal. También es útil para hacer barreras térmicas, para viajes espaciales, (Optics, 2017).

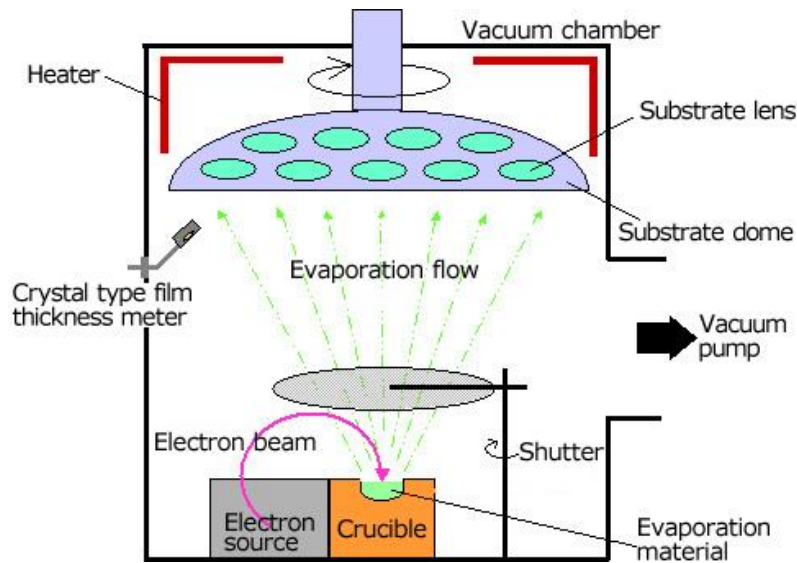


Figura 2.4 Técnica de Electron Beam Evaporation

2.9.4 Chemical Vapor Deposition

2.9.4.1 Características

Proceso en el que los gases precursores reaccionan para formar depósitos de película sobre un sustrato. Los gases de origen se suministran a través de un sistema de gestión de gases a la entrada de un tubo de cuarzo calentado por convección forzada y libre, (Chemical Vapor Deposition: Overview, 2019).

2.9.4.2 Usos/Aplicaciones

Circuitos integrados, polisilicio, dióxido de silicio, nitruro de silicio, metales y en diamantes, (Chemical Vapor Deposition: Overview, 2019).

2.9.4.3 Ventajas

Oferta de alta estabilidad térmica, la alta adhesión entre el sustrato y la capa de recubrimiento, realización de múltiples tipos de recubrimiento durante el proceso, (Chemical Vapor Deposition: Overview, 2019).

2.9.4.4 Desventajas

Solo se pueden utilizar carburos cementados como sustrato, no puede utilizarse en herramientas de filo afilado y puede ocurrir problemas de soldadura durante el acabado superficial, (Chemical Vapor Deposition: Overview, 2019).

Capítulo 3. Propuesta y Desarrollo

3.1 Propuesta

En la Figura 3.1, se describe el diagrama de bloques sobre el funcionamiento de un sistema de adquisición de datos en seguridad IoT.

Los registros obtenidos al paso de las personas se realizan por medio del módulo esp8266 nodeMCU donde a partir de los sensores seleccionados con base a las conexiones analógicas y digitales.

Empleando el módulo Esp8266 nodeMCU los sistemas de seguridad hacen la lectura de las variables físicas a detectar como lo son: Luminosidad, Presencia Infrarroja, Temperatura y Humedad logrando un monitoreo de dichas variables cada segundo en el entorno donde se encuentran ubicados.

Los registros adquiridos por el módulo Esp8266 nodeMCU serán visualizados por la plataforma de Thingspeak donde estarán reflejándose en gráficas y widgets para un mejor análisis de la información.

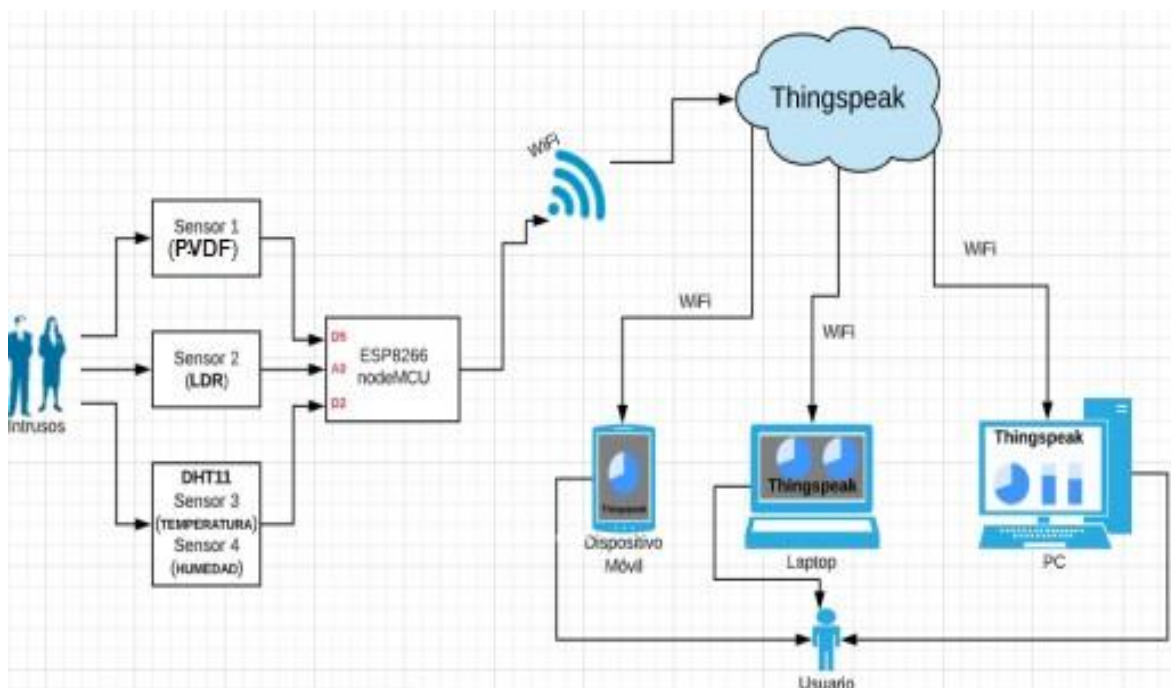


Figura 3.1 Diagrama de bloques del sistema de seguridad IoT

El protocolo que se eligió para obtener una comunicación M2M entre los 3 módulos colocados en el sitio a monitorear fue el protocolo MQTT el cual permite tener un cliente y un bróker, donde el cliente será el módulo esp8266 y el bróker la plataforma Thingspeak donde se alojarán los registros adquiridos por los sensores.

Como se puede ver en la Figura 3.2, se observa el proceso de adquisición y envío de datos, MQTT Client (esp8266 nodeMCU) adquiere, conecta y publica los registros en el MQTT Bróker mediante una apiKey del canal en el que se almacenarán y enviará a una Base de

Datos que podrá ser descargada en cualquier momento. En el MQTT Bróker (Thingspeak Plataforma) sea visualizarán los datos en gráficas y widgets dadas por la App de Thingspeak que puede ser descargada en cualquier dispositivo conectado a internet.

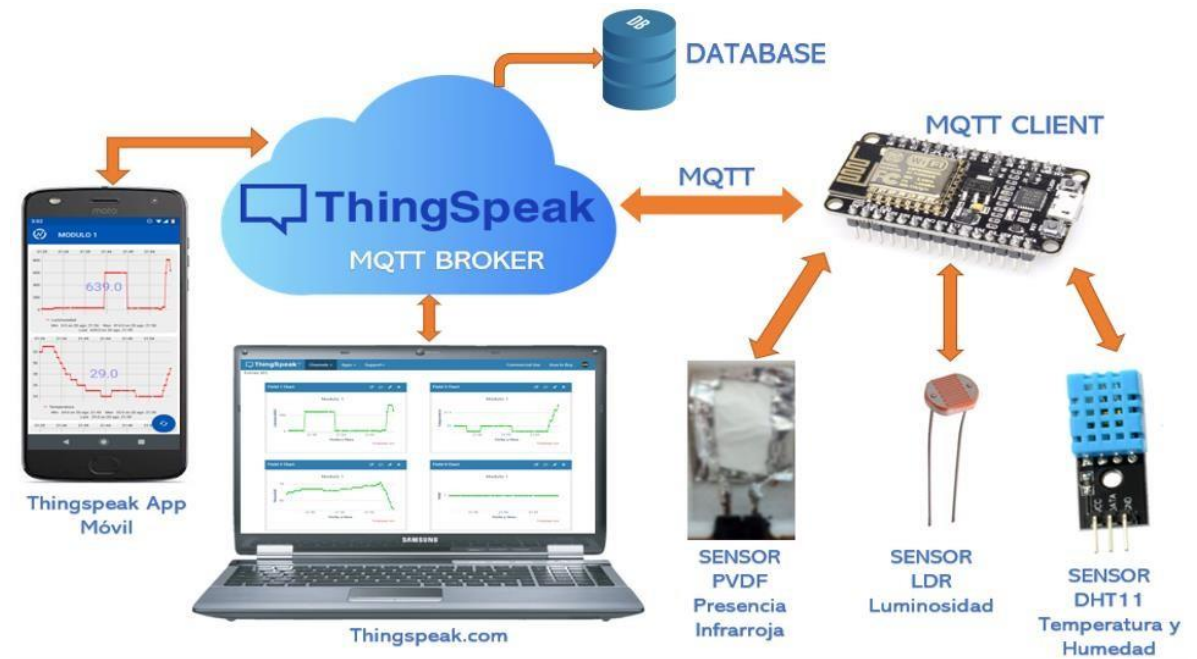


Figura 3.2 Diagrama del protocolo MQTT en Thingspeak

3.2 Propósito

Implementar módulos IoT que permitan monitorear la temperatura, humedad, luminosidad y la presencia de una persona cuando se encuentre alguien en una oficina o habitación, por medio de sensores de bajo costo y tener una alternativa de seguridad para personas de bajos recursos.

3.3 Alcance

La principal función de este sistema de seguridad es mostrar los datos adquiridos de las personas que se encuentran en la oficina por medio del Internet de las cosas (IoT).

- Disponer de un sistema de seguridad a bajo costo
- Integrar la membrana de PVDF para desarrollar un sensor de presencia infrarroja.
- Desarrollar módulos conectados al Internet de las Cosas (IoT).
- Integrar la comunicación Machine to Machine (M2M) por medio de 3 módulos.

3.4 Evaluación Económica

Se evaluó los siguientes costos esto basado en 2 tipos el hardware y software.

Costos en Hardware: con respecto al desarrollo de los prototipos del sistema de seguridad, se invirtió aproximadamente \$498 en compra de los componentes y herramientas que se utilizarán para poder trabajar. Por parte de los equipos de cómputo no se requería algún tipo hardware especializado puesto que los equipos que se tenían eran suficientes.

Costos en Software y licencias: en este caso no se necesitó ninguna compra de software ni licencia, porque las herramientas que se requirieron para el desarrollo y ejecución eran gratuitas, son disponibles para descargar gratuitamente además de tener una licencia sin costo.

Tabla 3.1 Costos Iniciales

Costos iniciales	
Concepto	Costo
Servidor (Thingspeak)	\$0.00
Equipos específicos para el desarrollo	\$0.00
Sistema de alimentación eléctrica	\$0.00
Hardware	\$537.00
Diseño	\$0.00
Total de costos iniciales	\$537.00

Tabla 3.2 Costo Total del Proyecto

Concepto	Costo
Total de costos iniciales	\$537.00
Acceso a internet	\$300.00
Mantenimiento	\$100.00
Costo total del proyecto	\$937.00

3.5 Ventaja Económica

La motivación para este proyecto es desarrollar un sistema de seguridad de bajo costo, que dará información eficaz y que ayudará al usuario, poder detectar que hay presencia de alguien. El costo al público en general llegaría a ser de \$898.00 MXN para que la ingeniera en sistemas pueda tener una ganancia del 100% de lo que se invirtió.

3.6 Diagrama de Caso de Uso

Como se puede observar en la Figura 3.3, en el diagrama de caso de uso de los 3 prototipos, existen dos tipos de actores, el primero es el Usuario General y el segundo son la Gente Externa y los Visitantes. A continuación, se describe cada uno de ellos.

- **Usuario General**

Adquisición de los datos mediante gráficas Thingspeak: el usuario podrá observar las gráficas donde en cada una de ellas se verá reflejado los registros que se están adquiriendo cada segundo.

Visualización de los datos en el celular por Thingspeak: si el usuario no quiere ingresar a la plataforma por medio de su computadora, tendrá la opción de ver los mismos datos en su celular mediante una aplicación App instalada gratuitamente.

Visualización de los datos por Widgets: el usuario podrá tener una vista parecida aún reloj digital por parte de un Widget donde tendrá una vista más rápida de los datos.

Visualización de los datos por medio de Excel (.csv): cuando el usuario requiera analizar los registros podrá descargar la información.

Análisis de la comunicación M2M de los 3 módulos: con la información descargada el usuario podrá analizar los 3 módulos para verificar si hubo alguien o no en el sitio monitoreado.

- **Gente Externa o Visitante**

Lectura de datos por medio de los 3 módulos: cuando la gente entre al lugar los módulos harán la lectura de datos por cada uno de los sensores.

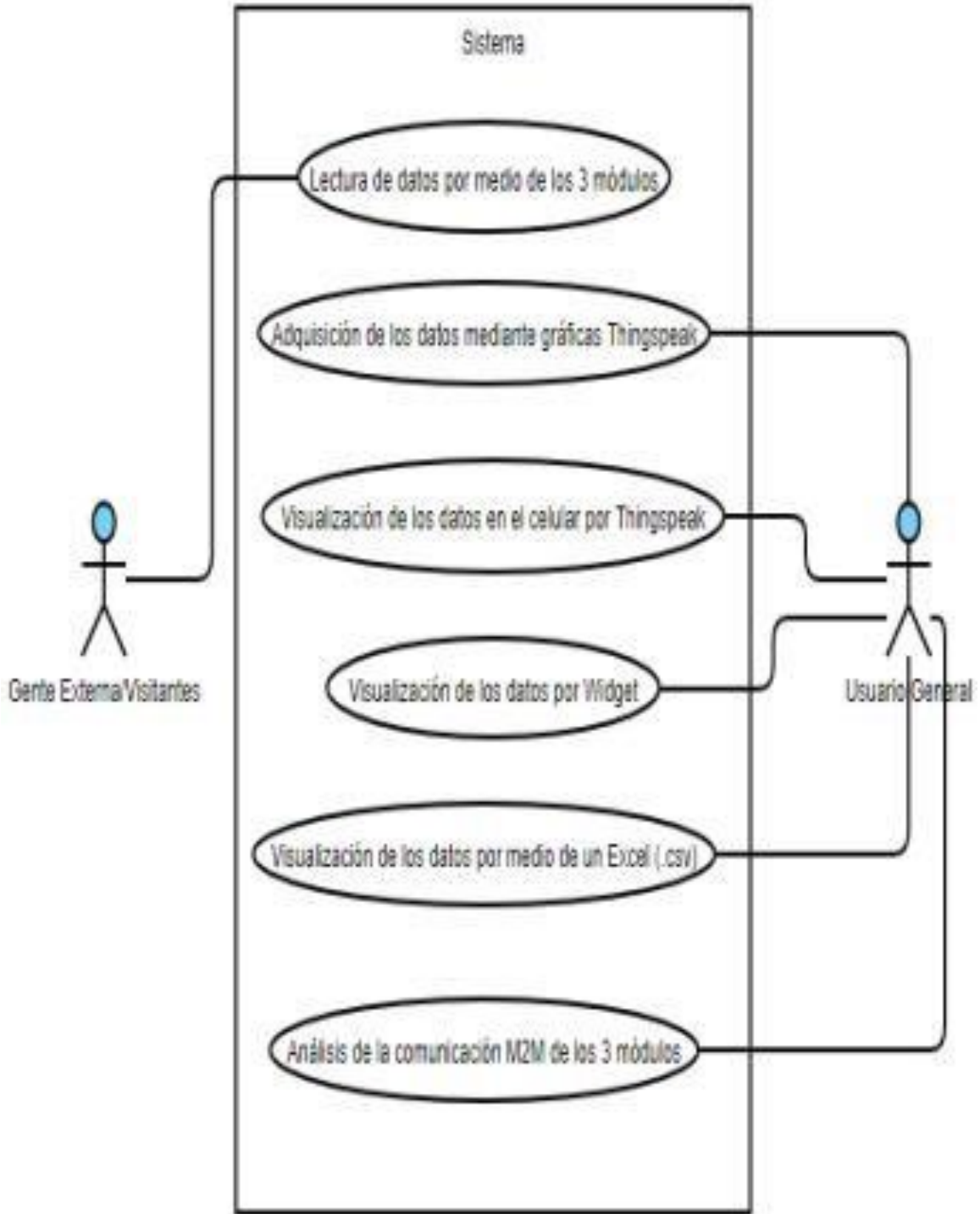


Figura 3.3 Diagrama Caso de Uso

3.7 Desarrollo

Por otra parte, se llevó un registro usando una bitácora de actividades, con el fin de poder tener un avance y retroalimentar por si existe una falla y así hacer las debidas correcciones. En el proyecto se recopilan todas las ideas planteadas donde se describen las diferentes maneras de poder adquirir los datos y el diseño 3D del módulo donde se implementará el prototipo final.

3.7.1 Diseño 3D de los módulos para el alojamiento del prototipo final

El diseño 3D de la caja para alojar los componentes electrónicos, se hizo con una aplicación en línea llamada Tinkercad para posteriormente imprimir el diseño en una impresora 3D. Las medidas de la caja son las siguientes: 13.5 cm x 4.9 cm x 7.5 cm, estas cajas tienen algunas ventanas en la parte anterior y una pequeña ventana en la parte posterior; en la parte anterior una ventana de ellas tiene una medida de 3.2 cm x 3.2 cm donde se colocó la membrana de polímero PVDF, a los laterales se hicieron otros 2 orificios horizontales donde se colocó el sensor LDR (sensor de luminosidad), el sensor DHT11 (sensor de temperatura y humedad relativa) y una abertura de 1.5 cm x 2cm para una entrada USB (micro usb) o cables de pila 9V para su alimentación, esta caja también se le diseño una tapa como se puede observar en la Figura 3.4.

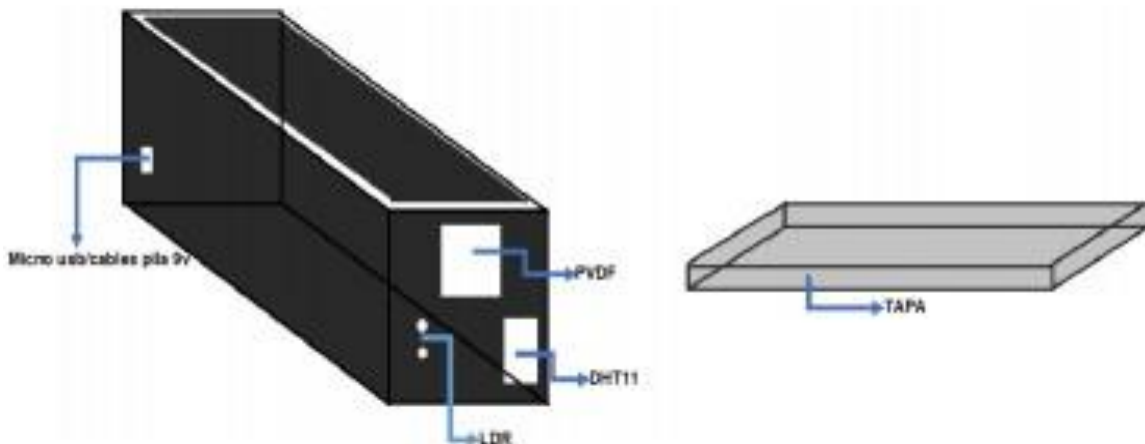


Figura 3.4 Diseño de idea de caja

Tinkercad es un software gratuito online creado por la empresa Autodesk, una de las empresas punteras en el software de diseño 3D de la mano de su programa estrella para tal fin, (Diseña con Tinkercad, s. f.).

Es un software fácil de usar y simple que permite al creador interactuar con herramientas básicas para poder empezar a diseñar cualquier modelo que se tenga en la mente como un Hobbie o como algo que necesite implementar en algún proyecto, debido a que es muy atractiva a los usuarios que carecen de herramientas para diseños más complejos.

