



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 2

Neiva, 2 de abril del 2018.

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Juliana Andrea Méndez Marulanda, con C.C. No. 1075292376,

Oscar Alejandro Ardila Novoa, con C.C. No. 1075262384,

\_\_\_\_\_, con C.C. No. \_\_\_\_\_,

\_\_\_\_\_, con C.C. No. \_\_\_\_\_,

autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o \_\_\_\_\_

titulado Sistema de monitoreo contra incendios por IOT para la Rectificadora Álvaro Santofimio e Hijos presentado y aprobado en el año 2018 como requisito para optar al título de Ingeniero Electrónico;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2

EL AUTOR/ESTUDIANTE

Firma:

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma:

Juliana A. Méndez M.





**TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO:** Sistema de monitoreo contra incendios por IOT para la Rectificadora Álvaro Santofimio e Hijos.

**AUTOR O AUTORES:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Méndez Marulanda	Juliana Andrea
Ardila Novoa	Oscar Alejandro

**DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Molina Mosquera	Johan Julian

**ASESOR (ES):**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
----------------------------	--------------------------

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:** Ingeniero Electrónico

**FACULTAD:** Ingeniería

**PROGRAMA O POSGRADO:** Ingeniería Electrónica

**CIUDAD:** Neiva

**AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2018

**NÚMERO DE PÁGINAS:** 102

**TIPO DE ILUSTRACIONES** (Marcar con una X):

Diagramas X Fotografías X Grabaciones en discos \_\_\_ Ilustraciones en general \_\_\_ Grabados \_\_\_  
Láminas \_\_\_ Litografías \_\_\_ Mapas \_\_\_ Música impresa \_\_\_ Planos \_\_\_ Retratos \_\_\_ Sin ilustraciones \_\_\_  
Tablas o Cuadros X



**SOFTWARE** requerido y/o especializado para la lectura del documento:

**MATERIAL ANEXO:**

**PREMIO O DISTINCIÓN** (*En caso de ser LAUREADAS o Meritoria*):

**PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:**

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. <u>Monitoreo</u>	<u>Monitoring</u>	6. _____	_____
2. <u>Internet de las cosas</u>	<u>Internet of things</u>	7. _____	_____
3. <u>Alertas</u>	<u>Alert</u>	8. _____	_____
4. <u>Concentración</u>	<u>Concentration</u>	9. _____	_____
5. <u>Eventualidad</u>	<u>Eventuality</u>	10. _____	_____

**RESUMEN DEL CONTENIDO:** (Máximo 250 palabras)

El sistema de monitoreo contra incendios por IOT para la rectificadora Álvaro Santofimio e hijos es un proyecto el cual tiene como propósito principal realizar un exhaustivo monitoreo de tres variables fundamentales en la prevención de la propagación de incendios, como son Monóxido de carbono, Humo y Temperatura, este monitoreo es posible gracias a que dichas variables poseen rangos de estado normal y estado de peligro, para la temperatura el estado normal tiene un límite de 45°C y para el monóxido de carbono y humo el estado normal llega hasta la concentración de 100 ppm.

La misión del sistema es proteger al personal que labora en la Rectificadora Alvaro Santofimio e Hijos, y a su vez los activos de la empresa, de una posible eventualidad incendiaria; para ello fue necesario emplear un sistema embebido con un total de 10 sensores (5 de temperatura y 5 de gas), los cuales fueron distribuidos de tal manera que cubrieran las áreas de mayor concurrencia por los operadores de la misma y así poder tener un monitoreo efectivo de los niveles de temperatura y humo presentes en las diferentes zonas.



**ABSTRACT:** (Máximo 250 palabras)

The IOT fire monitoring system for the rectifier Álvaro Santofimio and their children is a project whose main objective is to carry out an exhaustive monitoring of three fundamental variables in the prevention of the spread of fires, such as carbon monoxide, smoke and temperature. , this monitoring is possible thanks to the fact that the variables have normal state and hazard status ranges, for the normal state temperature has a limit of 45 ° C for carbon monoxide and the normal state reaches the 100 ppm concentration .

The mission of the system is to protect the personnel that work in the Rectificadora Álvaro Santofimio e Hijos, and in turn the assets of the company, of a possible incendiary eventuality; for this it was necessary to use an embedded system with a total of 10 sensors (5 temperature and 5 gas), which were distributed in the same way as the cubicle the areas of greatest concurrence by the operators of the same and thus be able to have effective monitoring of temperature levels and smoke present in different areas.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>4 de 4</b>
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

[Empty box for thesis description]

**APROBACION DE LA TESIS**

Nombre Presidente Jurado:

Firma:

Nombre Jurado: José de Jesús Salgado Patrón

Firma:

Nombre Jurado: Diego Fernando Sendoya Losada

Firma:

**SISTEMA DE MONITOREO CONTRA INCENDIOS POR IOT PARA LA  
RECTIFICADORA ALVARO SANTOFIMIO E HIJOS**

**OSCAR ALEJANDRO ARDILA NOVOA  
JULIANA ANDREA MENDEZ MARULANDA**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRONICA  
NEIVA-HUILA  
2017**

**SISTEMA DE MONITOREO CONTRA INCENDIOS POR IOT PARA LA  
RECTIFICADORA ALVARO SANTOFIMIO E HIJOS**

**OSCAR ALEJANDRO ARDILA NOVOA  
JULIANA ANDREA MÉNDEZ MARULANDA**

**DIRECTOR DE TESIS  
Johan Julián Molina Mosquera  
Ingeniero Electrónico**

**Trabajo de grado para optar al título de  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
NEIVA-HUILA  
2017**

# NOTA DE ACEPTACIÓN

NEIVA, 02 DE NOVIEMBRE DE 2017

---

---

---

---

---

---

---

Firma del director

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Neiva,

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la sabiduría necesaria para culminar esta etapa de mi vida y alcanzar cada una de las metas que me he propuesto.  
A mis padres, Oscar Yime Ardila y Yelixa Novoa y a mi novia quienes son mi mayor motivación y apoyo, que sin importar cuántas veces me equivoque, nunca han dejado de creer en mí como persona y ahora como profesional.

**Oscar Alejandro Ardila Novoa**

Quiero dedicar este proyecto a mi familia, mis padres, Carlos Alberto Méndez y Gloria Esperanza Marulanda, que han sido las personas que siempre han creído y confiado en mis capacidades. A mis hermanos que de una u otra manera hacen parte de este proceso y han aportado a este proyecto. Y a mi compañero de tesis y novio por ser la persona más incondicional y paciente para el desarrollo de este.

**Juliana Andrea Méndez Marulanda**



## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar a Dios, a nuestros padres y a todas las personas que de una u otra manera intercedieron para el correcto desarrollo de este trabajo, en especial a la empresa RECTIFICADORA SANTOFIMIO E HIJOS y al Ingeniero Johan Julián Molina Mosquera en calidad de director de tesis, por su constante asesoría, seguimiento y apoyo.

**Oscar Alejandro Ardila Novoa**

Primero a Dios por brindarme todo lo necesario para cumplir con mi desarrollo profesional y personal. A mis padres, mis hermanos y mi novio por ser parte fundamental para el desarrollo de este proyecto.

**Juliana Andrea Méndez Marulanda**

# CONTENIDO

	Pág.
<b>1. OBJETIVOS</b> .....	<b>17</b>
<b>1.1 OBJETIVO GENERAL</b> .....	<b>17</b>
<b>1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	<b>17</b>
<b>2. MARCO TEORICO</b> .....	<b>18</b>
<b>2.1 ANTECEDENTES</b> .....	<b>21</b>
<b>2.2 TEMPERATURA</b> .....	<b>21</b>
Temperatura en el cuerpo humano .....	21
<b>2.3 EL FUEGO</b> .....	<b>22</b>
<b>2.4 COMBUSTIÓN</b> .....	<b>22</b>
2.4.1 Productos de la combustión .....	22
2.4.1.1 Humo.....	22
2.4.1.1.1 Efectos del humo en los humanos. ....	23
2.4.1.1.2 Monóxido de carbono.....	23
2.4.1.2.1 Efectos del monóxido de Carbono en los humanos. ....	23
2.4.1.2.2 Normas de exposición al CO.....	26
<b>2.5 RASPBERRY PI</b> .....	<b>26</b>
2.5.1 Raspberry Pi 3.....	26
2.5.2 Raspbian.....	27
2.5.3 Python .....	28
2.5.4 GPIO.....	28
2.5.5 Protocolo SPI.....	28
<b>2.6 PLATAFORMA PARA DESARROLLO DE APLICACIONES</b>	
<b>MOVILES: FIREBASE</b> .....	<b>30</b>
2.6.1 Servicios .....	31
2.6.1.1 Base de datos en tiempo real.....	31
2.6.1.2 Informes de fallos.....	33
2.6.1.3 Autenticación.....	33
2.6.1.4 Funciones de nube.....	33
2.6.1.5 Hosting .....	33
<b>2.7 APLICACIÓN MÓVIL</b> .....	<b>34</b>
<b>2.8 ANDROID</b> .....	<b>34</b>
Arquitectura Android.....	35
<b>2.9 ANDROID STUDIO</b> .....	<b>36</b>
<b>2.10 JAVA</b> .....	<b>36</b>
<b>2.11 JSON</b> .....	<b>37</b>
<b>2.12 SDK</b> .....	<b>38</b>
<b>2.13 JDK</b> .....	<b>38</b>

<b>3. DESCRIPCION DEL SISTEMA .....</b>	<b>40</b>
<b>4. DESARROLLO DEL PROYETO.....</b>	<b>42</b>
<b>4.1 CIRCUITO .....</b>	<b>42</b>
4.1.1 Adquisición de datos. ....	43
4.1.2 Sensado de variables .....	43
4.1.3 Sensores. ....	44
4.1.3.1 Temperatura y Humedad relativa.....	44
4.1.3.2 Humo y Monóxido de Carbono (CO).....	47
4.1.4 Conversor A/D.....	48
4.1.5 Conversor de nivel lógico bidireccional..	49
4.1.5.1 Conexión de conversor de nivel con MCP3008. ....	50
4.1.5.2 Conexión MCP3008 con Raspberry Pi (protocolo SPI).....	51
4.1.5.3 Conexión entre sensor MQ9, conversor de nivel y MCP3008.....	51
<b>4.2 PROCESAMIENTO DE DATOS .....</b>	<b>52</b>
4.2.1 Raspberry Pi 3.....	53
4.2.2 Python .....	54
4.2.2.1 Librerías, módulos y archivos base.....	55
4.2.2.2 Lectura y procesamiento de datos. ....	55
4.2.2.3 Envío de correo de alerta. ....	55
4.2.2.4 Envió de los datos a la plataforma. ....	56
<b>4.3 PLATAFORMA PARA DESARROLLO DE APLICACIONES MOVILES (FIREBASE).....</b>	<b>57</b>
4.3.1 Crear proyecto en Firebase.....	57
4.3.2 Implementación de Firebase con Android Studio.....	58
4.3.3 Firebase Realtime Database. ....	62
4.3.4 Firebase Authentication.....	63
<b>4.4 MODELO VISTA CONTROLADOR.....</b>	<b>64</b>
<b>4.5 APLICACIÓN MÓVIL.....</b>	<b>65</b>
4.4.1 Vistas de la aplicación móvil:.....	67
4.4.1.1 Vista de inicio .....	67
4.4.1.2 Vista de introducción .....	68
4.4.1.3 Vista del menú.....	69
4.4.1.4 Vista de mapa. ....	71
4.4.1.5 Vista de sectores.....	72
4.4.1.6 Vista de emergencia.....	73
<b>5. IMPLEMENTACIÓN.....</b>	<b>75</b>
<b>5.1 PLACAS DE CIRCUITOS.....</b>	<b>75</b>
5.1.1 Placas de sensores .....	75
5.1.2 Placa principal .....	77
<b>5.2 PROTECCIÓN A LAS PLACAS.....</b>	<b>78</b>
<b>5.3 CABLE UTP CATEGORÍA 5e .....</b>	<b>80</b>
<b>5.4 TUBERÍA Y ACCESORIOS EMT DE 1/2' .....</b>	<b>82</b>