Al ingresar a la página <https://www.tinkercad.com> mostrará la pantalla principal, ver Figura 3.5

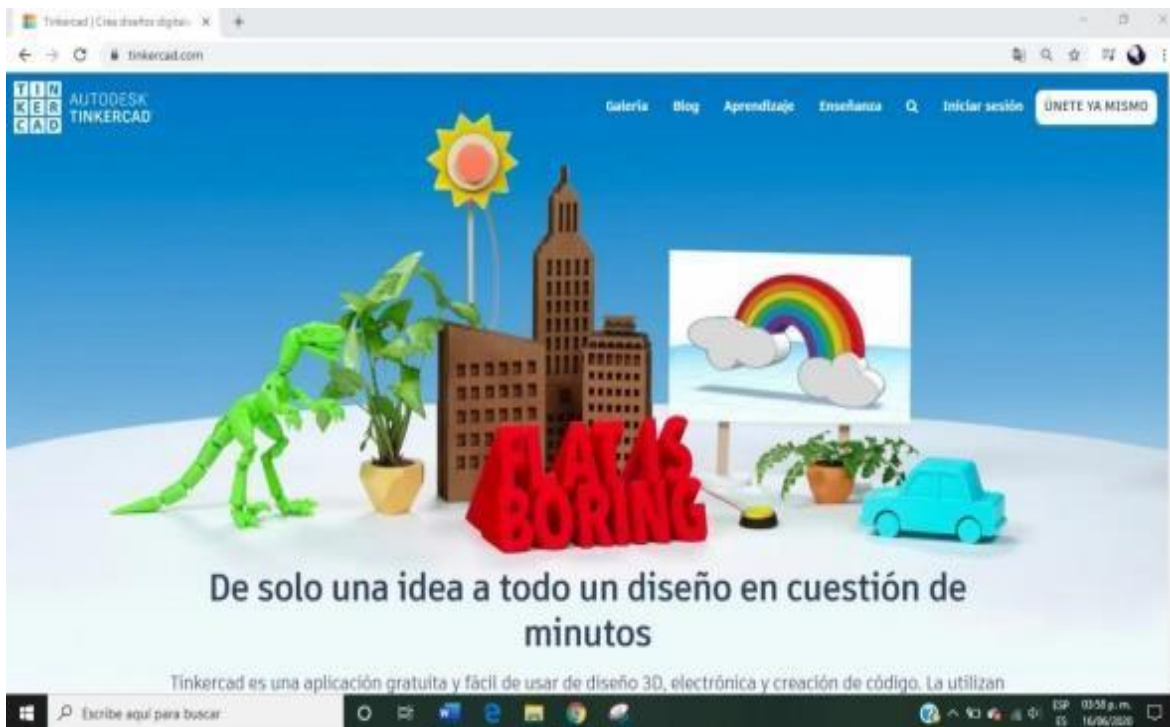


Figura 3.5 Pantalla principal de Tinkercad

. En la Figura 3.6, se observa el inicio de sesión en la plataforma para acceder.

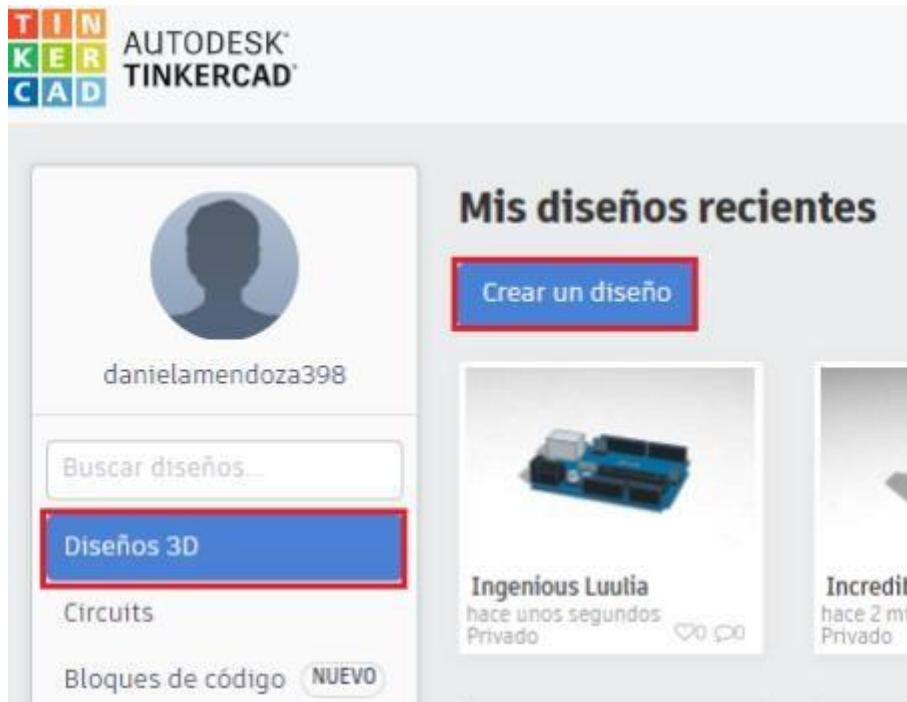


Figura 3.6 Perfil en Tinkercad

La interfaz se puede observar en la Figura 3.7, en la esquina superior izquierda tenemos el botón “Tinkercad” para volver a nuestra pantalla de inicio, en la zona inferior de la misma se observan los botones para controlar el punto de vista del diseño y el zoom sobre el mismo.

En la zona derecha existen una serie de menús desplegables con opciones de diseño directas (formas geométricas, letras, símbolos, etc.). En la zona superior se ven los iconos de deshacer y rehacer, además de una serie de accesos directos a herramientas de trabajo y de diseño, (Diseña con Tinkercad, s. f.).



Figura 3.7 Interfaz del software Tinkercad

Lo primero que se hará es seleccionar la opción de un cubo (sólido) de las medidas ya mencionadas en la Figura 3.4, a su lado a su vez se pondrá un cubo (hueco) en el plano como se ve en la Figura 3.8.

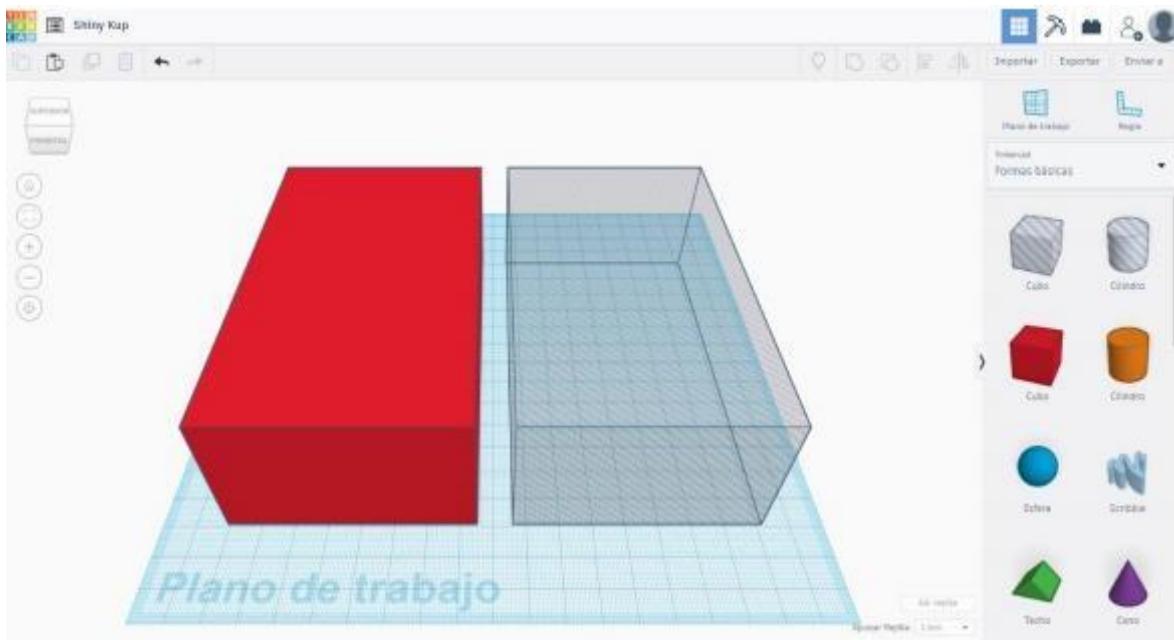


Figura 3.8 Inicio de diseño (caja)

Después de tener la caja sólida y hueca podremos llevar a cabo el primer corte (hueco para posicionar dentro las conexiones), para hacer esta abertura se colocará el paralelepípedo hueco sobre el sólido (Ver Figura 3.9a), al tener las dos cajas posicionadas sobre el plano de trabajo, seleccionaremos ambos paralelepípedos y daremos clic en Agrupar (Ver Figura 3.9b). Cuando ambos estén agrupados correctamente se hará la unión, como se resultado de esto es el hueco en medio haciendo una caja (Ver Figura. 3.9c)

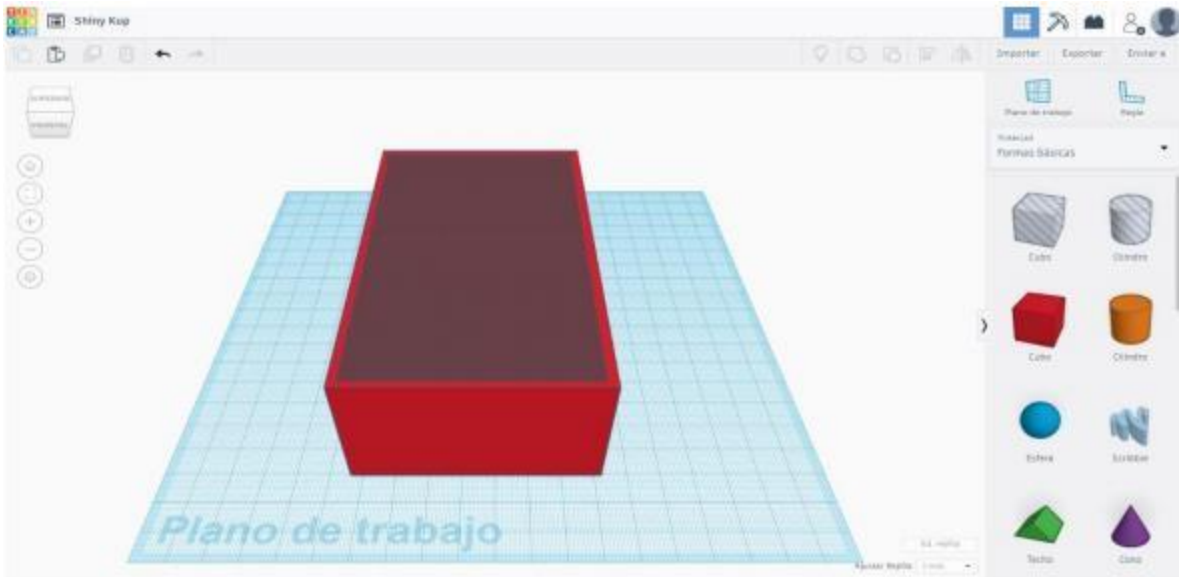


Figura 3.9a Posicionamiento del rectángulo hueco en el sólido.

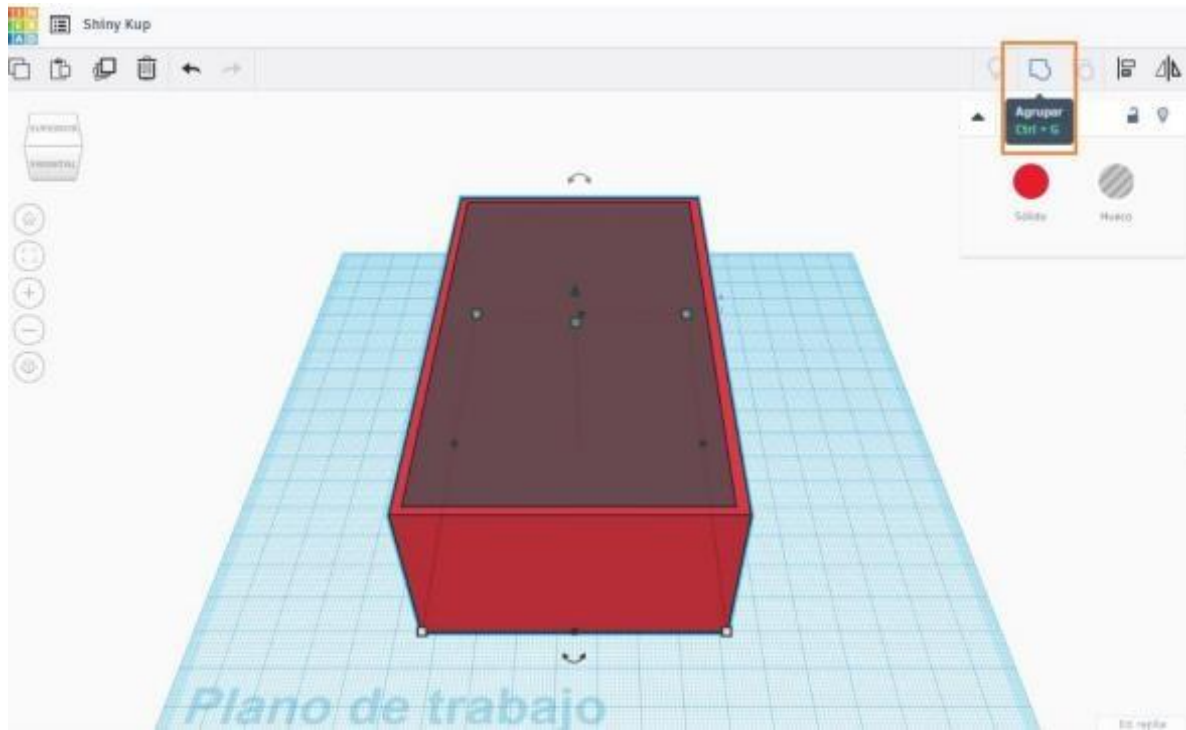


Figura 3.9b Agrupar rectángulos

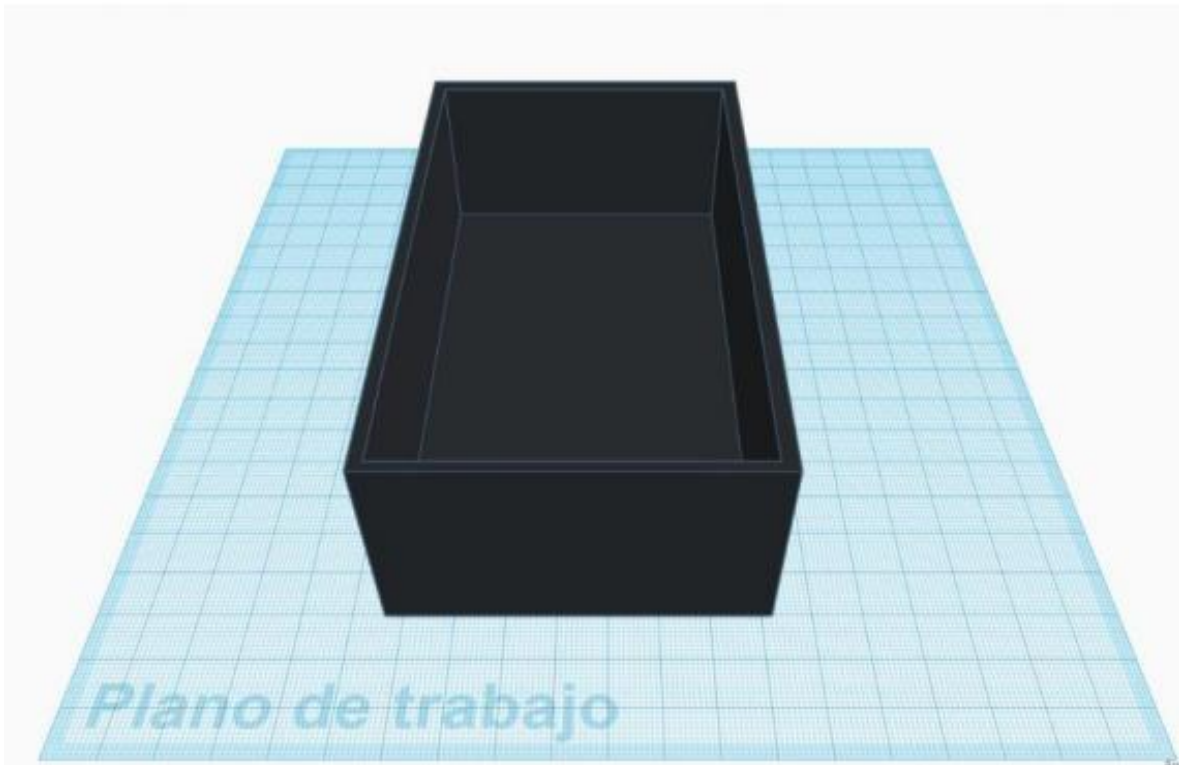


Figura 3.9c Unión para formar una caja

Una vez hecho el diseño de la caja se iniciará con las uniones en la cara principal, donde los cortes se realizan en base a las medidas de los sensores como se ve en

la Figura 3.10a, los sensores se acomodaron en la cara principal de acuerdo con sus medidas, para la adquisición de los datos. Asimismo, los cortes para las aberturas son iguales a la del corte visto en la Figuras 3.9b y 3.9c, al tener el diseño de cada sensor, se procede a realizar la agrupación para finalizar con el corte de estas mismas y tener el primer resultado (Ver Figura 3.10b).


Sensor	Altura	Ancho	Imagen
LDR	0.3 cm	0.3 cm	
DHT11	1.7 cm	1.5 cm	
PVDF	0.9 cm	0.9 cm	

Figura 3.10a Medidas de los sensores

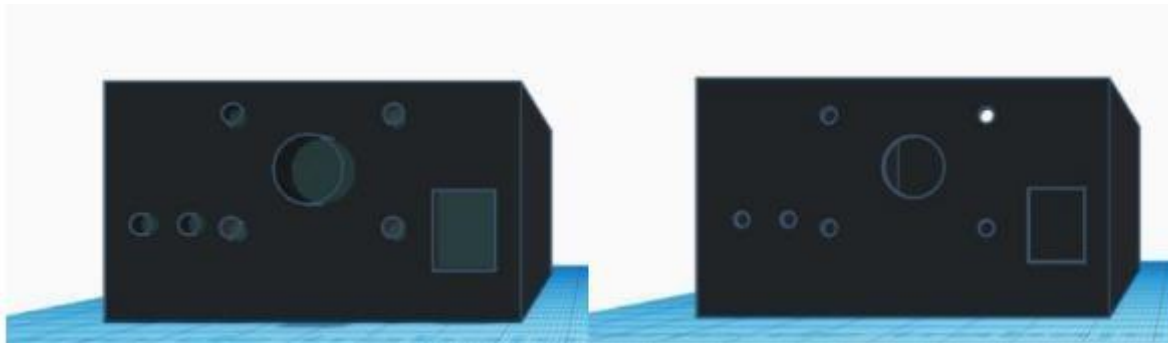


Figura 3.10b Cortes en cara principal de la caja

Sobre la cara posterior de la caja se hizo una abertura de una medida de 1.5 cm x 1 cm donde saldrá el cable de conexión a USB, ya que el módulo esp8266 nodeMCU se alimenta de energía mediante una conexión micro USB, conectado a una computadora o también a una pila de 9V (ver Figura 3.11).



Figura 3.11 Cara trasera de la caja

Por otra parte, para tener la tapa de la caja se diseñó un rectángulo de 13.5 cm x 7.5 cm x 2 cm sólido y uno hueco, al tener ambos se coloca el paralelepípedo hueco encima del sólido para agruparlo (Figura 3.12).

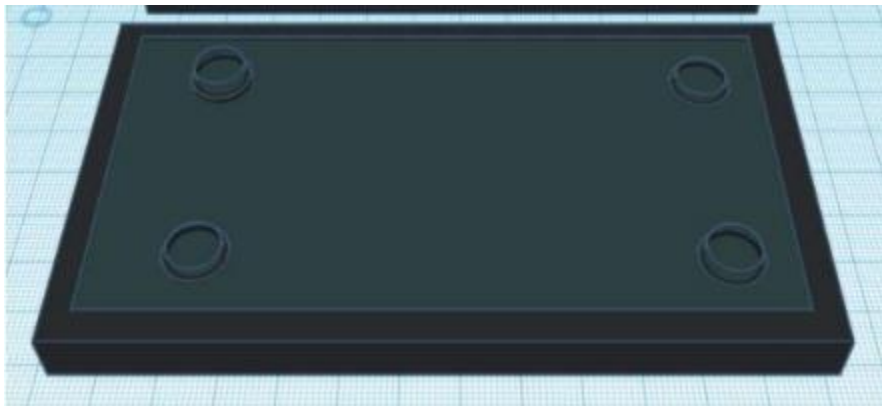


Figura 3.12 Tapa de la caja

Para finalizar con estos cortes se realiza la agrupación de todos los elementos para tener los cortes en la cara posterior y la tapa, teniendo una caja para la colocación del prototipo para su adquisición (Figura 3.13).