<b>5.5</b>	<b>SECTORIZACIÓN E INSTALACIÓN.....</b>	<b>83</b>
<b>5.6</b>	<b>ELEMENTOS ADICIONALES .....</b>	<b>83</b>
5.6.1	Alimentación del sistema.....	83
5.6.2	UPS (Uninterruptible power supply) .....	84
<b>6.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>85</b>
6.1	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	90
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>93</b>
<b>8.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>94</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>95</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>96</b>

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Raspberry Pi 3 .....	27
Figura 2. Estructura general del protocolo SPI .....	29
Figura 3. Descripción de puertos GPIO Raspberry Pi 3 .....	30
Figura 4. Diagrama del sistema de monitoreo .....	41
Figura 5. Diagrama de servicios que presta el sistema de monitoreo contra incendios por IOT .....	41
Figura 6. Etapas del desarrollo del sistema .....	42
Figura 7. Sectorización de la Rectificadora.....	43
Figura 8. Arquitectura del sensor DHT22.....	44
Figura 9. Conexiones de sensor de temperatura.....	46
Figura 10. Puertos GPIO de Raspberry Pi 3 usados para la conexión de datos ...	46
Figura 11. Curvas de error relativo para las variables de Humedad Relativa (%RH) y Temperatura (°C).....	47
Figura 12. Arquitectura de sensor de gas .....	47
Figura 13. Diagrama de bloques del sistema con el sensor de gas .....	48
Figura 14. Arquitectura del conversor de nivel lógico .....	49
Figura 15. Arquitectura conversor MCP3008.....	50
Figura 16. Conexión entre sensor MQ9, conversores de nivel lógico y MCP3008 .....	52
Figura 17. Conexión del sistema completo .....	54
Figura 18. Correo electrónico de alerta.....	56
Figura 19. Proyecto sensores-af311 en Firebase .....	58
Figura 20. Paquete creado en Android Studio .....	59
Figura 21. Asignación del paquete en Firebase y consulta de página.....	59
Figura 22. Keytool para Windows .....	60
Figura 23. Línea de código en gitignore.....	61
Figura 24. Dependencias y servicios de Google usadas en el proyecto .....	61
Figura 25. Base de datos en tiempo real del sistema .....	63
Figura 26. Asignación de usuarios de la aplicación móvil en Firebase.....	64
Figura 27. Modelo vista controlador de aplicación móvil Rectisensor. ....	65
Figura 28. Logo de aplicación móvil RECTISENSOR.....	66
Figura 29. Vista de inicio de sesión de la aplicación móvil RECTISENSOR .....	67
Figura 30. Diagrama de clases vista inicio de sesión .....	68
Figura 31. Vista de introducción de la aplicación móvil RECTISENSOR .....	69
Figura 32. Vista del menú desplegable de la aplicación móvil RECTISENSOR... ..	70
Figura 33. Diagrama de clases vista de menú.....	71
Figura 34. Vista de mapa de la rectificadora en la aplicación móvil .....	71
Figura 35. Diagrama de clases vista de mapa.....	72
Figura 36. Vista de sectores de la aplicación móvil RECTISENSOR .....	72
Figura 37. Diagrama de clases vista de sectores .....	73
Figura 38. Vista de emergencia de la aplicación móvil RECTISENSOR .....	74

Figura 39. Diagrama de clases vista de emergencias .....	74
Figura 40. Placa de sensores en modelado 3D .....	76
Figura 41. Placa de sensores real impresa en PCB .....	76
Figura 42. Placa principal en modelado 3D .....	77
Figura 43. Placa principal real impresa en PCB .....	78
Figura 44. Caja para placa de sensores .....	79
Figura 45. Caja para placa principal .....	80
Figura 46. Cable SAT UTP Categoría 5e.....	81
Figura 47. Probador de cable UTP y llegada a caja principal .....	81
Figura 48. Tubería EMT ½' y señalización de la misma .....	82
Figura 49. Mapa del sistema sectorizado .....	83
Figura 50. Cargador de Raspberry Pi 3 .....	84
Figura 51. Sistema de alimentación ininterrumpida UPS.....	84
Figura 52. Cajas correspondientes a 3 de los 5 sectores y caja principal .....	85
Figura 53. Aplicación Móvil (Rectisensor).....	86
Figura 54. Variable de Temperatura (°C).....	90
Figura 55. Variable de CO (ppm) .....	91
Figura 56. Variable de Humos (ppm).....	91
Figura 57. Simulación de circuito principal .....	96
Figura 58. Simulación de circuito de sensores .....	97
Figura 59. Sistema implementado .....	97
Figura 60. Instalación del sistema.....	100

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Efecto del monóxido de Carbono (CO) en humanos .....	24
Tabla 2. Datos adquiridos del sector uno.....	87
Tabla 3. Datos adquiridos del sector dos.....	88
Tabla 4. Datos adquiridos del sector tres.....	88
Tabla 5. Datos adquiridos del sector cuatro.....	89
Tabla 6. Datos adquiridos del sector cinco .....	89

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Simulación de circuitos que componen el sistema.	92
Anexo B. Fotografías del sistema implementado.	93
Anexo C. Fotografías de instalación del sistema.	96



## GLOSARIO

**ADC:** (Analog-to-digital converter). Conversión analógica-digital. Consiste en la transcripción de señales analógicas en señal digital, con el fin de facilitar su procesamiento.

**API:** (Application Programming Interface). Interfaz de programación de aplicaciones.

**CDN:** (Content delivery network). Red de entrega de contenidos.

**CO:** Monóxido de carbono.

**CO2:** Dióxido de carbono.

**GPIO:** (General Purpose Input/Output). Entrada/Salida de Propósito General.

**IP:** (Internet Protocol). Protocolo de internet.

**I2C:** (Inter-integrated Circuit). Circuito interintegrado. Es un tipo de bus diseñado con múltiples chips maestros, lo que permite conectar varios chips al mismo bus para que así actúen como maestros sólo con iniciar la transferencia de datos.

**IOT:** (Internet of Things). Internet de las cosas.

**JDK:** (Java Development Kit). Kit de desarrollo de java.

**JSON :** javaScript Object Notation.

**NOOBS:** new Out Of the Box Software.

**NOSQL:** (No only Structured Query Language). No solo lenguaje de consulta estructurada.

**PPM:** Partes por millón.

**RDBS:** (Relational Data Base System). Sistema de gestión de bases de datos relacionales

**SDK:** (Software Development Kit). Kit de desarrollo de software.

**SQL:** (Structured Query Language). Lenguaje de consulta estructurada. Es un lenguaje declarativo de comunicación dentro de las bases de datos, que permite el acceso y manipulación de datos en una de estas.

**SPI:** (Serial Peripheral Interface). Interfaz periférica serial. Es un estándar de comunicaciones usado para la transferencia de información entre circuitos integrados.

## RESUMEN

El sistema de monitoreo contra incendios por IOT para la rectificadora Álvaro Santofimio e hijos es un proyecto el cual tiene como propósito principal realizar un exhaustivo monitoreo de tres variables fundamentales en la prevención de la propagación de incendios, como son Monóxido de carbono, Humo y Temperatura, este monitoreo es posible gracias a que dichas variables poseen rangos de estado normal y estado de peligro, para la temperatura el estado normal tiene un límite de 45°C y para el monóxido de carbono y humo el estado normal llega hasta la concentración de 100 ppm.

La misión del sistema es proteger al personal que labora en la Rectificadora Alvaro Santofimio e Hijos, y a su vez los activos de la empresa, de una posible eventualidad incendiaria; para ello fue necesario emplear un sistema embebido con un total de 10 sensores (5 de temperatura y 5 de gas), los cuales fueron distribuidos de tal manera que cubrieran las áreas de mayor concurrencia por los operadores de la misma y así poder tener un monitoreo efectivo de los niveles de temperatura y humo presentes en las diferentes zonas.

***Palabras claves:*** monitoreo, IOT, variables, alerta, concentración, eventualidad.

## ABSTRACT

The IOT fire monitoring system for the rectifier Álvaro Santofimio and their children is a project whose main objective is to carry out an exhaustive monitoring of three fundamental variables in the prevention of the spread of fires, such as carbon monoxide, smoke and temperature. , this monitoring is possible thanks to the fact that the variables have normal state and hazard status ranges, for the normal state temperature has a limit of 45 ° C for carbon monoxide and the normal state reaches the 100 ppm concentration .

The mission of the system is to protect the personnel that work in the Rectificadora Álvaro Santofimio e Hijos, and in turn the assets of the company, of a possible incendiary eventuality; for this it was necessary to use an embedded system with a total of 10 sensors (5 temperature and 5 gas), which were distributed in the same way as the cubicle the areas of greatest concurrence by the operators of the same and thus be able to have effective monitoring of temperature levels and smoke present in different areas.

**Keywords:** *monitoring, IOT, variables, alert, concentration, eventuality.*

## INTRODUCCIÓN

A nivel industrial, en los últimos años se ha hecho mucho hincapié en la importancia de la implementación de nuevas tecnologías que garanticen un ambiente de trabajo más seguro. La constante investigación y los avances tecnológicos han permitido el desarrollo de métodos que brinden una mayor protección para los trabajadores y la infraestructura de empresas pertenecientes al sector industrial. Gracias a esto, se ha logrado reducir en gran medida la cantidad de incidentes que pueden ocurrir al momento de la ejecución de una actividad laboral.

El crecimiento tecnológico y social por parte de las telecomunicaciones, ha dado lugar a una de las aplicaciones más importantes que es la interconexión digital de diversos objetos con los cuales se está rodeado a diario y además con el mundo del internet, a lo que mejor se le conoce como **Internet de las cosas** (IoT). La base en la cual se fundamenta el concepto Internet de las cosas (IoT) es simple, consiste principalmente en cortar esa brecha que existe entre un objeto y otro, y permitir una libre comunicación entre éstos y las personas a través de Internet, proporcionando así un mundo interconectado a nivel global gracias al uso de la red de redes. IoT es la representación pura de la próxima evolución de Internet, en la cual no existan barreras de ningún tipo para el monitoreo, el manejo y el control de prácticamente todos los objetos que a diario rodean el entorno, brindándole a los objetos cierta independencia y a las personas una mayor comodidad.

Para la falencia que presenta en términos de seguridad contra incendios la rectificadora, la aplicación de un sistema electrónico de control y monitoreo por medio de IoT representa una alternativa confiable y eficaz para así poder garantizar mejores y más seguras condiciones en el entorno industrial para los trabajadores y proteger los bienes de la empresa.

Además, actualmente IoT es una tecnología que embarca hacia el futuro, siendo esta una tecnología compleja, pero a la vez muy versátil, la cual se ha ido desarrollando con el objetivo de hacer la vida más fácil, mejorar procesos, aumentar la eficiencia y disminuir riesgos, que hoy en día es lo que prevalece en cualquier medio que se opere. En estos momentos el internet de las cosas posee muchas de las cualidades que suplen las necesidades que se tienen, además de que para el eficaz monitoreo de diferentes variables en tiempo real no existe un avance más óptimo como la tecnología IoT, es por esto y más ventajas que IoT es y será probablemente la mejor tecnología para desarrollar y aplicar sistemas como el propuesto en éste proyecto.

# **1 OBJETIVOS**

## **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un sistema de monitoreo electrónico contra incendios por IoT para la rectificadora ALVARO SANTOFIMIO E HIJOS, que permita proteger la integridad de los trabajadores y los bienes materiales de la empresa.

## **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Realizar un bosquejo del sistema de monitoreo con los elementos de entrada y salida de datos.