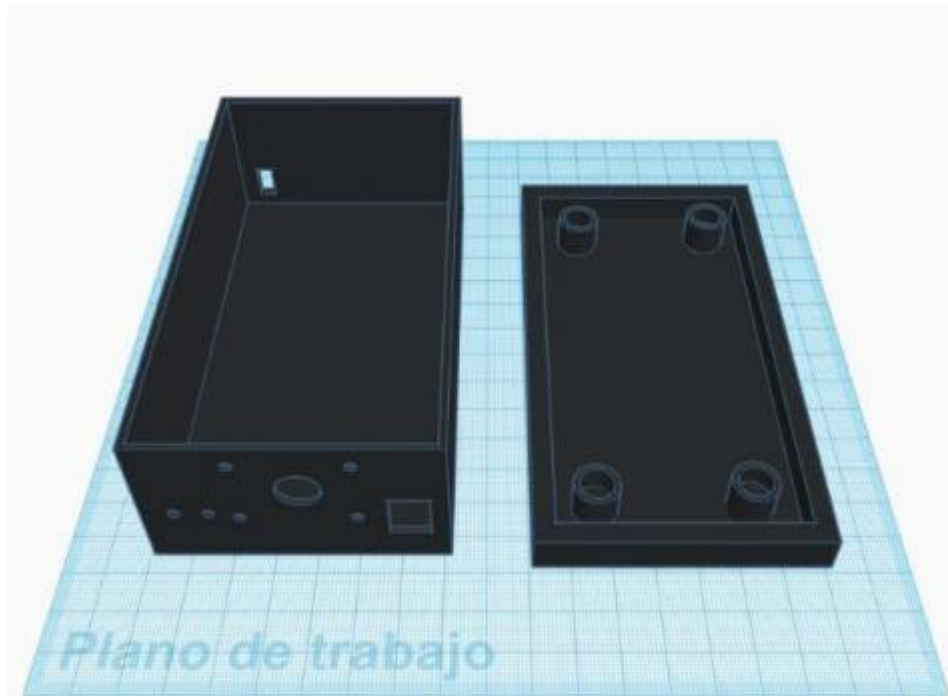


Figura 3.13 Diseño 3D finalizado

Cuando el usuario obtenga su diseño terminando y para que pueda proceder a la impresión 3D, se debe exportar el diseño en Tinkercad como se puede ver en la Figura 3.14, donde se selecciona la opción (.STL) que es el formato de archivo informático de diseño asistido por computadora (CAD) que define geometría de objetos 3D, se le da esa opción para que la impresora 3D pueda leer el archivo.

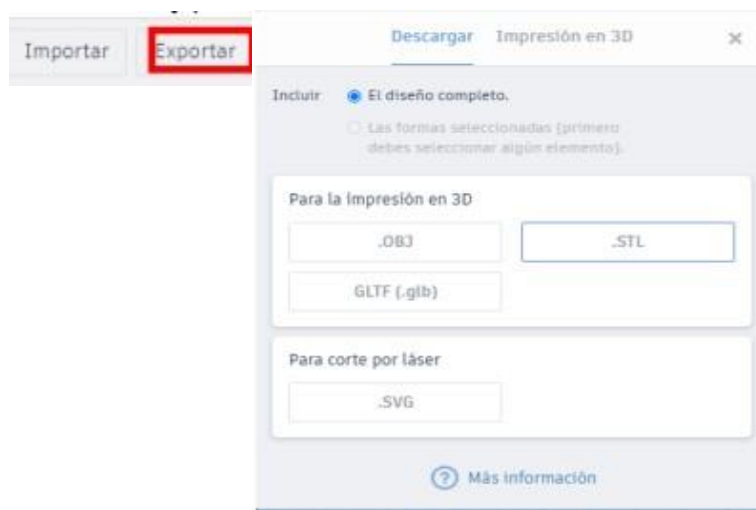


Figura 3.14 Exportación de Diseño en .STL

3.7.2 Impresión 3D

Para imprimir las piezas en 3D que sirvieron para alojar todos los componentes electrónicos del sistema se hizo uso de una impresora 3D (Flashforge Creator Pro), el filamento de plástico a ocupar fue de material PLA (ácido poliacético) de 1/6 pulgadas (1.75mm) de diámetro. Esta impresora se configuró para imprimir en un tipo hexágono. La cama caliente que recibe el polímero se configuró a una temperatura de 80°C mientras que el extrusor que se usó para imprimir se configuró a 210°C. Este archivo para la impresión se convirtió de una extensión .stl a .x3g, debido a que esta última extensión sirve para imprimir en la impresora 3D.

El tiempo de impresión fue de 6 horas con 46 minutos y se ocupó 30.39 metros de material por cada caja.

El resultado de cómo se observa antes de su impresión se muestra en la Figura 3.15.

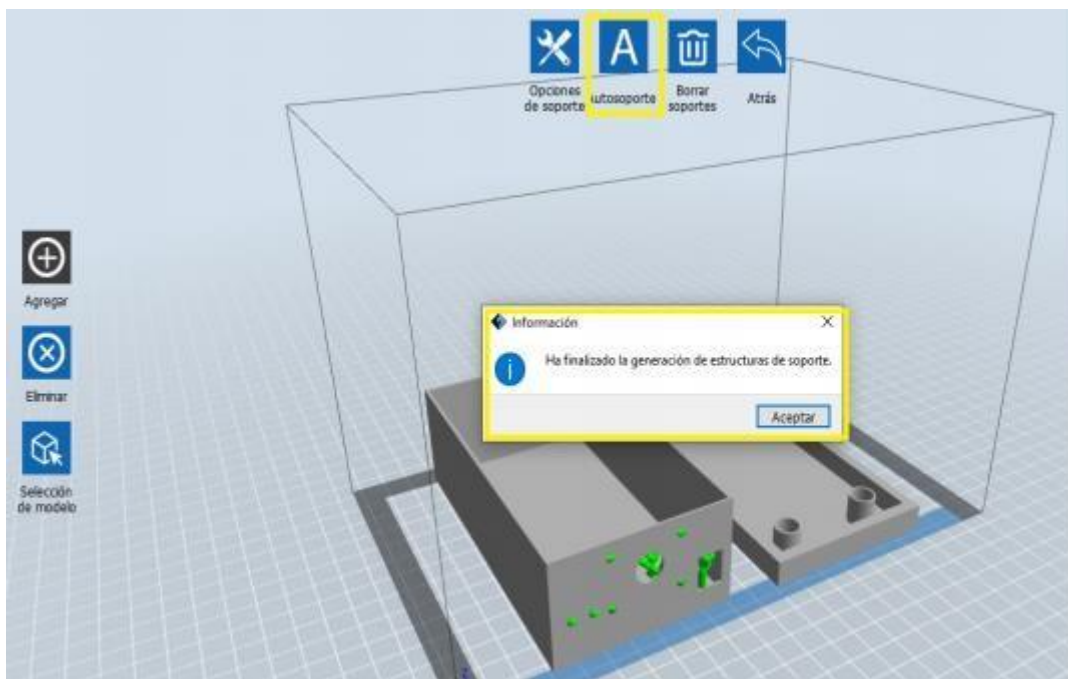


Figura 3.15 Impresión finalizada de la caja

A continuación, se muestra la caja ya impresa en la Figura 3.16. para alojar todos los componentes electrónicos.



Figura 3.16 Caja y tapa impresa 3D

3.7.3 Electrospinning para elaborar los sensores PVDF

Para la elaboración del ferro fluido de polímero PVDF se utiliza una proporción en peso del 20% de soluto a 80% de solvente, por lo que el ferro fluido está compuesto por 0.6 g de PVDF y 2.4 g de DMF (Dimetil Formamide) (La porción también dependerá del polímero que se quiera hacer en nano-fibras), Estos elementos se vacían en un tubo de ensayo de vidrio, para su posterior exposición a una temperatura de 100°C durante 30 minutos dentro un calefactor con control de temperatura elaborado en el laboratorio. Una vez transcurridos los 30 minutos a 100°C se logra una completa integración de la mezcla PVDF/DMF, al obtener una solución homogénea, amarillenta y con un coeficiente de viscosidad mayor que el de la mezcla original antes de su exposición a la temperatura ya antes mencionada. Todo este procedimiento se hizo con guantes, cubre bocas, careta y pinzas de madera como medidas de seguridad para evitar un contacto eléctrico directo. Una vez elaborado el ferro fluido se hace el Electrospinning a una altura de 10 cm de la placa colectora y utilizando un voltaje de 15kV durante 1 hora para la obtención de espesores del aproximadamente 100 μm . En la Figura 3.17 se observa en el esquema que representa los pasos para la hacer las membranas de polímero.

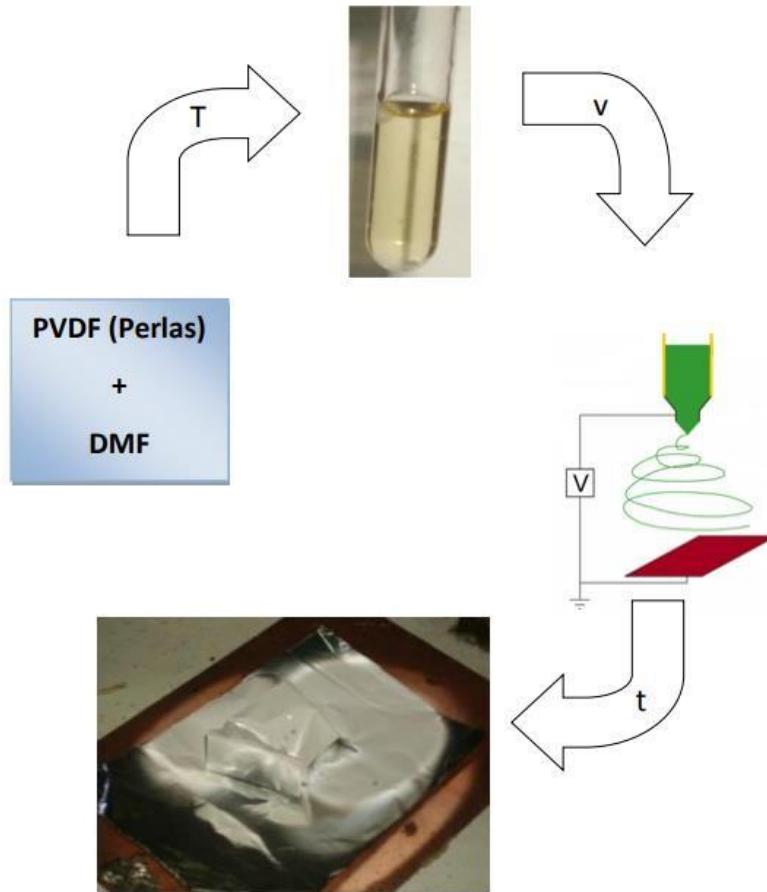


Figura 3.17 Pasos para hacer las membranas de PVDF

3.7.4 Diseño del sensor con la membrana de PVDF

Una vez obtenida la membrana esta se recortó a un tamaño de 1 cm x 1.5 cm. A esta membrana se le agregaron electrodos de cinta de aluminio en toda la parte posterior y una ventana de cinta de aluminio de 2mm de ancho en la parte anterior de la membrana PVDF. Una vez teniendo los electrodos o contactos se le agregó una etapa de instrumentación electrónica utilizando el circuito integrado 555, así como se muestra en la Figura. 3.18.

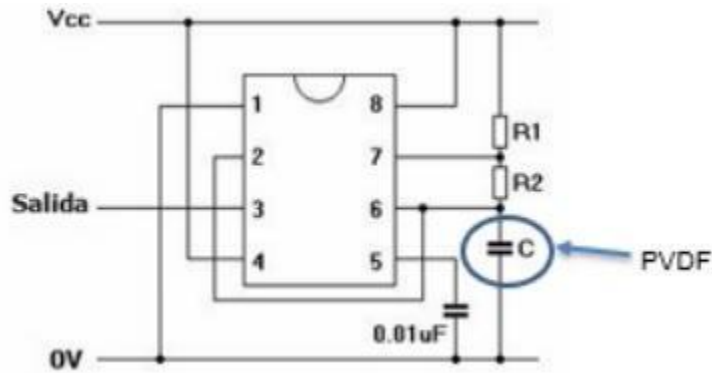


Figura 3.18 Circuito para la generación de señales a partir de Membrana de PVDF

En la Figura 3.19 se desarrolló una prueba utilizando el Arduino UNO y el ESP para Arduino conectando la membrana de PVDF con contactos eléctricos y este al circuito 555 para las pruebas de comunicación.

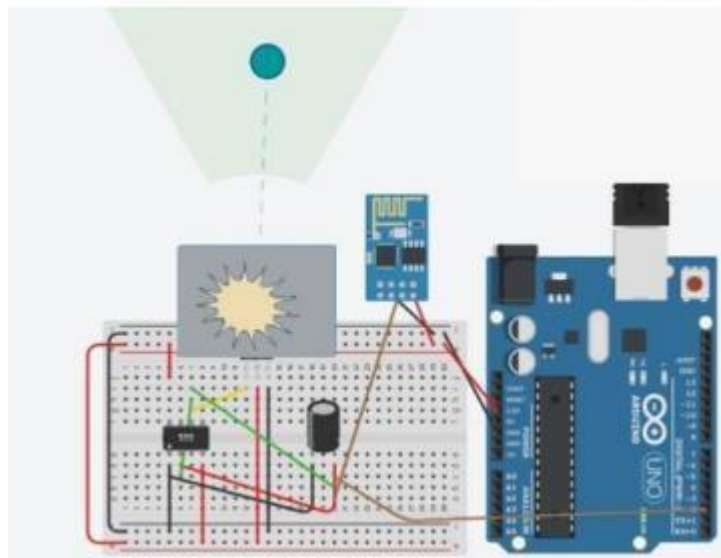


Figura 3.19 Simulación del sensor PVDF, con el circuito 555

3.7.5 Adquisición de datos del sensor de fluoruro de polivinilideno (PVDF) en la nube, usando Thingspeak.

Después de observar cómo se obtienen los datos desde el sensor piroeléctrico (PVDF), la siguiente etapa es visualizar los datos en la nube, para eso se necesitó un módulo ESP8266 nodeMCU, y Thingspeak (API de Internet de las Cosas de código abierto para almacenar y recuperar datos a través de una red de área local).

Se conectó el sensor con el circuito 555 al módulo, como se muestra en la siguiente Figura 3.20.

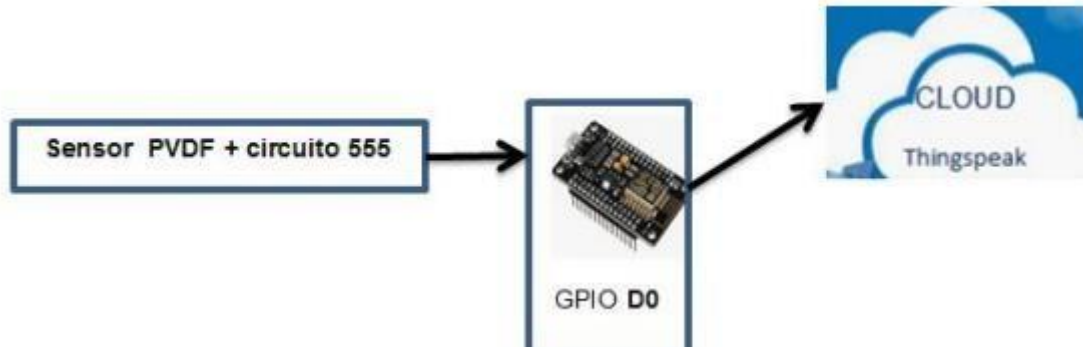


Figura 3.20 Relación del sensor con el módulo ESP8266 nodeMCU

3.7.6 Comunicación del sensor LDR por medio del IoT

Al conectar el sensor LDR de acuerdo con la Figura 3.21a obtenemos valores de cero a 1023 en base a la programación en el Arduino.

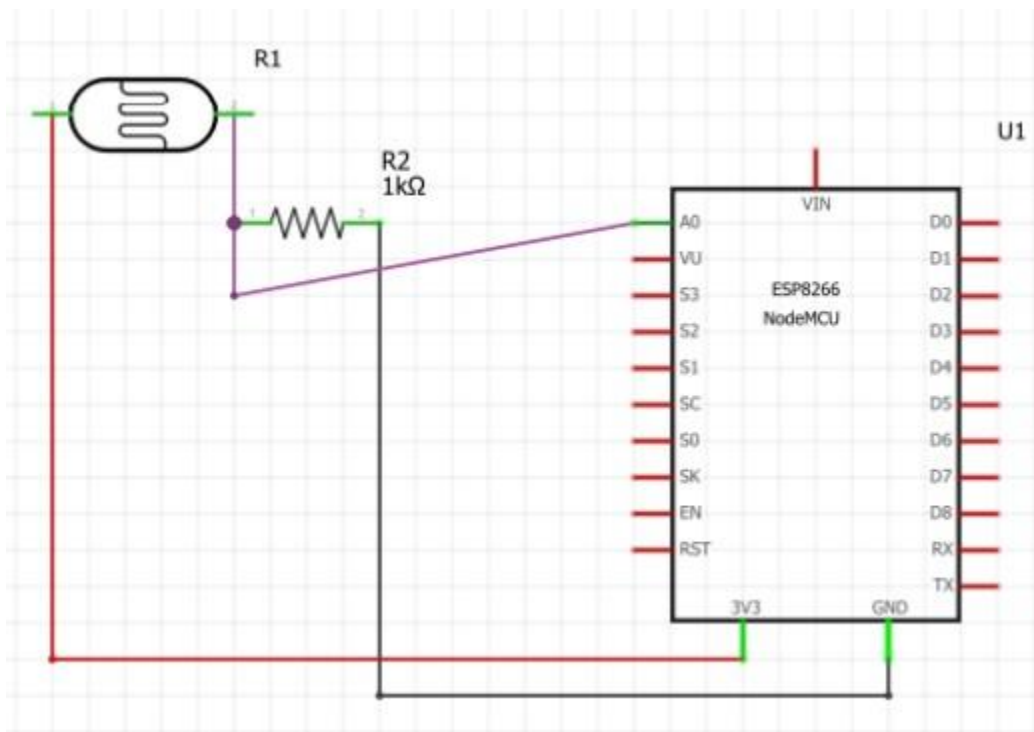


Figura 3.21a Diagrama esquemático del sensor LDR

Posteriormente para comunicarse con la placa esp8266 nodeMCU se realizó un diagrama esquemático y diagrama 3D como se puede ver en la Figura 3.21b.

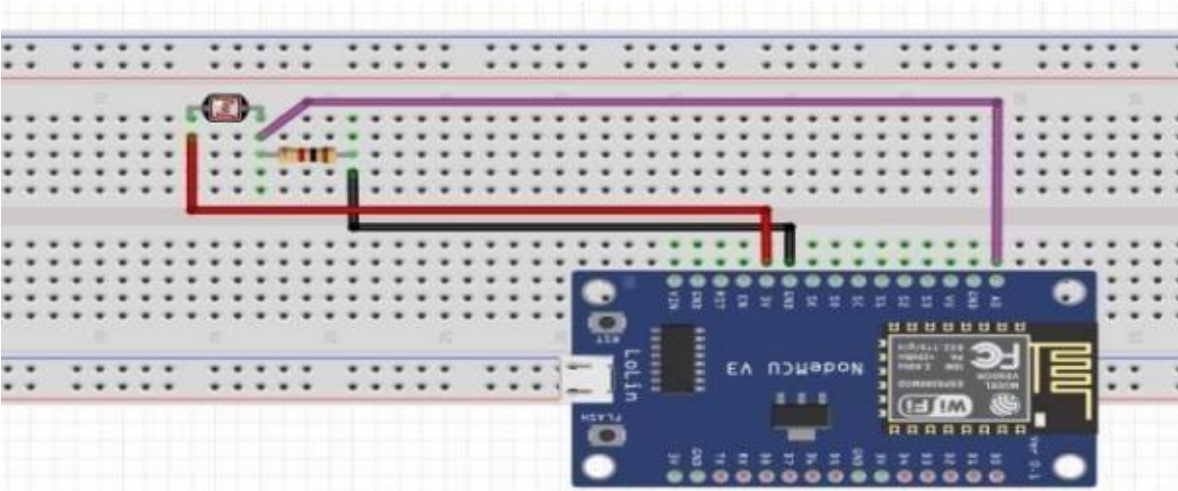


Figura 3.21b Diagrama 3D del sensor LDR

3.7.7 Comunicación del sensor DHT11 por medio del IoT

El sensor DHT11 contiene dos sensores (Temperatura y Humedad relativa) en la Figura 3.22a se muestra cómo se conectó y en la siguiente Figura 3.22b se ve el diagrama de conexiones con el nodeMCU.