Seleccionar los componentes adecuados teniendo en cuenta las especificaciones de los mismos y los parámetros necesarios para el correcto funcionamiento del sistema.

Desarrollar la aplicación móvil que permita monitorear en tiempo real el estado de las variables de temperatura y humo.

Integrar la red de sensores al sistema embebido y a la conexión IoT, obteniendo el monitoreo adecuado del sistema contra incendios.

## 2 MARCO TEORICO

Se presentan los antecedentes, además los diferentes conceptos y definiciones fundamentales que fueron claves para el correcto desarrollo del proyecto.

### 2.1 ANTECEDENTES

La empresa a la que va destinada este proyecto (RECTIFICADORA ALVARO SANTOFIMIO E HIJOS), actualmente no posee un sistema de prevención contra incendios que garantice un mejor y más seguro ambiente de trabajo, por este motivo se solicita el desarrollo de un sistema electrónico contra incendios que cumpla con la normatividad existente y que a nivel de prevención de desastres incendiarios brinde una protección óptima y un control del sistema mismo.

Como ya se ha señalado, la la rectificadora dispone de areas dedicadas al mantenimiento y rectificacion de diversas partes de un motor y para la limpieza de repuestos del mismo se usan liquitos inflamables como gasolina, lo cual hace de este un lugar propenso a generar una eventualidad incendiaria.

La fábrica está situada en la Carrera 3 No 2a . 25/27 en la ciudad de Neiva – Huila; actualmente la mayoría de procesos que en ella se efectúan son de forma manual y no cuentan con ningún tipo de sistema avanzadotecnologicamente para la ejecución de actividades ni para la protección y/o monitoreo de ninguno de sus procesos, por tanto la necesidad de un sistema electrónico de monitoreo y prevención contra incendios no solo brindará mayor seguridad y un más cómodo ambiente de trabajo, sino permitirá la inclusión de nuevas tecnologías en las instalaciones de la empresa.

Con frecuencia los medios de comunicación informan de los graves daños de destrucción de equipos y maquinaria, de pérdida de producción, materia prima y lo más importante, de vidas humanas ocasionados por los incendios en las fábricas en general. Es por esto que a nivel mundial, la industria maderera ha ido incursionando en la implementación de nuevas tecnologías para el control y monitoreo de las variables involucradas en la detección temprana de una actividad incendiaria.

La empresa italiana IMAL<sup>1</sup>, es líder en equipos de medición y control de flujo de materiales y productos en la industria maderera, cuenta con una amplia gama de

---

<sup>1</sup> Imal s.r.l., IMAL PAL GROUP, disponible en: <http://www.imalpal.com/en/chisiamo.php> .

equips para detección temprana de incendios, de aplicación en toda la industria de la madera, especialmente fábricas de carpintería y muebles. Cualquier chispa que se origine en el interior de una fábrica de manufactura maderera es detectada por medio de equipos que captan la presencia de radiaciones infrarojas antes de que alcance las instalaciones posteriores, y envían una señal de activación a actuadores compuestos por chicharras y luces estrombóticas. Los detectores de chispas pueden ser detectores infrarojos, adecuados para trabajar en ambientes donde la temperatura sea inferior a 60 °C.

El sistema FD5 consta de tres partes:

- Detectores de chispas
- Unidad central electrónica para el proceso de datos y funciones de alarma
- Sistema de extinción con toberas especiales <sup>2</sup>

La administración de detección de incendios exige nuevas maneras de trabajar. Necesita conectar el conocimiento para acelerar los tiempos de respuesta, reducir el riesgo y confirmar el cumplimiento de las normas reglamentarias – para tener una “visión global”. Las tecnologías inteligentes reúnen las aplicaciones de administración de seguridad de vida innovadoras y existentes en un sistema que conecta todo, desde la detección de humo y fuego, la supervisión de rociadores y las comunicaciones de emergencia, hasta el control de acceso y control electrónico, y desde la sala de control hasta los servicios de emergencia. Ellas mantienen a las personas, los activos y las propiedades seguros y protegidos y mitigan el riesgo.<sup>3</sup> Por esto la importancia que va adquiriendo en todos los sectores de la industria de transformación de la madera el implementar sistemas preventivos de seguridad; cuerpos extraños y el sobrecalentamiento producido en ocasiones por el corte de la madera, pueden generar chispas que dan lugar a un riesgo incendiario latente.

El sistema experto para control inteligente de las variables ambientales de un edificio energéticamente eficiente, posee entre una de sus funciones un sistema de gestión de seguridad el cual está compuesto por: sensores de humo, sensores de llama, sistema de extinción de incendio entre otros; éste sistema actúa de tal forma que si en una determinada habitación se genera un incendio, el sensor de llama y el de humo se activarán y enviarán una señal para que se cierre la electroválvula de gas, se desactive la llave térmica para cortar el suministro de

---

<sup>2</sup> El sistema automático de detección y extinción de incendios de IMAL, sistemas de seguridad contra incendios para las empresas de la madera.

<sup>3</sup> Honeywell Building Solution; Detección inteligente de incendios y administración de seguridad de vida, Honeywell.

energía, se apague el aire acondicionado para evitar propagar el incendio y se active el MODEM para que realice una llamada a la estación de bomberos.<sup>4</sup>

Hoy en día, los avances tecnológicos han facilitado la vida de las empresas en todos los sectores industriales, la importancia de contar con sistemas automatizados y de monitoreo, brindan una mayor tranquilidad para los empresarios y optimizan en gran medida las industrias. El internet de las cosas (IoT), es uno de los más ambiciosos proyectos que se están ejecutando en la actualidad y una de sus innumerables aplicaciones se evidencia en el sector industrial, brindando un control total de los dispositivos que se requieran involucrar.

Sin lugar a dudas otra de las importantes necesidades que presenta la fábrica de muebles ALVARO SANTOFIMIO E HIJOS, no es sólo la falta de un sistema electrónico contra incendios, sino además el poder monitorear de manera práctica y confiable las variables del mismo, es por esto que la inclusión y aplicación del IoT se convierte en una solución óptima. Algunos investigadores definen el IoT como un modelo que abarca a las tecnologías de comunicación inalámbrica como las redes de sensores inalámbricos, redes móviles y actuadores, con cada uno de los elementos denominados “objeto o cosa” y con una dirección única<sup>5</sup>. En el caso de las redes de sensores inalámbricos (WSN), estas han recibido una gran atención en los últimos años desde los puntos de vista académico e industrial gracias a los avances de la tecnología, en relación con los microsensores, redes inalámbricas y el procesamiento de dispositivos embebidos.

Las WSN están constituidas por sensores autónomos distribuidos espacialmente con el propósito de ser capaces de comunicarse entre sí con un mínimo de consumo de energía y entregando su colección de datos. En el contexto del Internet de las cosas (IoT) juegan un papel importante para incrementar la ubicuidad de las redes.

---

<sup>4</sup> XI Reunión de Trabajo en Procesamiento de la Información y Control, 21 al 23 de septiembre de 2005; Sistema experto para control inteligente de las variables ambientales de un edificio energéticamente eficiente, Enrique A. Sierra, Alejandro A. Hossian, Ramón García Martínez y Pablo D. Marino

<sup>5</sup> O. Said and M. Masud, “Towards Internet of Things: Survey and Future Vision”. *International Journal of Computer Networks (IJCN)*, 5(1), 2013.



A los llamados “objetos inteligentes” que constituyen las redes de sensores/actuadores inalámbricos (WSAN) se les otorga direcciones IP para que sean parte integral de Internet y puedan aprovechar los servicios que este ofrece en relación con la monitorización y control de dichos dispositivos. Esto conlleva a la conexión de objetos físicos y digitales al Internet<sup>6</sup>.

Cómo se evidencia, en la actualidad, se cuenta con diversos sistemas electrónicos para el control de variables de tipo incendiario en los diversos sectores industriales, debido a la enorme seguridad que proporcionan y a las catástrofes que pueden prevenir, sin embargo estos sistemas carecen de un monitoreo en tiempo real portátil, razón por la cual se hará uso de los beneficios del IoT y las WSN para la creación de un sistema informático para el constante monitoreo ya sea por la red o a través de una aplicación móvil.

## 2.2 TEMPERATURA

La Temperatura es una magnitud que mide el nivel térmico o el calor que un cuerpo posee. Toda sustancia en determinado estado de agregación (sólido, líquido o gas), está constituida por moléculas que se encuentran en continuo movimiento. La suma de las energías de todas las moléculas del cuerpo se conoce como energía térmica; y la temperatura es la medida de esa energía promedio.

**Temperatura en el cuerpo humano.** La Organización Mundial de la Salud (OMS) afirma que la temperatura ambiente óptima para el organismo es entre 18 y 24 °C, cuando el cuerpo se mantiene a unos 36°C - 37°C; cualquier nivel más elevado provoca que los riesgos para la salud se incrementen. Si el cuerpo se calienta hasta los 39 °C - 40° C, el cerebro le dice a los músculos que trabajen menos e inicia a sentir fatiga.

Entre los 40 °C y los 41 °C se produce el agotamiento por calor y, por sobre los 41 °C, el cuerpo comienza a dejar de funcionar. Comienzan también a verse afectados los procesos químicos, las células dentro de tu cuerpo se deterioran y hay riesgo de que fallen múltiples órganos. A esta altura el cuerpo ya ni siquiera

---

<sup>6</sup> S. Tarkoma and H. Ailisto, “The Internet of Things Program: The Finnish perspective”. *IEEE Communications Magazine*, 51(3):10-11, 2013.

puede transpirar porque se detiene el flujo de la sangre hacia la piel, que se siente fría y húmeda. Estos riesgos están vinculados a la temperatura a la cual está acostumbrado el cuerpo.

## **2.3 EL FUEGO**

El fuego se define como un proceso de combustión el cual se da a lugar de una reacción química de oxidación violenta de suficiente intensidad para emitir luz, calor y llama. Es un proceso exotérmico. Las llamas son partes del fuego que emiten luz visible, en cambio el humo son físicamente las mismas llamas pero que ya no emiten dicha luz.

## **2.4 COMBUSTIÓN**

Es una reacción exotérmica que comprende un combustible en fase condensada, en fase gaseosa, o en ambas fases en la cual generalmente se desprende una gran cantidad de energía en forma de calor y luz, manifestándose de forma visual gracias al fuego, u otros.

Toda combustión se caracteriza por la presencia de un elemento que arde (combustible) y otro que produce la combustión (oxidante), generalmente el oxígeno en forma de O<sub>2</sub> gaseoso.

### **2.4.1 Productos de la combustión**

**2.4.1.1 Humo.** El humo es un gas tóxico producido por una combustión incompleta. Es muy común que los procesos de combustión se desprendan una llamarada de fuego en cuya cúspide haya humo compuesto de agua, ácido carbónico y elementos tóxicos que varían según el elemento que se esté quemando.

Cuando se quema algo (madera, gasóleo, carbón, gasolina), se produce principalmente CO (monóxido de Carbono).

**2.4.1.1.1 Efectos del humo en los humanos.** Las partículas sólidas y líquidas en suspensión y los gases tóxicos que contiene el humo de un incendio, lo hacen extremadamente peligroso para la salud de las personas, esto debido a que en caso de una actividad incendiaria no solo se libera monóxido de carbono (CO), como principal agente tóxico, sino también se puede encontrar cianuro y sulfuro de hidrógeno, además de muchas otras sustancias que pueden ocasionar importantes daños a la salud si se encuentran en concentraciones elevadas.

**2.4.1.2 Monóxido de carbono.** El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro, inodoro y muy tóxico, que se produce por la combustión incompleta de sustancias que contienen carbono, como la gasolina, el diesel, el carbón y la leña. El monóxido de carbono es el más tóxico de todos los gases procedentes de la combustión y es el mayor causante de muertes por fuego y contaminación del medio ambiente, debido a que es el que más abunda.