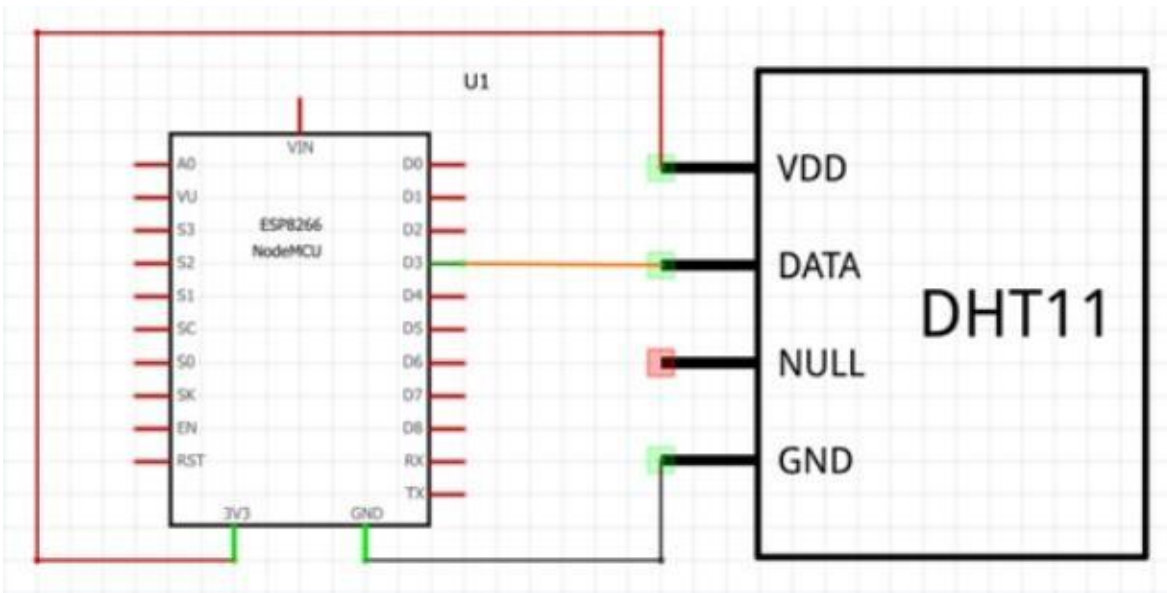


Figura 3.22a Diagrama esquemático del sensor DHT11

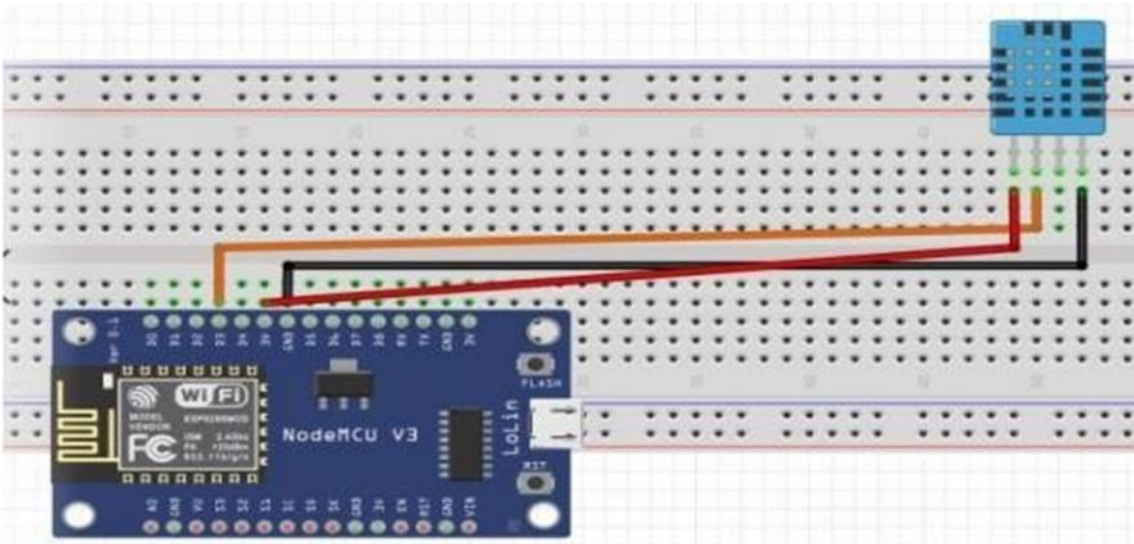


Figura 3.22b Diagrama 3D del sensor DHT11

3.7.8 Comunicación WiFi de 4 Variables Físicas de un Dispositivo IoT en la nube

Finalmente, se implementó de las 4 variables físicas al módulo ESP8266 nodeMCU, en la Figura. 3.23a se observa el diagrama esquemático del prototipo para verificar la entrada de datos analógica y digitales de los sensores con el ESP8266 nodeMCU. Todos estos dispositivos electrónicos se alojaron en la caja impresa, así como se observa en la Figura. 3.23b.

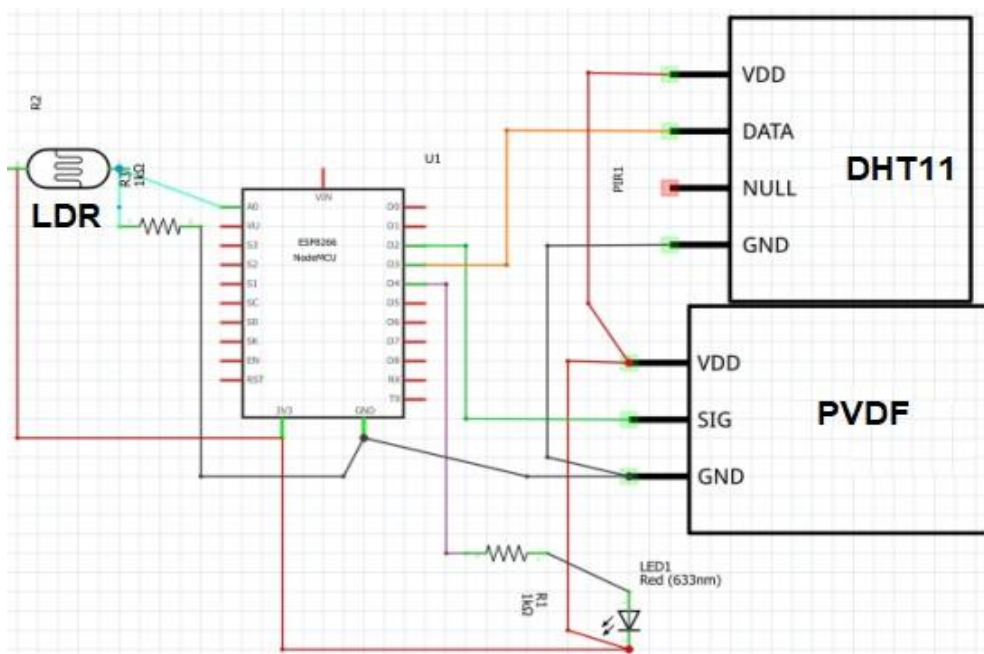


Figura 3.23a Diagrama Esquemático del Prototipo Final



Figura 3.23b Monitores de seguridad industrial IoT conexiones

3.7.9 Plataformas IoT Thingspeak para la adquisición de datos por medio de la comunicación WiFi de 4 variables físicas

3.7.9.1 Acerca de Thingspeak

Thingspeak es un servicio de plataforma de análisis de IoT que permite agregar, visualizar y analizar flujos de datos en vivo en la nube. Puede enviar datos a Thingspeak desde sus dispositivos, crear una visualización instantánea de datos en vivo y enviar alertas, (IoT Analytics - ThingSpeak Internet of Things, s. f.).

Su servicio se base en Recoger, Analizar y Actuar.

3.7.9.1.1 Recoger (Envíe los datos del sensor de forma privada a la nube)

Los sensores, o cosas, detectan datos y normalmente actúan localmente. Thingspeak permite que los sensores, instrumentos y sitios web envíen datos a la nube donde se almacenan en un canal público o privado. Thingspeak almacena datos en canales privados de forma predeterminada, pero los canales públicos se pueden usar para compartir datos con otros, (How To Collect, Analyze, and Act on IoT Data - ThingSpeak IoT, s. f.).

3.7.9.1.2 Analizar (Analice y visualice sus datos con MATLAB)

Thingspeak proporciona acceso a MATLAB para ayudarlo a entender los datos. Usted puede:

- Convierta, combine y calcule nuevos datos
- Programar cálculos para que se ejecuten en determinados momentos
- Comprender visualmente las relaciones en los datos mediante funciones de trazado integradas
- Combine datos de varios canales para crear un análisis más sofisticado

3.7.9.1.3 Actuar (Desencadena una reacción)

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

- Reaccionar ante los datos, tanto los datos sin procesar como los datos nuevos que calcula, a medida que ingresan a un canal.
- Poner en cola los comandos para que los ejecute un dispositivo

3.7.9.2 Funciones de Thingspeak

- Recopilar datos en canales privados
- Comparte datos con canales públicos
- API RESTful y MQTT
- Analíticas y visualizaciones de MATLAB
- Programación de eventos
- Alertas
- Integraciones de aplicaciones

Thingspeak funciona con las siguientes aplicaciones, (IoT Analytics - ThingSpeak Internet of Things, s. f.).

- MATLAB
- Arduino
- Fotón y electrón de partículas
- Módulo Wifi ESP8266
- Raspberry Pi [™]
- LoRaWAN®
- Red de cosas

- Senet
- Libelium
- Beckhoff

3.7.9.3 ¿Qué tipo de datos acepta Thingspeak?

ThingSpeak acepta cadenas, números enteros, grados decimales y cualquier dato codificado. ThingSpeak almacena datos como cadenas de hasta 255 caracteres por campo. ThingSpeak organiza los datos por canales, donde un canal representa los datos de un dispositivo o proceso determinado. Cada canal contiene ocho campos de datos, tres campos para la ubicación: latitud, longitud y elevación, y un campo adicional para un informe de estado. Si escribe un número en un campo (entero o flotante), ThingSpeak mostrará los números en gráficos de campo en la vista de su canal, (Scharler, 2021).

3.7.9.4 Requerimientos de Thingspeak

3.7.9.4.1 Dispositivos

Sensor de datos pueden ser enviados a ThingSpeak™ de Arduino®, Frambuesa Pi™, BEAGLEBONE Negro, y otro hardware. Para que los dispositivos se comuniquen con ThingSpeak, deben admitir los protocolos TCP / IP, HTTP o MQTT. Su firewall debe permitir la conexión a los puertos estándar para estos protocolos. Explore información adicional y ejemplos, (ThingSpeak, s. f.).

3.7.9.4.2 Sitio web

Para acceder a ThingSpeak a través de un navegador web, asegúrese de que su sistema cumpla con los siguientes requisitos, (ThingSpeak, s. f.).

3.7.9.4.3 Navegadores compatibles

ThingSpeak es compatible con la mayoría de los navegadores web modernos se ejecuta en Windows®, Mac y Linux® sistemas operativos, así como Chromebooks.

Para los navegadores (como Chrome y Firefox) que se actualizan automáticamente, se admite la versión estable actual. Para otros navegadores, las versiones

compatibles se muestran a continuación. Si está utilizando una versión anterior, debe actualizar a la versión que se indica a continuación, (ThingSpeak, s. f.).

Para obtener la mejor experiencia general, recomendamos utilizar Google Chrome.

Tabla 3.3 Navegador recomendable

Navegador	Versiones admitidas
Google Chrome	Versión actual

Thingspeak es compatible con otros navegadores populares.

Tabla 3.4 Otros navegadores

Navegador	Versiones admitidas
Explorador de internet	Versión actual
Microsoft Edge	25 (EdgeHTML versión 12 o posterior)
Mozilla Firefox	Versión actual
Safari	10.0 o posterior

3.7.9.4.4 Configuración del navegador requerida

Conexión de banda ancha recomendada para uso interactivo del sitio web, (ThingSpeak, s. f.).

3.7.9.4.5 Análisis y visualizaciones de MATLAB en Thingspeak

Puede utilizar MATLAB para análisis y visualizaciones de datos en Thingspeak. Obtenga más información sobre las cajas de herramientas compatibles, (ThingSpeak, s. f.).

3.7.9.4.6 Diagrama del flujo de datos de cómo los datos del sensor se convierten en una visualización de gráfico en la pantalla.

IoT Charts – How It Works

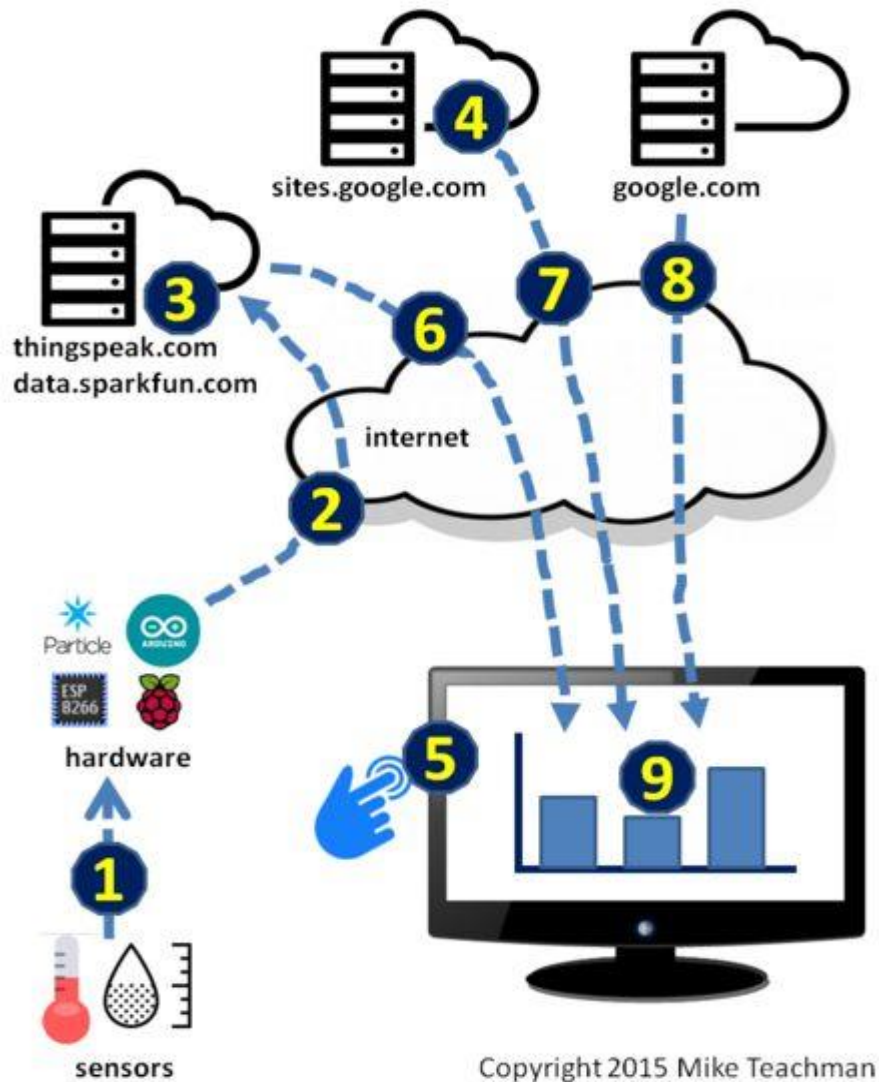


Figura 3.24 Diagrama del flujo de datos en Thingspeak

Nota: (IoT gráficos usando las herramientas de Google: Introducción / Paso 3: De los sensores a la visualización del gráfico - askix.com, s. f.).

A continuación, se describe cada uno de los números que se encuentran en el diagrama, (IoT gráficos usando las herramientas de Google: Introducción / Paso 3: De los sensores a la visualización del gráfico - askix.com, s. f.).

1. Sensores son leídos por el hardware, como Arduino o ESP8266

2. El hardware empuja los datos del sensor a un servidor de ThingSpeak vía internet
3. Datos de los sensores se almacenan en un servidor remoto operado por ThingSpeak
4. Formato de página web se almacena en un servidor de Google
5. Usted usando un navegador, como Chrome o Internet Explorer, clic en el enlace THINGSPEAK en el sitio web de IoT.
6. Flujos de datos de sensor desde el servidor de ThingSpeak al navegador
7. Sitio web formato fluye desde un servidor de sitios de Google en el navegador
8. Software de Google Charts fluye desde un servidor de Google para el navegador
9. Navegador combina 6, 7 y 8 para producir un gráfico de los datos del sensor.

De acuerdo con la investigación hecha previamente, se llegó al resultado que esta aplicación bajo a los requerimientos que se necesitan para las conexiones de los módulos realizados, Thingspeak era la plataforma (servidor) indicado para la comunicación M2M entre los módulos y los dispositivos conectados. Se selecciona porque su principal función es ayudar a los clientes a tener una recopilación de datos, poder visualizarla a cualquier hora del día y tenerla almacenada en la nube para que si se requiere analizarla después pueda hacerlo sin la necesidad de pagar una cuenta para este almacenamiento.

En este capítulo se llevó a cabo un análisis de la metodología para la construcción de los prototipos, con respecto al diseño 3D del módulo donde se colocaron los sensores, se hicieron varios diseños para encontrar el adecuado, esto brindará el espacio correcto para el alojamiento de los sensores. La selección de sensores fue de acuerdo a las variables que se querían evaluar para obtener los datos; en esta selección se ocuparon otros tipos de sensores como el sensor Lm35 que es un sensor de temperatura, el cual al instalarlo se presentó un problema que fue el que se calentaba demasiado lo cual hacía que tuviera menor tiempo vida del sensor también permitiendo así, fallar o quemar la placa, por esa situación se tomó la decisión de ocupar el sensor DHT11, el cual nos deja obtener otra variable que es

la de la humedad si la necesidad de instalar otro sensor. Para poder tener una buena adquisición de los registros es importante poner mucha atención en el armado del circuito porque al no conectar correctamente podemos quemar los sensores y la placa esp8266 nodeMCU, donde si no se tiene un buen armado alguno de los sensores no adquirirá la variable, mostrándonos datos nulos. Por último, al elaborar el sensor PVDF con la técnica de electrospinning se debe tener mucho cuidado ya que el alto voltaje puede ser peligroso para el usuario. Otro punto importante es insertar la medida correcta de material PVDF (líquido) en la jeringa para no desperdiciar material y/o evitar que la jeringa no se tape para que al momento que se conecte la máquina pueda tener un flujo correcto (eyección) y posteriormente tener la membrana de PVDF para colocarle los electrodos y pines de conexión. Se tuvieron que hacer las pruebas para estar seguros de que se detecta presencia infrarroja que emiten las personas a su paso.

Finalmente, al tener la plataforma que es Thingspeak se procedió a realizar diagramas de flujo de cada uno de los sensores como se puede ver en las Figuras 3.25a,3.25b y 3.25c, para tener un análisis de como seria su funcionamiento y verificar que si marcaria algún error de acuerdo con lo que se tenía planteado para tener correcta la adquisición de datos y no tener errores.

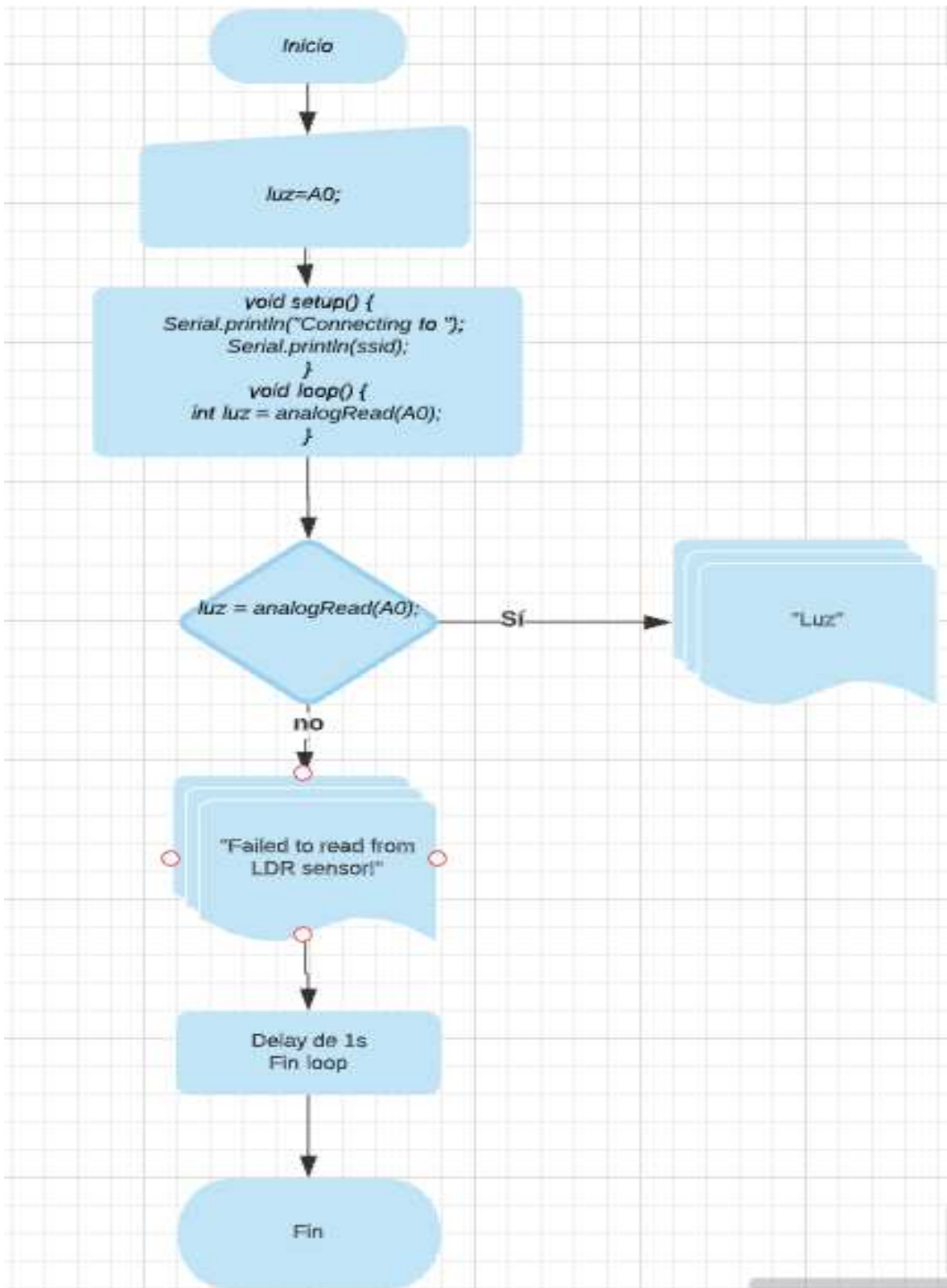


Figura 3.25a Diagrama del flujo del sensor LDR

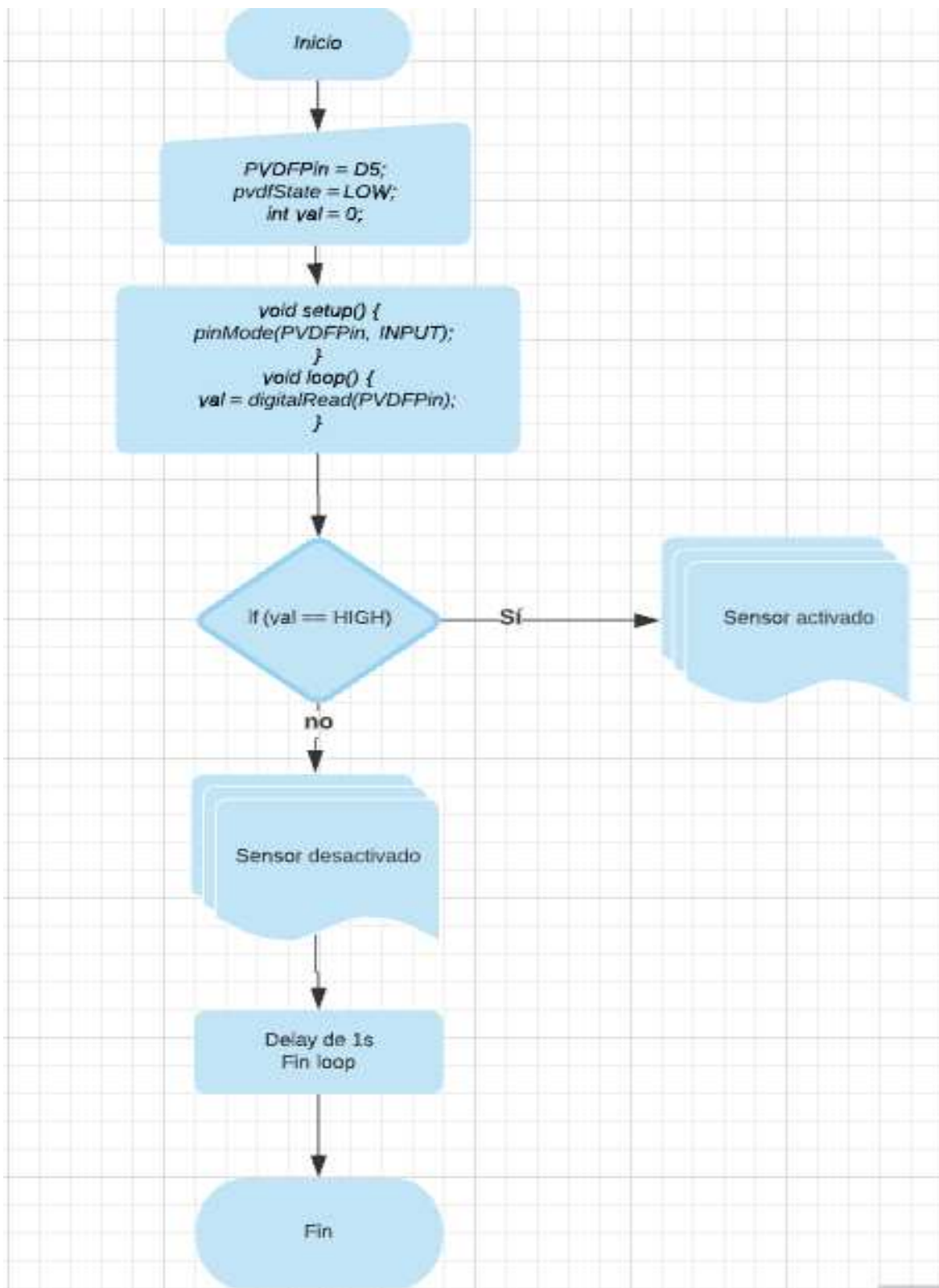


Figura 3.25b Diagrama del flujo del sensor PVDF

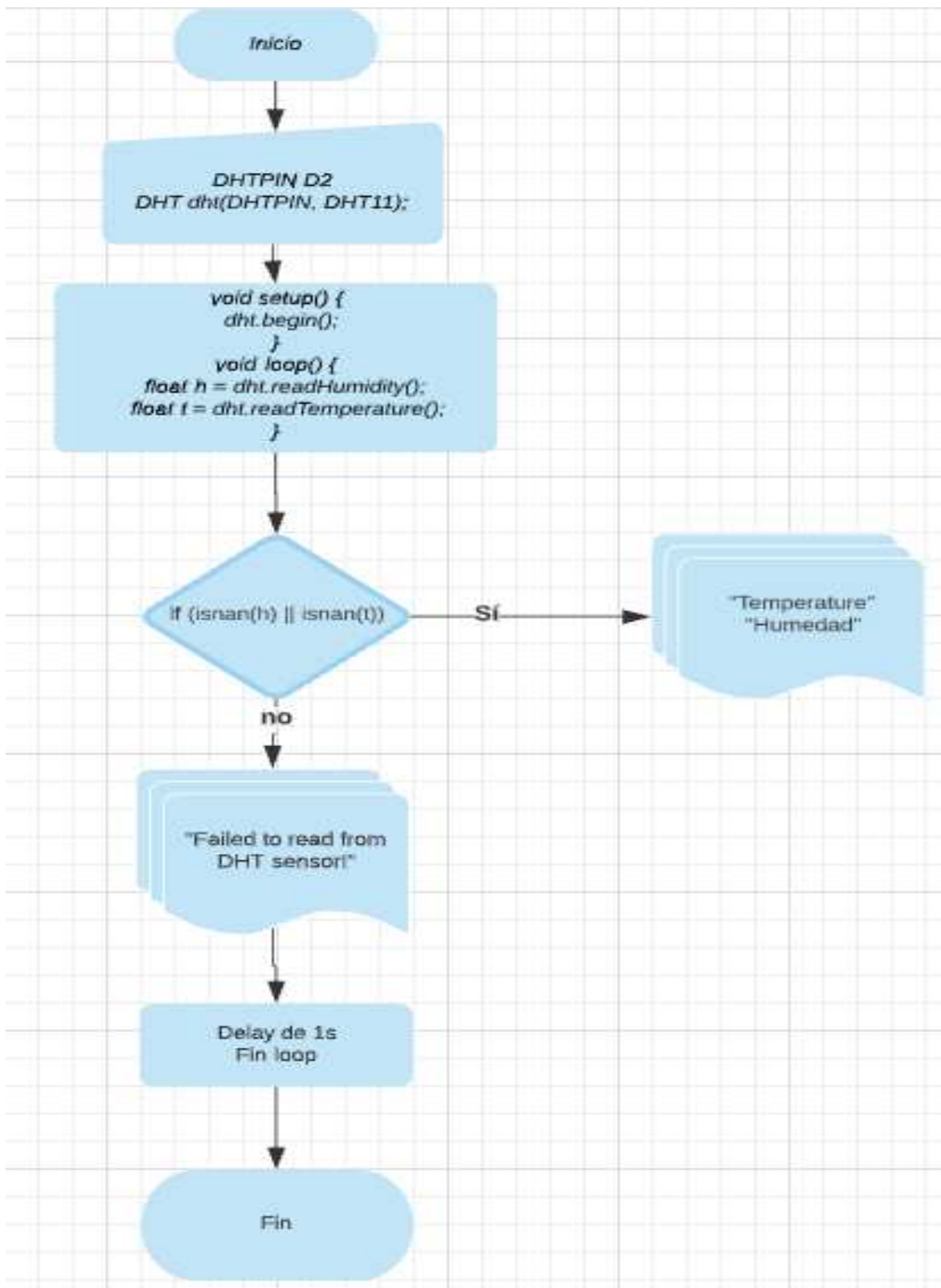


Figura 3.25c Diagrama del flujo del sensor DHT11

Capítulo 4. Pruebas y Resultados

Con los registros obtenidos en la experimentación como implementación de los módulos de seguridad IoT, los resultados mostrarán que el sistema de seguridad es viable para su implementación en cualquier espacio físico a monitorear.

Las primeras pruebas previas que se llevaron a cabo para detectar algún fallo se ejecutaron por aproximadamente 1 hora por 3 periodos de tiempo (en la mañana, tarde y noche) cada lapso se realizó por un mes para así mismo analizar dicha información.

Mediante la experimentación por parte de las pruebas y a través de los resultados no se detectó ningún fallo. Se instalaron los prototipos finales en un periodo de 4 meses las 24 horas del día.

4.1 Prueba de la Adquisición de datos del sensor de fluoruro de polivinilideno (PVDF) en la nube, usando Thingspeak.

Como objetivo principal de esta prueba es demostrar que el sensor piroeléctrico que se realizó previamente es capaz de detectar la presencia infrarroja de las personas y así mismo adquirir los datos. La prueba inicial se conectó dicho sensor con la placa esp8266 nodeMCU el cual hará su conectividad con la plataforma Thingspeak permitir tener esa comunicación M2M para la visualización de los datos que cada segundo va adquiriendo el sensor. En la Figura 4.1 se observa cómo los datos se han adquirido.



Figura 4.1 Comportamiento del sensor PVDF

Los resultados que se muestran en la Figura 4.1 se puede apreciar una adquisición de datos correcta esto se debe a que cuando el sensor PVDF detecta una presencia infrarroja nos manda un “1”, o “0” lógico, cuando se detecta ninguna presencia. Así es como la plataforma mostrará los datos los cuales nos ofrecerá un monitoreo cada segundo para no perder ningún registro.

4.2 Comunicación del sensor LDR por medio del IoT

Con respecto a la prueba de comunicación del sensor LDR, los resultados que se registraron tuvieron un rango entre 0 a 1023 que es la ponderación de luz mínima y máxima que detecta dicho sensor, si la luz radia mucho sobre él, nos mandará un rango determinado para la luz al que está detectando.

Podemos observar en la Figura 4.2, la mayor parte del tiempo el valor fue máximo y que en esos momentos el sensor detectaba mucha luz.



Figura 4.2 Comunicación sensor LDR

Los datos mostrados en la Figura 4.2 dependientes del tiempo en que se adquieren cuando una persona se encontraba en el sitio y esto se debe a que cuando no se encontró nadie había una luminosidad de 14 en el lugar y cuando la persona entró y prendió las luces o con solo ponerse enfrente del sensor llegó a una luminosidad de 748.

4.3 Comunicación del sensor DHT11 por medio del IoT

El sensor DHT11 en la temperatura tiene un rango de 0°C a 50°C, en base ese rango se estimó que cuando el sensor marque una temperatura mayor a 30°C emitirá una alerta por Twitter, donde el mensaje indica que la temperatura ha superado el rango y cuál es la temperatura actual para tomar acciones sobre lo que esté ocurriendo.

Como se puede observar en la Figura 4.3a el lugar se encuentra en una temperatura y humedad correcta, y esto se debe a que no rebasa la condición que se le programa para detectar algún caso de incendio.

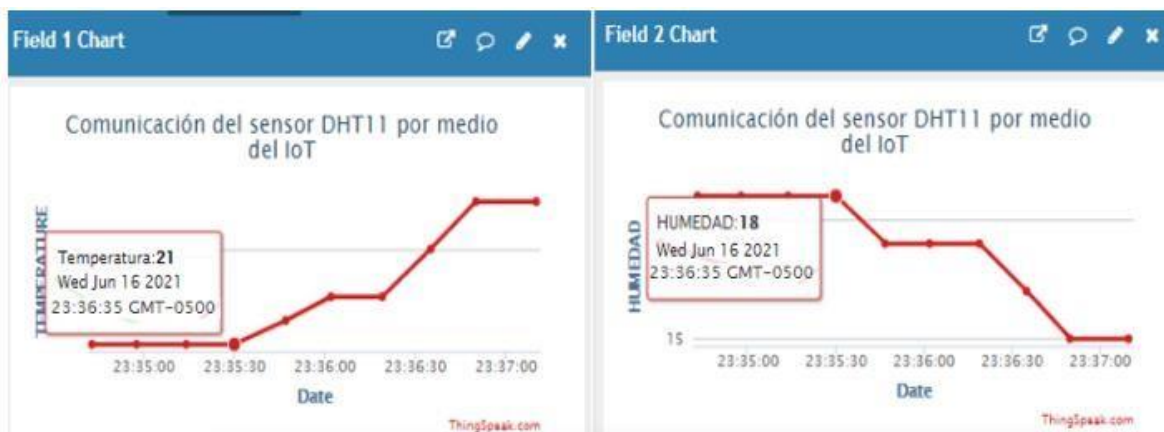


Figura 4.3a Comunicación del sensor DHT11 en el rango

En el caso de la Figura 4.3b se observa que se rebaso el rango considerado (para esta prueba se dispuso a colocar cerca del sensor un encendedor para aumentar la temperatura y rebasará el rango) esto fue realizado con el fin de que si en algún momento dicho lugar llega a presentar un acto de incendio el sensor pueda detectarlo.



Figura 4.3b Comunicación del sensor DHT11 en el sobre rango

4.4 Comparación del Sensor PVDF contra el sensor PIR

En la Figura 4.4 se muestra el sensor PIR también conocido como un sensor de infrarrojos pasivos. Están contruidos a partir una gran variedad de sensores de estado sólido de materiales piroeléctricos que generan una tensión cuando se exponen al calor. Se utilizan en aplicaciones de detección térmica, incluidos sensores de seguridad y detectores de movimiento.

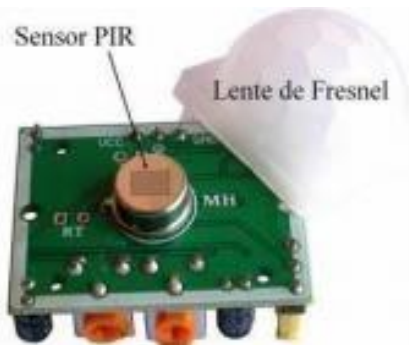


Figura 4.4 Sensor PIR

Su funcionamiento está basado en permitir el paso de la radiación infrarroja en el rango de los 8 y 14 microlumens. Está conformado por un ajuste de parámetros que es mediante sus 2 potenciómetros que el usuario puede modificar tanto la sensibilidad como la distancia de que será detectado, como se puede observar en la Figura 4.5.



Figura 4.5 Funciones del PIR

El sensor PIR fue conectado al mismo tiempo y periodo en el que se conectó el PVDF se pudo hacer su comparativo de ambos sensores lo cual se observó que el sensor PIR tiene algunas fallas.

Una de las fallas que se vieron fue que después de un periodo de tiempo el sensor PIR ya no trabaja de buena manera, y esto se debe a que sus potenciómetros en cierto tiempo ya no hacen su función. Al colocarle un máximo de 1 minuto de sensibilidad el sensor tomará cada minuto la presencia dentro del espacio, aquí se pudo notar que el sensor PIR envía falsos positivos en ausencia de personas.

La falla más común del sensor es una mala calibración, por eso en ocasiones habrá un margen de error.

Las pruebas que se realizaron al PIR se pueden ver las siguientes Figuras 4.6a y 4.6b donde al principio se vio una buena adquisición, pero al pasar el tiempo el sensor tuvo las fallas pertinentes debido a los potenciómetros.

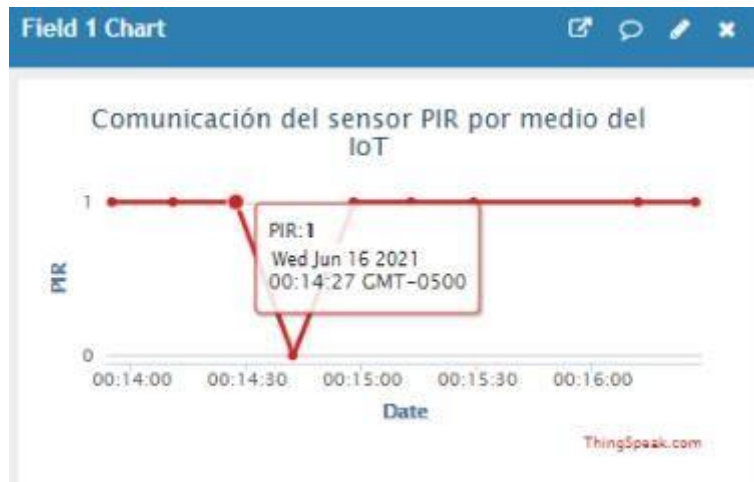


Figura 4.6a Comunicación sensor PIR



Figura 4.6b Comunicación sensor PIR con fallas

Después de observar las dos pruebas tanto del sensor PIR como del PVDF se verifica que el sensor PVDF presenta una mejor actividad que el sensor PIR ya que en varias pruebas el sensor PVDF mandaba datos correctos a la presencia o ausencia de personas que cruzaba por el sensor PVDF.

4.5 Comunicación Wifi de 4 Variables Físicas de un Dispositivo IoT en la nube

Finalmente, la comunicación con la plataforma de Thingspeak se muestran los resultados finales que son la primera parte el montaje de los 3 sensores en cada una de las cajas diseñadas previamente como se puede ver en la Figura 4.7, al

término de los registros se logró alojar en la página de Thingspeak que será el servidor local, los datos se guardarán segundo a segundo.



Figura 4.7 Prototipos finales (alojamiento de sensores)

En la Figura 4.8 se puede observar la primera adquisición que se ejecutó, y fue con un solo módulo para ver el comportamiento de cada uno de los sensores al ser conectados al mismo tiempo en la placa esp8266 nodeMCU, y posteriormente para verificar que los datos se estaban registrando correctamente en Thingspeak.