Las concentraciones ligeras de CO por mucho tiempo son tan nocivas como una concentración alta por muy poco tiempo. La principal característica es que es incoloro e insípido y un poco más ligero que el aire.

**2.4.1.2.1 Efectos del monóxido de Carbono en los humanos.** Las exposiciones, aún en muy bajas concentraciones de monóxido de carbono, originan efectos adversos a la salud de las personas por el bloqueo permanente de la hemoglobina, pues ésta no puede liberar el CO. Si se expone a una persona a una concentración de 100 ppm (partes por millón) produce dolor de cabeza, reducción del discernimiento mental y, después de dos horas de exposición, la capacidad de la sangre para acarrear oxígeno disminuye en un 90%. Aún en concentraciones de 15 ppm, comunes en áreas de alto tránsito de vehículos, sus efectos son notorios, especialmente en personas con afecciones nerviosas, cardiovasculares o pulmonares.

Entre los síntomas asociados con concentraciones de exposición al CO de 100 a 200 ppm están el dolor de cabeza, náuseas y deficiencia mental. Otros efectos sobre el sistema nervioso central más graves, el coma y la muerte, están asociados con concentraciones de exposición al CO de 700 ppm o más altas durante una hora o más. Entre los síntomas de los efectos sobre el sistema nervioso central están tambalearse, confusión, cambios en la personalidad y dolores musculares. Estos síntomas pueden seguir presentándose varios días y

hasta varias semanas después de terminar la exposición y la recuperación aparente de la persona envenenada.<sup>7</sup>

Las víctimas de envenenamiento con CO deben ser retiradas inmediatamente del sitio de la exposición y se les debe dar a inhalar 100% de oxígeno.

Tabla 1. Efecto del monóxido de Carbono (CO) en humanos.

<b>Concentración de monóxido de carbono</b>	<b>Efecto del monóxido de Carbono (CO) en humanos.</b>
0-229 mg/m <sup>3</sup> (0-200 ppm)	Ligero dolor de cabeza en algunos casos
10 mg/m <sup>3</sup> (8,7 ppm)	No se excede el nivel carboxihemoglobina del 2.5 %, aun cuando un sujeto normal realice ejercicio ligero o moderado durante 8 horas
30 mg/m <sup>3</sup> (26 ppm)	No se excede el nivel carboxihemoglobina del 2.5 %, aun cuando un sujeto normal realice ejercicio ligero o moderado durante una hora
34,4 mg/m <sup>3</sup> (30 ppm)	La exposición diaria a esta concentración es equivalente a fumar 20 cigarrillos al día
40,1 mg/m <sup>3</sup> (35 ppm)	Las personas que tienen enfermedades cardíacas no deben exponerse a niveles superiores a esta concentración
60 mg/m <sup>3</sup> (52 ppm)	No se excede el nivel carboxihemoglobina del 2.5 %, aun cuando un sujeto normal realice ejercicio ligero o moderado durante 30 minutos
100 mg/m <sup>3</sup> (87 ppm)	No se excede el nivel carboxihemoglobina del 2.5 %, aun cuando un sujeto normal realice ejercicio ligero o

<sup>7</sup> Pardell, H; Saltó E.; Salleras, LL., (1996), *Manual de diagnóstico y tratamiento del tabaquismo*, España, Editorial médica Panamericana.

	moderado durante 15 minutos
115 mg/m <sup>3</sup> (100 ppm)	Se informó del primer indicio de angina en sujetos que hacían ejercicio con cardiopatía coronaria expuestos a esta concentración
229-458 mg/m <sup>3</sup> (200-400 ppm)	Después de 5-6 horas se puede observar un leve dolor de cabeza, náuseas, vértigo y síntomas mentales
458-802 mg/m <sup>3</sup> (400-700 ppm)	Después de 4-5 horas se puede observar un fuerte dolor de cabeza, incoordinación muscular, debilidad, vómitos y colapso
802-1260 mg/m <sup>3</sup> (700-1100 ppm)	Después de 3-5 horas se puede observar un fuerte dolor de cabeza, debilidad, vómitos y colapso
1260-1832 mg/m <sup>3</sup> (1100-1600 ppm)	Después de 1.5-3 horas se puede observar coma. (la respiración es aún bastante buena a no ser que el envenenamiento se haya prolongado)
1832-2290 mg/m <sup>3</sup> (1600-2000 ppm)	Después de 1-1.5 horas hay posibilidad de muerte
5726-11452 mg/m <sup>3</sup> (5000-10000 ppm)	Después de 2-15 minutos se puede producir la muerte

Fuente: [www.murciasalud.es](http://www.murciasalud.es)

**2.4.1.2.2 Normas de exposición al CO.** La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) ha establecido una norma federal para la calidad de aire ambiental (al aire libre) con respecto al CO de 9 ppm para una exposición de 8 horas y de 25 ppm para una exposición a corto plazo (1 hora). El personal de la Comisión de Seguridad de Productos del Consumidor de los Estados Unidos (CPSC, por sus siglas en inglés) recomienda que las exposiciones al CO a largo plazo en ambientes interiores se limite a menos de 15 ppm como un TWA de 8 horas y a 25 ppm por 1 hora, pero las recomendaciones específicas de productos para el CO pueden variar dependiendo de los patrones de uso esperados y de la exposición.<sup>8</sup>

## **2.5 RASPBERRY PI**

La raspberry pi es una microcomputadora, de bajo costo, diseñada con la idea de que personas de corta edad pudiesen aprender y programar jugando y familiarizarse con la electrónica y tecnología. A diferencia de muchos computadores que existen actualmente trabaja con un sistema operativo propio llamado Rasbian.

Es muy versátil ya que posee entradas USB que generalmente son utilizadas para conectar mouse, teclado y pantalla o conexión a televisores y a internet.