Figura 4.8 Primera adquisición de datos del prototipo final

4.6 Resultados de la comunicación usando el protocolo M2M de los 3 prototipos

Por parte de la comunicación M2M fue necesario colocar los 3 prototipos en diferentes puntos de una oficina (por cuestiones de pandemia fue mi cuarto de estudio), para esto fue necesario realizar un boceto 3D de la oficina como se muestra en las Figura 4.9a y 4.9b donde nos estarían ubicados dichos prototipos.



Figura 4.9a Oficina 3D vista delantera



Figura 4.9b Oficina 3D vista trasera

4.6.1 Módulo 1

El primer módulo fue colocado a lado de la puerta donde está un archivero (Figura 4.10), y esto se debió porque es un punto donde pasan las personas para poder entrar y salir de la oficina.



Figura 4.10 Ubicación Módulo 1

4.6.2 Módulo 2

Para situar el segundo módulo se ubicó un punto en una parte donde el abanico visual era amplio, y ese lugar fue en un librero que se encuentra entrando a mano derecha (Figura 4.11).

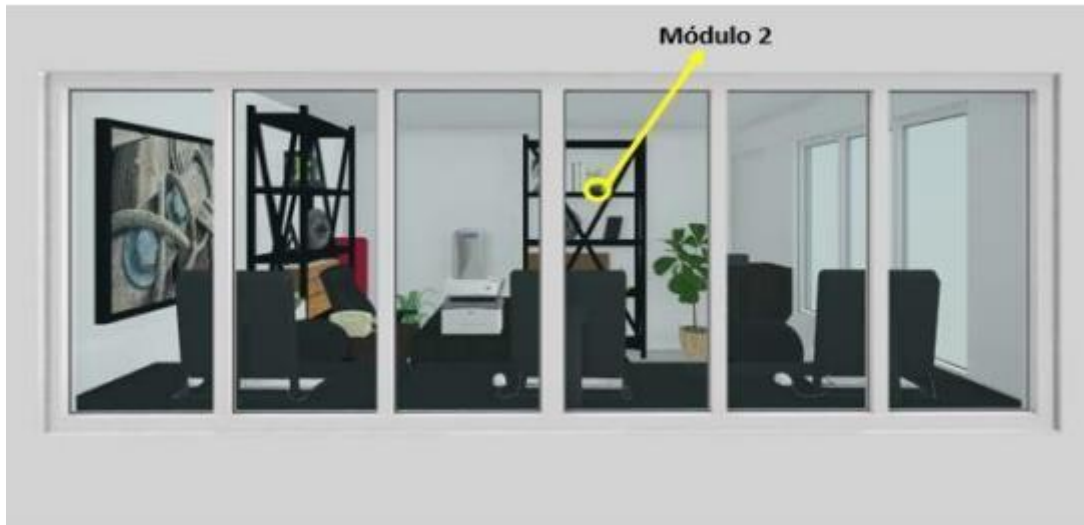


Figura 4.11 Ubicación Módulo 2

4.6.3 Módulo 3

Por último, el tercer módulo fue ubicado en el segundo librero que se localiza detrás del escritorio principal donde esta ubica la computadora e impresora (Figura 4.12), se colocó en ese espacio porque detectara la presencia de una persona externa que ingrese al lugar cuando en responsable de ese espacio no se encuentre.



Figura 4.12 Ubicación Módulo 3

Los 3 módulos permiten tener una visión mediante los sensores de saber si alguien ingresa en dicho espacio o si el lugar está en riesgo de algún incendio.

4.6.4 Vista de la oficina con gente

Los siguientes Figuras 4.13a, 4.13b y 4.13c se llevaron a cabo diseños sobre el flujo de gente que la mayoría del tiempo se encuentra en la oficina, donde los módulos (circulo amarillo) cumplen su función para registrar los datos conforme pasa el tiempo.



Figura 4.13a Primera vista oficina con gente

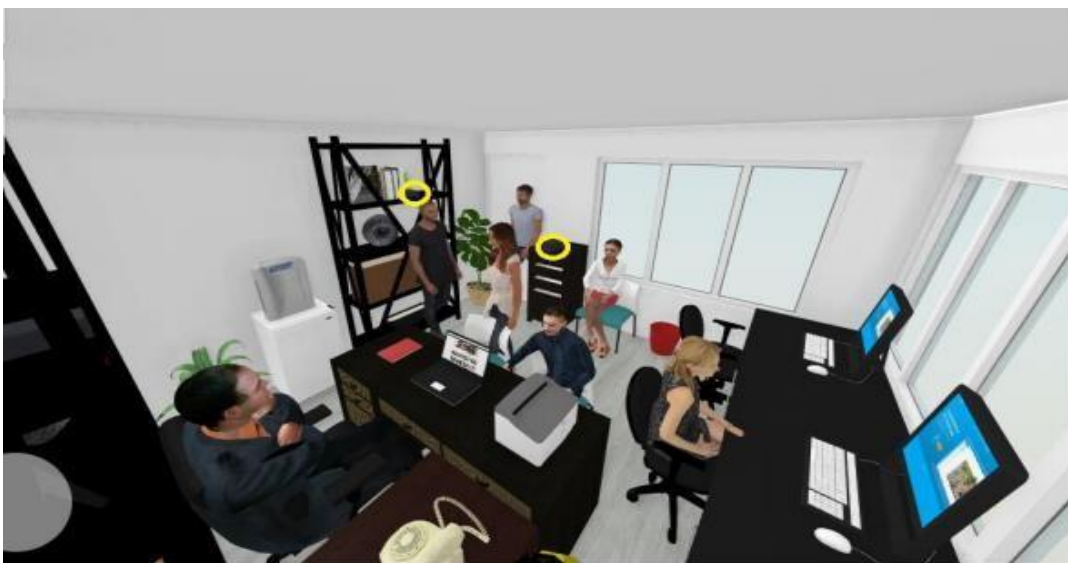


Figura 4.13b Segunda vista oficina con gente



Figura 4.13 c Tercera vista oficina con gente

4.7 Evaluación de sensores de variable física para su aplicación en IoT para la industria

Con relación a la evaluación de los sensores se conectaron los módulos al mismo tiempo cada uno de ellos ya con su conexión a la plataforma de Thingspeak para la adquisición de datos. Por parte de la prueba final para verificar que los 3 módulos se comunican entre ellos, se dispuso a dejarlos durante un periodo de 4 meses las 24 horas del día para detectar en el lugar donde fueron situados algún suceso sobre la presencia de alguna persona.

En las siguientes Figuras 4.14, 4.15 y 4.16 se puede observar los registros por parte de cada uno de los módulos y a la misma hora en que fueron adquiridos.

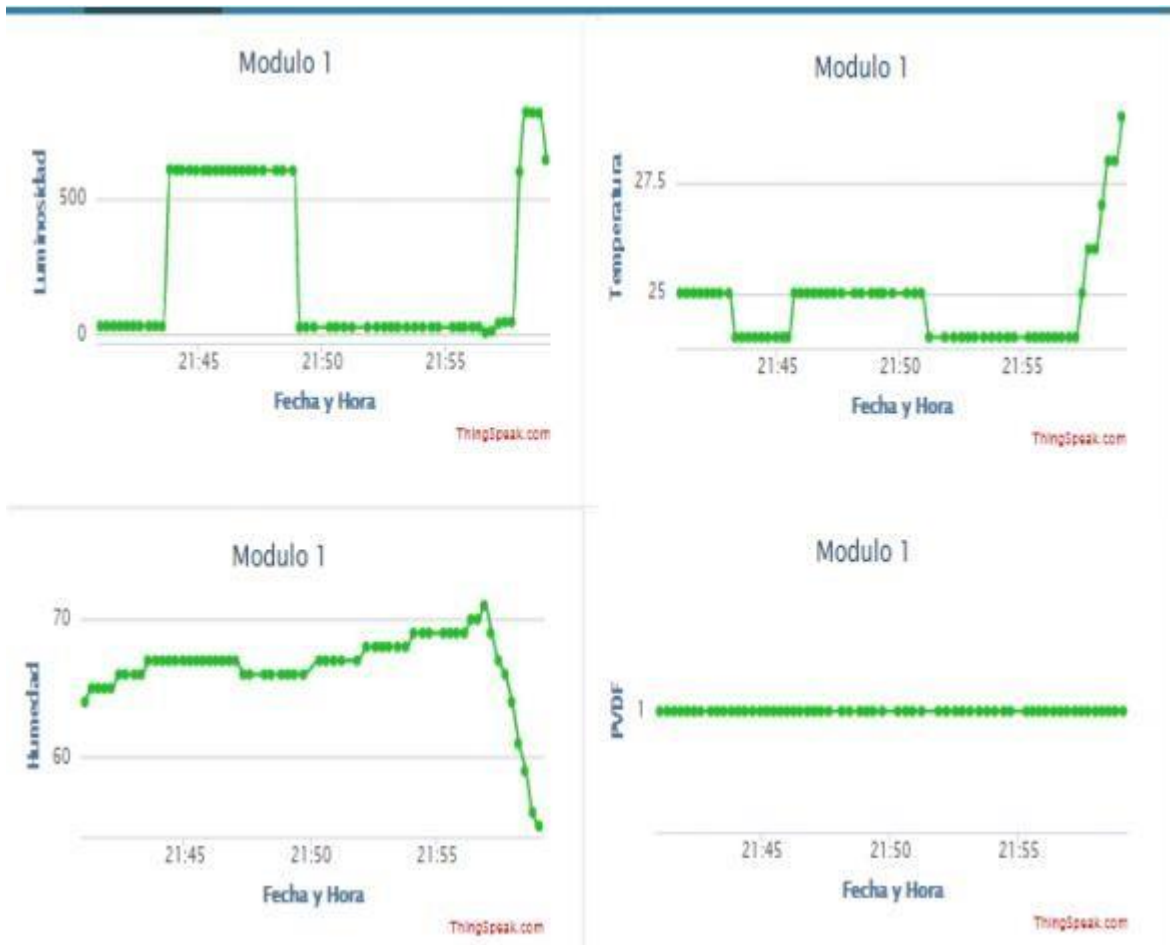


Figura 4.14 Datos obtenidos del Módulo1

En la Figura 4.14 se observan las 4 gráficas que visualiza la aplicación en Thingspeak esto en base a las variables dadas de alta por las cuales estarán configuradas con la placa esp8266 nodeMCU, la primera gráfica es la de Luminosidad que muestra diferentes pulsos (registros) que se obtienen del sensor LDR que capta cuanta luz incide sobre él, cómo se puede ver en dicha gráfica el sensor tuvo una caída de luz esto debido a que la luz que incidía sobre él era menor, en la gráfica 2 y 3 se demuestran los datos del sensor DHT11 que es humedad y temperatura, algo importante que se ve en estas gráficas es que si la temperatura va aumentando la humedad ira bajando esto se debe a que el espacio en que se encuentra se percibe más calor y la humedad baja posteriormente. Finalmente, en la gráfica 4 se reflejan los datos del sensor PVDF que al detectar esa presencia

emite un valor de “1” permitiéndole al usuario identificar que alguien se encuentra en dicho lugar.

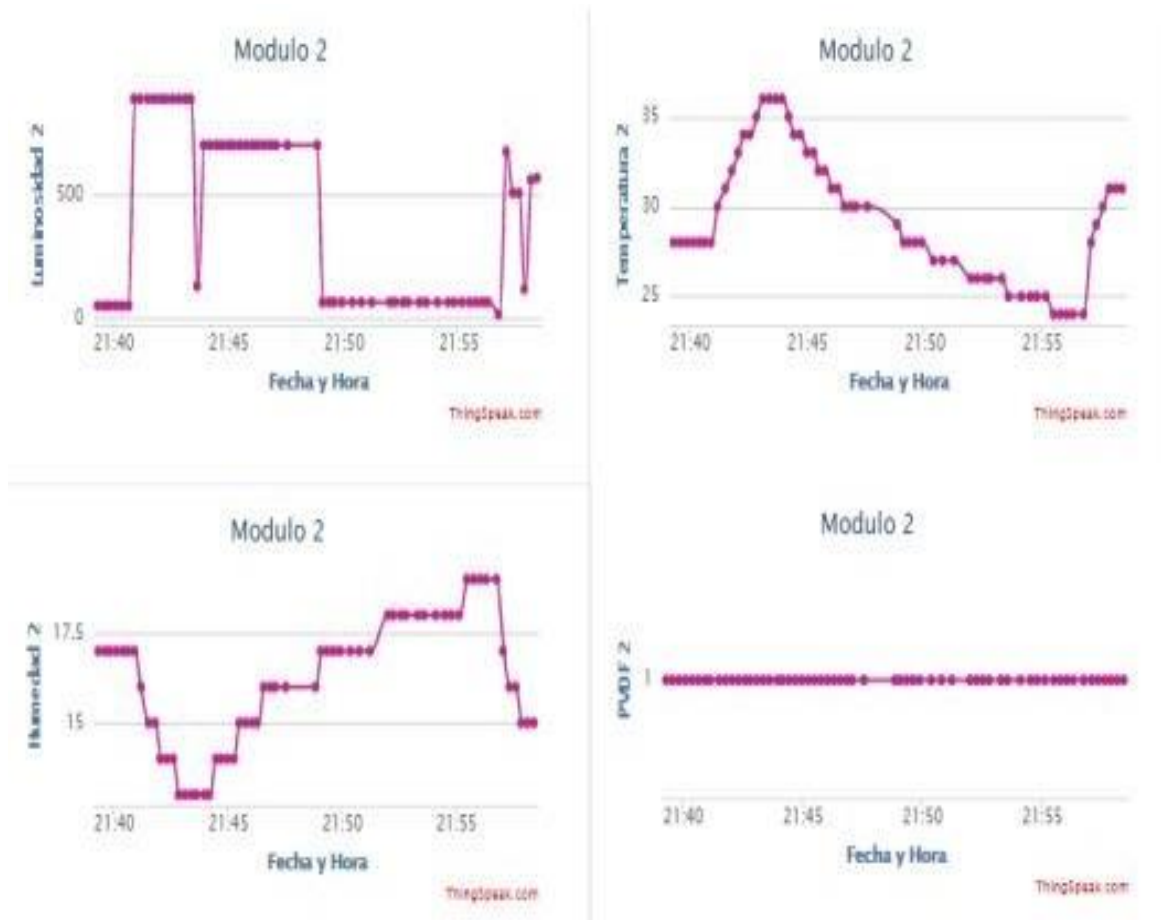


Figura 4.15 Datos obtenidos del Módulo2

En la Figura 4.15 se muestran los datos del módulo 2, este módulo tuvo una luminosidad más alta porque se encontraba en un lugar donde el foco se localizaba directo al módulo, lo cual contaba con mucha más luz que los demás, las caídas y pulsos que se pueden ver en las gráficas 2 y 3 es derivado a que pasa el tiempo, en este módulo se llevó a cabo la demostración de que pasaría si hubiera un incendio si detectaría dicha temperatura para esto fue necesario colocarle un encendedor a dicho módulo cerca del sensor DHT11 el cuál al detectar lo caliente fue aumentando su temperatura progresivamente esto por el tiempo que se dejó el encendedor que fue durante varios periodos, el primero fue entre las 9:42 pm hasta las 9:45 pm al ver que la gráfica fue subiendo los pulsos de la temperatura que obtiene el sensor

se dispuso a apagarlo para que regresara a su temperatura original que se encontraba el lugar, por lo siguiente para verificar que si se estaba adquiriendo correctamente fue que se hizo una nueva prueba que fue a las 9:55 pm a 9:57 pm. Estas pruebas fueron para detectar falsos positivos que pudiera obtener el sensor.

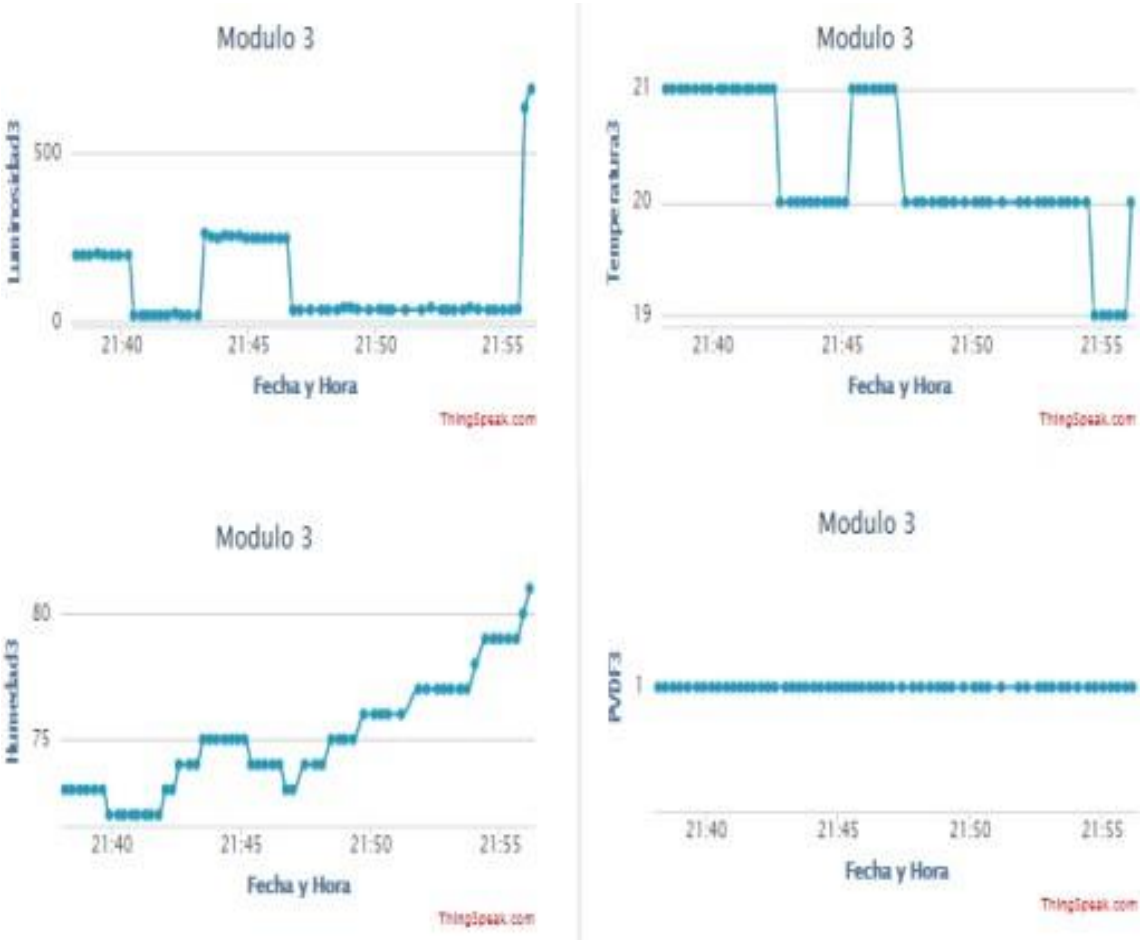


Figura 4.16 Datos obtenidos del Módulo3

Finalmente, en la Figura 4.16, se visualizan los datos del módulo 3 que este caso el módulo fue colocado cerca de una ventana porque en ese instante el clima se encontraba frio esto porque las temperaturas eran bajas, primordialmente al encontrarse en la venta la temperatura fue bajando mientras más frio se iba encontrando el espacio permitiendo al sensor detectar esos valores e ir bajando en la gráfica 2 y como consecuencia el aumento de los datos de la gráfica de humedad. La luminosidad fue aumentando mucho más porque la luz de la lampara que se encontraba afuera daba cerca de una ventana, dejando al sensor LDR aumentar

mientras más tiempo pasaba incidiendo sobre él, cuando los sensores se encuentran en pulsos continuos eso significa que los sensores detectan el mismo valor en el paso del tiempo y conforme vaya cambiando habrá caídas de valores o un aumento, pero todo depende de cómo se encuentre el sitio monitoreado.

4.8 Comportamiento de las 4 variables físicas con el protocolo M2M (MQTT)

Para lograr una comunicación M2M se dispuso a utilizar el protocolo MQTT, eso será basado en por medio de un MQTT cliente que será la placa esp8266 nodeMCU que cumplirá con el objetivo de conectar y publicar los datos de los 3 módulos en Thingspeak que será el MQTT broker, el cual mandará los datos obtenidos a la aplicación Thingspeak móvil instalada, que separa cada uno de los datos conforme cada variable física (luminosidad, temperatura, humedad y presencia infrarroja) en una sola gráfica esto con el fin de que los 3 módulos se comuniquen entre sí, permitiendo así tener una mejor visualización de los 3 módulos sin necesidad de tener que cambiar de canal de Thingspeak.

En las siguientes Figuras 4.17,4.18 y 4.19 se muestra el registro de los 3 módulos por cada una de las variables físicas a evaluar por medio de la comunicación M2M.

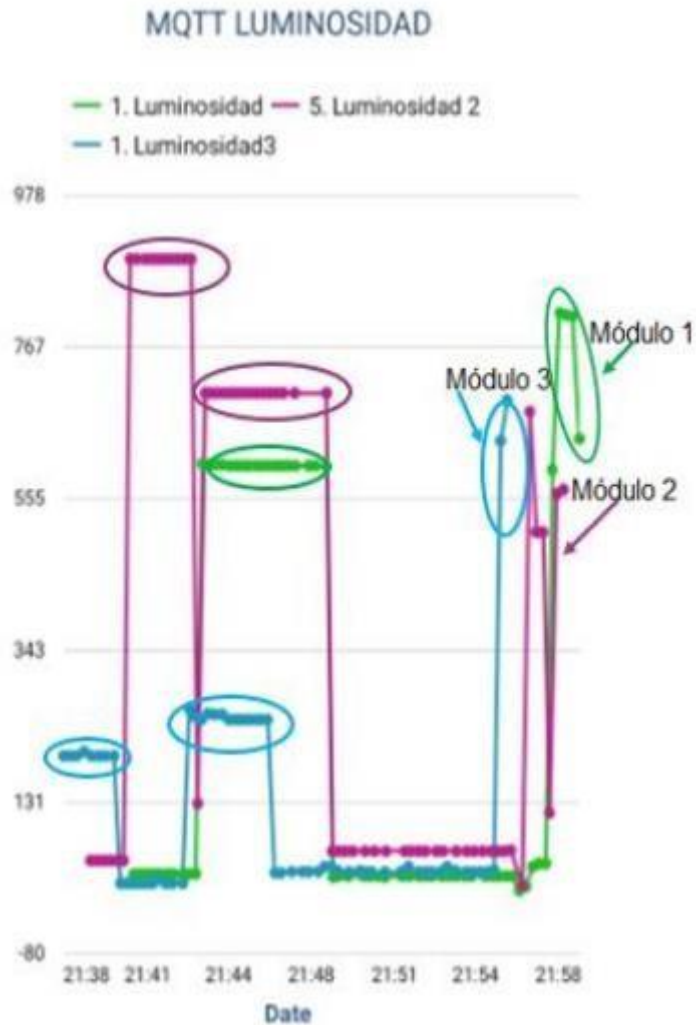


Figura 4.17 Registros obtenidos por el sensor LDR por el protocolo MQTT

Como se ve en la Figura 4.18, en base al protocolo MQTT los datos obtenidos la luminousidad va cambiando, dependiendo de donde este colocado, por ejemplo, aquí podemos observar que el módulo 2 es el que tiene un mayor cambio en 80 debido a una mayor presencia de luz comparado con los otros módulos.

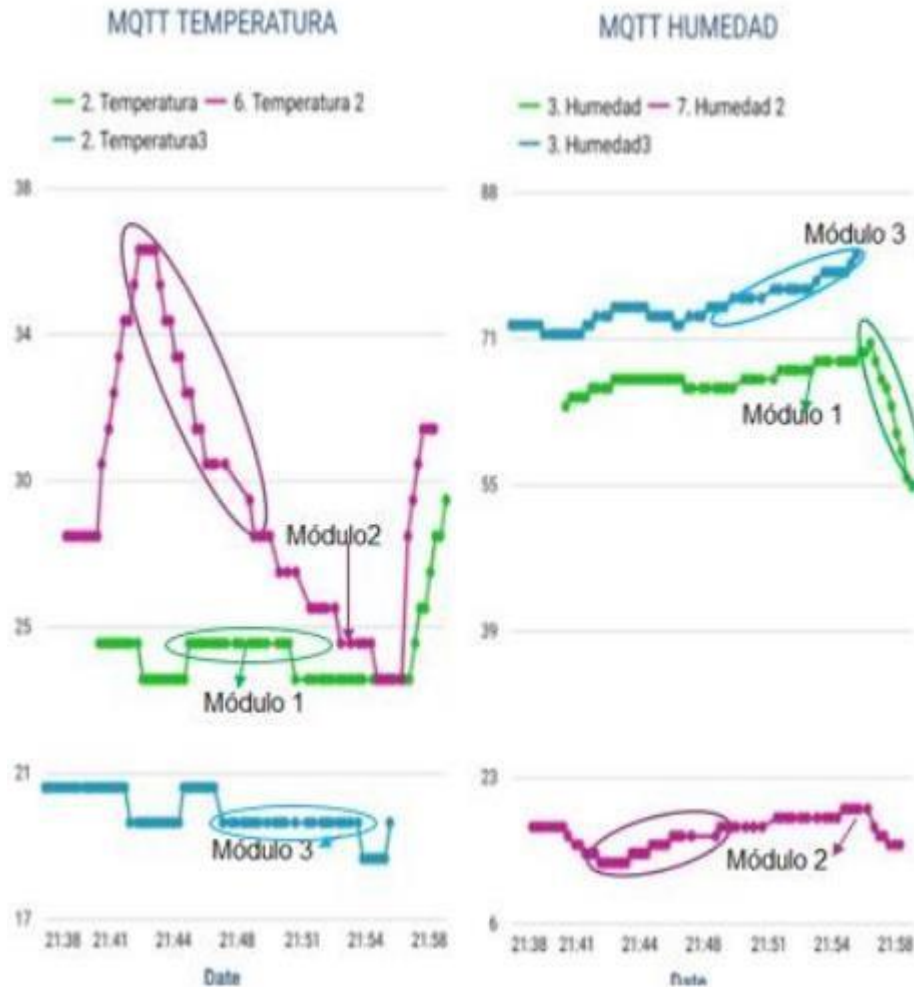


Figura 4.18 Registros obtenidos por el sensor DHT11 por el protocolo MQTT

Los datos adquiridos como se muestra en la Figura 4.18, son los de Temperatura y Humedad de cada módulo, la humedad va cambiando conforme a la temperatura aumenta, en este caso el módulo 2 se encuentra con mayor temperatura por el lugar que ocupa. La temperatura cambia en el día y en la noche.

En la Figura 4.19 se observan los registros obtenidos del sensor PVDF, aquí se observa la presencia de una persona, ya que los 3 módulos contienen la misma información.

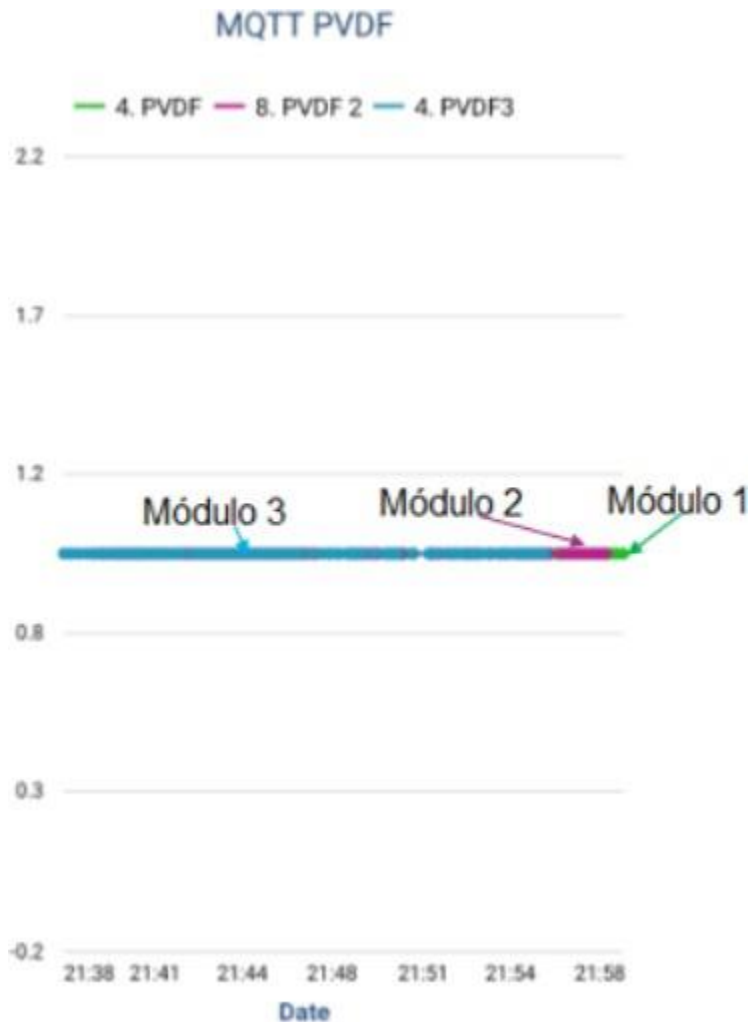


Figura 4.19 Registros obtenidos por el sensor PVDF por el protocolo MQTT

4.9 Resultados visualizados desde el celular

Por otra parte, los datos podrán ser visualizados no solamente desde una computadora sino también desde un celular o Tablet conectados a internet, las pruebas revisadas fueron por medio de un celular donde a la aplicación móvil se le agrego las ID de los canales de Thingspeak, cuando uno ingresa los ID permite al usuario ver los resultados de cada módulo segundo a segundo como se puede observar en la siguientes Figuras 4.20,4.21 y 4.22.



Figura 4.20 Vista desde el celular del módulo 1



Figura 4.21 Vista desde el celular del módulo 2



Figura 4.22 Vista desde el celular del módulo 3

4.10 Widgets: Resultados de cada módulo como las cámaras de seguridad

Por otro lado, se investigó una manera en que se observaran los valores de los módulos, pero no solamente entrando a la aplicación si no que en el celular como la hora y fecha (como un widget), la aplicación que se utiliza es IoT Thingspeak Monitor Widget esta aplicación nos muestra el resultado como se muestran en la Figuras 4.23,4.24 y 4.25, lo que generaran esta aplicación es ver mucho más rápido los datos



Figura 4.23 Widget del módulo 1



Figura 4.24 Widget del módulo 2



Figura 4.25 Widget del módulo 3

4.11 Alerta por medio de una notificación en Twitter

En este apartado se buscó la manera de mandar una alerta por medio de Thingspeak y la programación de la placa esp8266 nodeMCU, se conforma al mantener una condición por parte del sensor DHT11 al superar el rango de los 30°C nos mandará a una notificación de alerta por un Tweet que nuestra oficina está ocurriendo un suceso de incendio, y así el personal de seguridad pueda recibir esta notificación para que acuda inmediatamente (Figura 4.26a), también al sensor PVDF se le programa una condición en caso de que detecte un movimiento (Figura 4.26b).



Figura 4.26a Alerta de posible incendio



Figura 4.26b Alerta de movimiento sospechoso

4.12 Base de datos de la adquisición de datos final (Thingspeak)

Thingspeak permite obtener un archivo .csv donde estarán guardados los datos (BD) hasta la hora en que se está descargando ese archivo, como se puede observar en la Figura 4.27, esto no implica que no se sigan guardando los datos a pesar de la descarga el archivo en la BD.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Fecha y Hora	Entrada_id	Luminosidad	Temperatura	Humedad	PVDF	Luminosidad 2	Temperatura 2	Humedad 2	PVDF 2	Luminosidad 3	Temperatura 3	Humedad 3	PVDF 3
2	2020-08-20 19:09:45 CDT	1	34	22	75	1	89	22	20	1	14	20	75	1
3	2020-08-20 19:10:01 CDT	2	34	22	75	1	89	22	20	1	15	20	75	1
4	2020-08-20 19:10:17 CDT	3	33	22	79	1	90	22	20	1	21	20	75	1
5	2020-08-20 19:10:34 CDT	4	5	22	78	1	89	22	20	1	19	20	76	1
6	2020-08-20 19:10:50 CDT	5	5	22	78	1	8	22	20	0	19	20	76	1
7	2020-08-20 19:11:06 CDT	6	5	22	78	1	8	22	20	0	13	20	76	1
8	2020-08-20 19:11:22 CDT	7	5	22	78	1	8	22	20	0	19	20	76	1
9	2020-08-20 19:11:38 CDT	8	5	22	78	1	8	22	20	0	13	20	76	1
10	2020-08-20 19:11:54 CDT	9	5	22	78	1	8	22	20	0	13	20	76	1
11	2020-08-20 19:12:10 CDT	10	5	22	78	1	8	22	20	0	13	20	76	1
12	2020-08-20 19:12:27 CDT	11	5	22	78	1	8	22	20	0	14	20	76	1
13	2020-08-20 19:12:43 CDT	12	5	22	78	1	8	22	20	0	13	20	76	1
14	2020-08-20 19:12:59 CDT	13	5	22	78	1	8	22	20	0	13	20	76	1
15	2020-08-20 19:13:15 CDT	14	5	22	78	1	8	22	20	0	13	20	76	1
16	2020-08-20 19:13:31 CDT	15	5	22	78	1	8	22	20	0	13	20	76	1
17	2020-08-20 19:13:47 CDT	16	5	22	78	0	8	22	20	0	13	20	76	1
18	2020-08-20 19:14:03 CDT	17	5	22	77	0	8	22	20	0	12	20	76	1
19	2020-08-20 19:14:20 CDT	18	5	22	77	0	8	22	20	0	12	20	76	1
20	2020-08-20 19:14:36 CDT	19	5	22	77	0	8	22	20	0	13	20	76	1
21	2020-08-20 19:14:51 CDT	20	5	22	77	0	8	22	20	0	13	20	76	1
22	2020-08-20 19:15:07 CDT	21	5	22	77	0	8	22	20	0	12	20	76	1
23	2020-08-20 19:15:24 CDT	22	5	22	77	0	8	22	20	0	12	20	77	1
24	2020-08-20 19:15:40 CDT	23	5	22	77	0	8	22	20	0	12	20	77	1
25	2020-08-20 19:15:56 CDT	24	5	22	77	0	8	22	20	0	13	20	77	1
26	2020-08-20 19:16:13 CDT	25	5	23	77	0	8	22	20	0	12	20	77	1
27	2020-08-20 19:16:29 CDT	26	5	22	77	0	8	22	20	0	13	20	77	1
28	2020-08-20 19:16:45 CDT	27	5	22	77	0	8	22	20	0	12	20	77	1
29	2020-08-20 19:17:01 CDT	28	5	23	77	0	8	22	20	0	13	20	77	1
30	2020-08-20 19:17:18 CDT	29	5	22	77	0	8	22	20	0	12	20	77	1
31	2020-08-20 19:17:34 CDT	30	5	22	77	0	8	22	20	0	19	20	77	1
32	2020-08-20 19:17:49 CDT	31	5	23	77	1	8	22	20	0	19	20	77	1
33	2020-08-20 19:18:05 CDT	32	5	23	77	1	8	22	20	0	12	20	77	1
34	2020-08-20 19:18:20 CDT	33	5	23	77	1	8	22	20	0	13	20	77	1
35	2020-08-20 19:18:36 CDT	34	5	23	77	1	8	22	20	0	12	20	76	1
36	2020-08-20 19:18:52 CDT	35	5	23	77	1	8	22	20	0	13	20	77	1
37	2020-08-20 19:19:09 CDT	36	5	23	77	1	8	22	20	0	12	20	77	1
38	2020-08-20 19:19:25 CDT	37	5	23	77	1	8	22	20	0	13	20	77	1

Figura 4.27 Base de datos Excel por Thingspeak

Finalmente, se demostró que las pruebas del sistema se comunican de manera eficiente en base a los experimentos desarrollados, así como también el buen desempeño de los sensores. Durante el periodo de pruebas (de 4 a 5 meses), ninguno de ellos presentó fallas. Este trabajo consistió en la evaluación de los sensores y su transmisión hacia la nube, sin embargo, faltaría hacer más pruebas de mayor tiempo para determinar el tiempo de vida de los sensores fabricados. Las pruebas hechas para emitir una alarma se hicieron a 32°C debido a que podíamos controlar ese evento con un encendedor. Esta alarma se puede reprogramar a una temperatura mayor haciendo una prueba destructiva en una oficina quemándose.

Capítulo 5. Conclusiones

Se hizo una investigación enfocada a un sistema de seguridad empleando elementos de bajo costo para quien lo requiera pueda tener acceso a ello. En principio se hizo una revisión en cuanto a los índices de seguridad y se encontró que debido a la gran cantidad de eventos que han ocurridos (robos), este sistema construido a nivel prototipo nos puede apoyar en la notificación de eventos en un espacio determinado.

Los módulos desarrollados de evaluación de sensores de variable física (Temperatura, Humedad Relativa, Intensidad de luz y presencia infrarroja de seres vivos) para su aplicación en IoT para la industria, escuelas o casa habitación. Estas variables físicas se eligieron pensando en las condiciones del entorno a evaluar, las señales registradas se trabajaron y captaron de forma exitosa a través de microcontroladores nodeMCU que nos permiten conectarnos directamente a internet utilizando protocolos de Internet de las cosas (IoT).

Los microcontroladores nodeMCU, nos permiten conectarnos de manera analógica y digital a la nube, a través de plataformas como Thingspeak donde podemos capturar la información en línea y verificarla en cualquier parte del mundo, la integración de estos elementos sensoriales permite hacer un monitoreo de seguridad en un entorno cerrado preferentemente. Es importante notar que la memoria de almacenamiento de datos (archivo de texto (.cvs) es menor en comparación con un vídeo MP4, lo que significa que se pueden hacer registros de mayor cantidad de tiempo que los grabados en video. Como parte del trabajo a futuro se pretende trabajar estos datos usando algoritmos de Inteligencia Artificial para determinar ciertos patrones de comportamiento por parte de los usuarios del entorno y así poder dar una respuesta con un mensaje predeterminado de texto.

Estos módulos pueden ser de gran utilidad en lugares que no tengan mucho presupuesto económico para comprar un sistema de seguridad de una empresa, permitiendo así implementarlos con el protocolo MQTT con una página IoT llamada Thingspeak que es de uso gratuito y así evitar comprar un acceso a un servidor o a una cuenta en la nube.

Dando una solución al realizar estos prototipos podremos adquirir datos en tiempo real permitiendo revisarlos en cualquier hora del día, estos mismos ayudan a visualizar la información en Thingspeak y widgets que podemos descargar desde cualquier aplicación store y gratuitamente, donde en ellos podremos ver las gráficas como los resultados cada segundo y a cualquier hora.

Otra característica importante con la que cuentan estos módulos es el hecho de que en el momento de registrar el tránsito de alguna persona o ser vivo, el sistema te mandará una notificación vía Twitter, así como también hay notificaciones por la misma vía, por accidentes como por ejemplo un incendio. Con ello se puede prevenir un estrago mayor ya que este mensaje notifica a un guardia de seguridad o directamente a los servicios externos para la ayuda externa.

Capítulo 6. Trabajo a Futuro

El trabajo a futuro pretende que exista la unión de más sensores (con diversas variables físicas), que permitan medir de manera espacial a las personas que entran o salen de este recinto verificado con estos dispositivos, que nos van a permitir saber cuántas personas podrían estar dentro de lugar y poder registrar los datos para poder programar una red neuronal para el reconocimiento de patrones usando inteligencia artificial. También la posibilidad de adquirir los datos registrados en Thingspeak para conectarlos a una base de datos en MySQL y así mismo visualizarlos en la página web.

Capítulo 7. Referencias

- Aplicaciones del Internet de las Cosas (IoT)*. (s. f.). [Figura]. INTERNET DE LAS COSAS (IOT). <https://www.iberdrola.com/innovacion/internet-de-las-cosas-iot>
- Benyezza, H., Bouhedda, M., Djellout, K., & Saidi, A. (2018). Smart Irrigation System Based Thingspeak and Arduino. *2018 International Conference on Applied Smart Systems (ICASS)*, 1–4.
<https://doi.org/10.1109/icass.2018.8651993>
- Bhardwaj, N., & Kundu, S. C. (2010). Electrospinning: A fascinating fiber fabrication technique. *Biotechnology Advances*, *28*(3), 325–347.
<https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2010.01.004>
- Caizz, J. F., Torres, C. F., Suárez, R. E., & León, M. A. (2018). Sensor de medición de potencia y corriente con transferencia de datos en tiempo real a la página ThingSpeak. *CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS*, *2*(2), E399-E402.
<http://investigacion.utc.edu.ec/revistasutc/index.php/ciya/article/view/167>
- Cerpa Peñates, W. G. (2012, 28 julio). *MAGNETRÓN SPUTTERING*.
MAGNETRÓN SPUTTERING.
<http://magnetronwcp.blogspot.com/2012/07/tecnica-demagnetron-sputtering-y-su.html>
- Chemical Vapor Deposition: Overview*. (2019, 29 enero). Angstrom Engineering.
https://angstromengineering.com/tech/chemical-vapor-deposition/?utm_medium=cpc&utm_source=google&utm_term=chemical%20vapor%20deposition&utm_campaign=s-pvd-cvd-vacuum-

systems&utm_content=&gclid=EAlaIQobChMI3-2mw-
vZ8glVu2pvBB0V2wf2EAAYASABEgKAL_D_BwE

Crespo, O., Lester, G., Mejía, C. M., & Bernardo, J. (2020). Análisis de las estrategias aplicadas en el desarrollo de sistemas domóticos de seguridad. *Dialnet*, 6(2), 342–363.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7539682>

Cruz Vázquez, J. K., Velasco Pineda, M., & Ruiz Ruiz, F. G. (2021). Monitoreo del voltaje de una placa solar y calidad luminosa usando Internet de las Cosas. *Nova Scientia*, 13(26). <https://doi.org/10.21640/ns.v13i26.2684>

Cubillas Hernández, E., Anías Calderón, C., & Delgado Fernández, T. (2021). M2M Architecture for environmental monitoring in real time. *ITECKNE*, 18(1). <https://doi.org/10.15332/iteckne.v18i1.2531>

Damodar, R. A., You, S. J., & Chou, H. H. (2009). Study the self cleaning, antibacterial and photocatalytic properties of TiO₂ entrapped PVDF membranes. *Journal of Hazardous Materials*, 172(2–3), 1321–1328. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.07.139>

Diseña con Tinkercad. (s. f.). EDUCACIÓN Y TECNOLOGÍA. Recuperado 22 de mayo de 2021, de <https://www.educoteca.com/tinkercad.html>

Eliana Cordona, M., & López, S. (2017). Una revisión de literatura sobre el uso de sistemas de adquisición de datos para la enseñanza de la física en la educación básica, media y en la formación de profesores. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 39(4). <https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2016-0308>

How To Collect, Analyze, and Act on IoT Data - ThingSpeak IoT. (s. f.). Acerca de ThingSpeak. Recuperado 31 de agosto de 2021, de

https://thingspeak.com/pages/how_to

IoT Analytics - ThingSpeak Internet of Things. (s. f.). Thingspeak. Recuperado 31 de agosto de 2021, de <https://thingspeak.com/>

IoT gráficos usando las herramientas de Google: Introducción / Paso 3: De los sensores a la visualización del gráfico - askix.com. (s. f.). Diagrama del flujo de datos. Recuperado 31 de agosto de 2021, de https://www.askix.com/iot-graficos-usando-las-herramientas-de-google-introduccion_4.html

Kamiyama, M., Soeda, T., Nagajima, S., & Tanaka, K. (2012). Development and application of high-strength polyester nanofibers. *Polymer Journal*, 44(10), 987–994. <https://doi.org/10.1038/pj.2012.63>

Laverde Mena, J. A., & Laverde Mena, C. G. (2021). Internet de las cosas aplicado en la agricultura ecuatoriana: Una propuesta para sistemas de riego.

Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores. Published.

<https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i2.2542>

Marinelli, M., Kurtz, M., Urquijo, R., & Wurm, G. (2020). Control de cámara de germinación hidropónica mediante IoT, broker Mosquitto y placas SBC en invernaderos de la provincia de Misiones. *XXVI Congreso Argentino de 67 Ciencias de la Computación - CACIC*, 609–618.

<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/114445>

MQTT Thingspeak. (s. f.). MQTT - The Standard for IoT Messaging. Recuperado 12 de abril de 2021, de <https://mqtt.org/>

Muñoz, Y. Y., Castrillón, O. D., Castillo, L. F., & López, C. (2019). Análisis de la Escena en la Cocina por Medio de Sensores IoT Diseñados Basados en el Microcontrolador Node MCU ESP8266 y Conectados al Servidor ThingSpeak. *Información tecnológica*, 30(5), 173–190. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642019000500173>

Optics, C. (2017, 25 noviembre). *E-Beam Evaporation Explained* | CDM Optics. E-Beam Evaporation. <http://cdm-optics.com/e-beam-evaporation-explained/>

Pataquiva Mateus, A., & Coba Daza, S. (2018). Producción de nanofibras poliméricas mediante el proceso de electrospinning y su uso potencial. *Revista Mutis*, 8(1), 17–33. <https://doi.org/10.21789/22561498.1375>

Postscapes / Harbor Research CC BY 3.0. (s. f.). [Figura]. What Is The «Internet of Things»? <https://www.postscapes.com/what-exactly-is-the-internet-of-things-infographic/>

¿Qué es Internet of Things (IoT)? | Oracle México. (s. f.). ¿Qué es Internet of Things (IoT)? | Oracle México. Recuperado 27 de agosto de 2021, de <https://www.oracle.com/mx/internet-of-things/what-is-iot/>

Quezada, A. J. P. (2019, 28 mayo). *Robo a casa habitación*. Instituto Belisario Domínguez. <http://bibliodigitalibd.senado.gob.mx/handle/123456789/4493>

reporte_mensual_delito_marzo_2020.utf8. (2020, marzo). <https://iieg.gob.mx/ns/>. https://iieg.gob.mx/ns/wp-content/uploads/2020/05/reporte_mensual_robo_casa_marzo_2020.html

Scharler, H. (2021, 7 mayo). *Top ThingSpeak IoT Questions from Google*. Hans on IoT. <https://blogs.mathworks.com/iot/2021/05/07/top-thingspeak-iot-questions-from-google/>

Semáforo Delictivo. (2021). Semáforo Delictivo Edomex.

<http://edomex.semaforo.com.mx/>

Sensores IoT: tipos y aplicaciones | Nespra. (2019, 19 junio). Sensores IoT: tipos y aplicaciones. <https://www.nespra.net/blog/sensores-iot-tipos-y-aplicaciones/>

Skraba, A., Kolozvari, A., Kofjac, D., Stojanovic, R., Stanovov, V., & Semenkin, E. (2017). Prototype of group heart rate monitoring with NODEMCU ESP8266. *2017 6th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO)*.

Published. <https://doi.org/10.1109/meco.2017.7977151>

Sputtering. (s. f.). Sputtering. Recuperado 30 de agosto de 2021, de

<https://www.icmm.csic.es/fis/espa/sputtering.html#:~:text=El%20proceso%20de%20sputtering%20consiste,los%20%C3%A1tomos%20de%20la%20superficie.&text=Es%20tambi%C3%A9n%20posible%20depositar%20materiales,blancos%20elementales%20con%20gases%20reactivos.>

Techniques - Thin Film | Core Facilities. (s. f.). Techniques - Thin Film.

Recuperado 30 de agosto de 2021, de

<https://cores.research.asu.edu/nanofabrication-and-cleanroom/techniques-thin-film>

ThingSpeak. (s. f.). MATLAB. Recuperado 31 de agosto de 2021, de

<https://la.mathworks.com/products/thingspeak/system-requirements.html>

Wan, Z., Song, Y., & Cao, Z. (2019). Environment Dynamic Monitoring and Remote Control of Greenhouse with ESP8266 NodeMCU. *2019 IEEE 3rd Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference (ITNEC)*, 377–382. <https://doi.org/10.1109/itnec.2019.8729519>

Anexos

Participación en el 8ª Coloquio de Investigación en Ciencia y Tecnología
“IDEAS QUE TRANSFORMAN”



Figura 5a Constancia del 8ª Coloquio de Investigación en Ciencia y Tecnología

EVALUACIÓN DE SENSORES DE VARIABLE FÍSICA PARA SU APLICACIÓN EN IoT PARA LA INDUSTRIA

Daniela Mendoza Colin, Diana Laura Miranda Rodríguez, Kimberly Morales Rodríguez, Carlos Omar González-Morán.

Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario UAEM Valle de México

dmendorac424@alumno.uaemex.mx, dmirandar421@alumno.uaemex.mx, kmoralesr416@alumno.uaemex.mx, coglez@gmail.com

RESUMEN

Este trabajo está basado en varios prototipos portables para la adquisición de datos en base a sensores, utilizando IoT por medio del módulo esp8266. En la adquisición de datos, en este prototipo el usuario coloca 3 potenciómetros y los conecta a la placa de Arduino, los datos obtenidos por los sensores son enviados a la aplicación PLX-DAQ donde el usuario podrá visualizar la fecha, hora y el valor de los sensores que se están ingresando en el momento mediante un Excel. Por otro lado el módulo esp8266 nos permitirá hacer una conexión inalámbrica (WiFi), nos ayudará a una nueva adquisición de datos si en la habitación que se coloque detecta algún movimiento nos emitirá una alerta de lo que está ocurriendo cuando no estemos ahí.

PALABRAS CLAVE: Adquisición de datos, IoT, Módulo ESP2866 nodeMCU, PLX-DAQ, Sensores.

ABSTRACT

This work is based on several portable prototypes for sensor-based data acquisition using IoT through the esp8266 module. In the acquisition of data, in this prototype the user places 3 potentiometers and connects them to the Arduino plate, the data obtained by the sensors are sent to the application PLX-DAQ where the user will be able to visualize the date, time and the value of the sensors being input at the moment using an Excel. On the other hand the module esp8266 will allow us to make a wireless connection (Wifi), it will help us to a new data acquisition if in the room that is placed it detects some movement will emit an alert of what is happening when we are not there.

KEYWORDS: Data acquisition, IoT, ESP2866 nodeMCU module, PLX-DAQ, Sensors.

1. INTRODUCCION

A lo largo de los años la tecnología ha ido evolucionado de una manera radicalmente debido a la gran necesidad de resolver problemas, esto con el fin de beneficiar a la sociedad de tener una mejor disponibilidad de los servicios que utilizamos todos los días. El internet de las cosas conocido como IoT ha ido impactando en varios sectores como la salud, el ambiente, la ciencia y la tecnología. La adquisición de datos es una tarea importante en las IoT, ya que en la actualidad se puede adquirir y mandar datos por medio de cualquier dispositivo móvil.

La adquisición de datos (DAQ) es el proceso de medir con una PC, laptop o dispositivo móvil un fenómeno eléctrico o físico como voltaje, corriente, temperatura, presión o sonido. Un sistema DAQ consiste en sensores, hardware de medidas DAQ y una PC o Dispositivo móvil con software o App programable. Comparados con los sistemas de medidas tradicionales, los sistemas DAQ basados en PC aprovechan la potencia del procesamiento, la productividad, la visualización y las habilidades de conectividad de las PCs estándares en la industria proporcionando una solución de medidas más potente, flexible y rentable.

Figura 5b Artículo del Trabajo Evaluación de Sensores de Variable Física para su Aplicación en IoT para la Industria.

El internet de las cosas (IoT) es la agrupación e interconexión de dispositivos y objetos a través de una red (bien sea privada o Internet, la red de redes), dónde todos ellos podrían ser visibles e interactuar. Respecto al tipo de objetos o dispositivos podrían ser cualquiera, desde sensores y dispositivos mecánicos hasta objetos cotidianos como pueden ser el refrigerador, el calzado o la ropa. Cualquier cosa que se pueda imaginar podría ser conectada a internet e interactuar sin necesidad de la intervención humana, el objetivo por tanto es una interacción de dispositivos IoT.

Para el desarrollo de los experimentos con sensores para crear dispositivos IoT de este artículo, las actividades consistieron en la búsqueda de información actualizada sobre la adquisición de datos y de los elementos a utilizar, la motivación que existe en este trabajo es desarrollar prototipos por medio de sensores usuales y con un bajo costo.

Nuestros prototipos permiten al usuario a través Arduino UNO y el software PLX-DAQ adquirir los datos en una hoja de Excel, los datos adquiridos pueden contener información cómo es la fecha, hora y el valor de los datos.

Por otra parte, usando el módulo ESP8266 nodeMCU se realizó un prototipo que por medio de IoT (WiFi) nos mandará las señales de los datos adquiridos, a cualquier dispositivo que se encuentre conectado inalámbricamente a internet, en este caso se realizó un prototipo IoT que estará colocado en oficina o habitación, para detectar si hay movimiento de personas en dicho lugar, haciendo un registro largo de datos.

2. METODOLOGÍA

La metodología para desarrollar se hará bajo un ámbito de recopilación de información, para posteriormente llevar a cabo la parte del diseño de prototipos con los que se van a realizar los experimentos, para lograr determinar la adquisición de datos de los sensores por medio de un módulo llamado ESP8266 nodeMCU conformando por un dispositivo IoT. Por otro lado, la adquisición de datos será resguardada en una Base de Datos para su análisis, la visualización de datos adquiridos por los sensores será vista por el sistema Online Thingspeak para poder revisarla en cualquier momento, como se puede observar en la Figura 1.

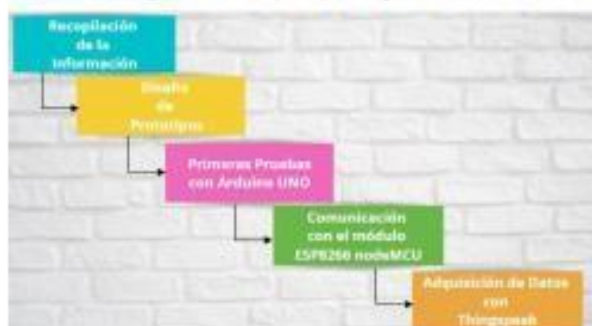


Figura 1. Metodología para la adquisición de datos para dispositivos IoT.

3. EXPERIMENTOS

3. 1 Prototipo 1: Adquisición de Datos mediante potenciómetros (PLX-DAQ)

El primer prototipo se hizo con 3 potenciómetros conectados como se muestra en la Figura 2, mediante a una conexión con Arduino UNO y haciendo el registro con el software PLX-DAQ en una hoja de Excel.

Figura 5c Artículo del Trabajo Evaluación de Sensores de Variable Física para su Aplicación en IoT para la Industria.

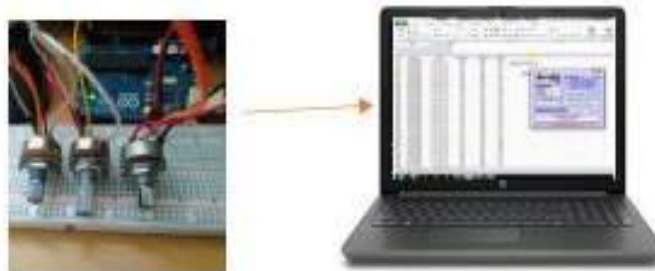


Figura 1. Prototipo 1, adquisición de datos analógicos en Excel.

3. 2 Prototipo 2: Adquisición de Datos con Python

Para este segundo prototipo se programó el código en Arduino para la ejecución del potenciómetro con Arduino como se ve en la Figura 2, y posteriormente se desarrolló un programa Python para el registro de datos, en Python, de acuerdo con la técnica threading es la que permitirá que la aplicación ejecute simultáneamente varias operaciones en el mismo espacio, la importancia de este leer el puerto de Arduino y simultáneamente graficar los datos adquiridos por el potenciómetro.



Figura 2. Prototipo 2, adquisición de datos analógicos en Python.

3. 3 Prototipo 3: Adquisición de Datos en base a los sensores LM35, LDR y PIR

Los sensores Lm35, LDR y PIR primeramente se probaron en Arduino UNO y después se conectaron al módulo ESP8266 nodeMCU para registrar los datos adquiridos, se usó la plataforma de thingspeak, que es una aplicación y API de Internet de las Cosas de código abierto para almacenar y recuperar datos de cosas que utilizan el protocolo HTTP y MQTT a través de Internet o a través de una red de área local, la cual permitió visualizar el funcionamiento de cada sensor y en su momento graficar esos datos, como se muestra a continuación en la Figura 3.

Figura 5d Artículo del Trabajo Evaluación de Sensores de Variable Física para su Aplicación en IoT para la Industria.

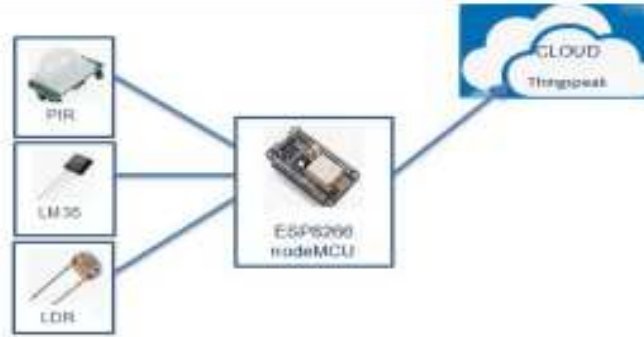


Figura 3. Prototipo 3. Datos de sensores a plataforma IoT.

4. RESULTADOS

Los resultados de nuestro proyecto es la conexión de los 3 sensores en el módulo ESP8266 nodeMCU y sus graficas como se puede observar en la Figura 4.



Figura 4. Adquisición de datos en thingspeak.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados se concluye, que podemos adquirir de múltiples maneras la información a través de microcontroladores que nos permiten conectarnos directamente al internet, en este caso utilizamos sensores de variable física como es el caso de temperatura, humedad, luminosidad y sensación infrarroja. Nos permiten conectarnos de manera analógica digital y a través de plataformas como Thingspeak podemos capturar la información en línea y podemos además verificar esta información en cualquier parte del mundo. Como trabajo futuro la conexión de estos elementos sensoriales al internet de las cosas nos va a permitir hacer un monitoreo en un entorno cerrado ya sea oficinas casas. Esto con el fin de tener otra forma de hacer seguridad. Es importante notar que el espacio en donde se aloja esta información es reducido en comparación a una secuencia de vídeo en MP4, ya que el vídeo ocupa mayor espacio que un simple archivo de texto (.csv), como en este caso donde se están conectado sensores a internet para la creación de dispositivos IoT, donde se podrá monitorear y alojar la

Figura 5e Artículo del Trabajo Evaluación de Sensores de Variable Física para su Aplicación en IoT para la Industria.

información y revisarla en cualquier momento, ya que esta información nos va a permitir saber el estado del entorno para su seguridad usando algoritmos de Inteligencia Artificial.

6. REFERENCIAS

1. Germán Trinidad Zárate Ocaña con la Tesis Titulada "Diseño y construcción de un prototipo para la adquisición via remota de signos vitales utilizando tecnologías del Internet de las cosas (IoT)", Centro Universitario UAEM Valle de México. Director de tesis Dr. Carlos Omar González Morán, martes 18 de febrero de 2020. Atizapán de Zaragoza, Estado de México. (Ing. en Computación).
2. M. en C. Carlos Omar González Morán con la Tesis de Doctorado Titulada "Preparación de cerámicas con implante de Pt, polímeros de Polyvinil Difloruro con implante de Cu, del tipo ferroeléctrico para el desarrollo de sensores aplicados en el área biomédica.", Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Zacatenco, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Sección de Bioeléctrica, México. Director de tesis Dr. Ernesto Suaste Gómez, julio de 2013. México, Ciudad de México.
3. JORNAL CIM (Coloquio de investigación multidisciplinaria.). (Año). APP y Sensor de Humedad hecho de PVDF para monitorear niveles de humedad en Plantas de ornato (2007-8102) Recuperado de <https://www.cim-icnm.com/articulos>
4. M. en C. Carlos Javier Rodríguez Montoya con la Tesis de Doctorado Titulada "Elaboración y caracterización de materiales ferroeléctricos poliméricos y cerámicos para implementación protésica en oído" Cinvestav IPN Ingeniería Eléctrica con la especialidad en Bioelectrónica. Director de tesis: Dr. Ernesto Suaste Gómez, miércoles 13 de abril 2019. México D. F.
5. M. en C. Daniel Hernández Rivera con la Tesis de Doctorado Titulada "Materiales inteligentes basados en composites poliméricos y cerámicas piezoeléctricas para su uso en sensores biomédicos" Cinvestav IPN Ingeniería Eléctrica con la especialidad en Bioelectrónica. Director de tesis: Dr. Ernesto Suaste Gómez, lunes 30 de septiembre de 2019. México D. F.
6. ThingSpeak for IoT Projects. (S. F.). Recuperado 13 de junio de 2020, de <https://thingspeak.com/>
7. Arduino. (S. F.). Recuperado 13 de junio de 2020, de <https://www.arduino.cc/>

Figura 5f Artículo del Trabajo Evaluación de Sensores de Variable Física para su Aplicación en IoT para la Industria.