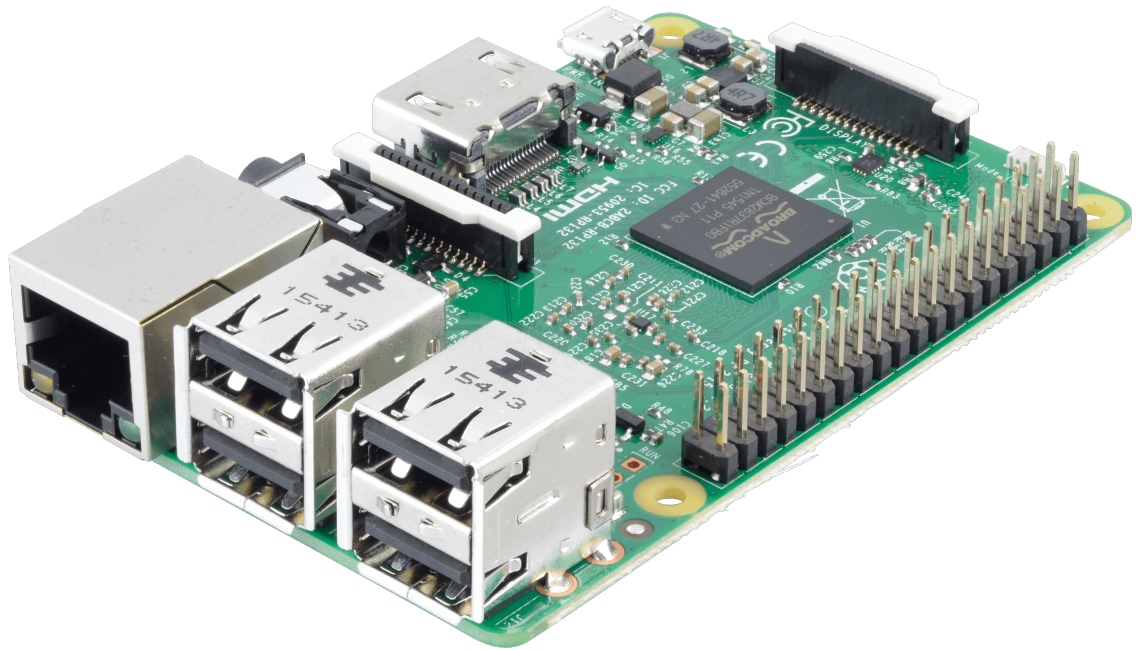
Entre sus partes físicas principales están: Procesador BMC2835, puertos GPIO, salidas de video, puerto Ethernet, puestos USB y slot para tarjeta de memoria. No posee DVD ROM ni disco duro donde se puedan instalar los diferentes programas como en una computadora normal.

**2.5.1 Raspberry Pi 3.** La Raspberry Pi 3 es la tercera generación de Raspberry Pi. En febrero de 2016 sustituyó a la Raspberry Pi 2 Modelo B. En comparación con su antecesora, esta versión cuenta con un procesador más potente, una memoria RAM de 1GB y una mayor cantidad de pines GPIO, entre otras características.

---

<sup>8</sup> U.S. EPA, 1991a. Procedures for the Preparation of Emission Inventories for the Preparation of Emission Inventories for Carbon Monoxide and Precursors of Ozone. Volume I: General Guidance for Stationary Sources.

Figura 1. Raspberry Pi 3.



Fuente: [www.raspberrypi.org](http://www.raspberrypi.org)

**2.5.2 Raspbian.** Raspbian es un sistema operativo libre basado en Debian y una distribución del sistema operativo GNU/Linux, lo que significa que las posibilidades son infinitas, además es un SO optimizado para el hardware de Raspberry Pi. Es importante mencionar que Raspbian no está directamente vinculado con la Fundación Raspberry Pi, debido a que es un sistema operativo creado por un pequeño y dedicado equipo de desarrolladores fans del Hardware Raspberry Pi, los objetivos educativos de la misma y, por supuesto, el Proyecto Debian.<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> Raspbian: Sistema operativo gratuito para la Raspberry Pi [En línea] [Citado el 22 de Noviembre de 2017] Disponible en la web: <https://www.unocero.com/noticias/raspbian-sistema-operativo-gratuito-para-la-raspberry-pi/>

**2.5.3 Python.** Python es uno de los lenguajes de programación más usados en la actualidad, debido a su facilidad y a sus altas prestaciones. Entre sus principales características cuenta con estructuras de datos eficientes y de alto nivel, además es un lenguaje de programación multiparadigma, esto debido a que soporta la programación imperativa, la orientación a objetos y en una menor medida la programación funcional. La elegante y práctica sintaxis de este lenguaje y su tipado dinámico, junto con su naturaleza interpretada, hacen de Python ideal para scripting y desarrollo rápido de aplicaciones en diversas áreas y sobre la mayoría de las plataformas, como por ejemplo Raspberry Pi.

Un valor agregado de Python es la resolución dinámica de nombres; es decir, lo que enlaza un método y un nombre de variable durante la ejecución del programa (también llamado enlace dinámico de métodos). Cabe recalcar que el principal objetivo del diseño del lenguaje es la facilidad de extensión, así mismo Python ofrece la posibilidad de poder escribir nuevos módulos fácilmente en C o C++. Python puede incluirse en aplicaciones que necesitan una interfaz programable.<sup>10</sup>

**2.5.4 GPIO.** Una de las más poderosas y útiles características de la Raspberry Pi son los puertos GPIO (General Purpose Input/Output) el cual no es otra cosa diferente a un sistema de E/S (Entrada/Salida) de propósito general, es decir, una serie de conexiones que se pueden usar como entradas o salidas para usos múltiples, en otras palabras son la interfaz física que tiene la Raspberry Pi con el mundo exterior. Estos pines son vitales para la conexión y por ende correcta transferencia de datos con los sensores y demás periféricos.

**2.5.5 Protocolo SPI.** Es un protocolo de comunicación (Serial Peripheral Interface) usado por Raspberry. El SPI es un protocolo síncrono que trabaja en modo full dúplex para recibir y transmitir información, permitiendo que dos dispositivos puedan comunicarse entre sí al mismo tiempo utilizando canales diferentes o líneas diferentes en el mismo cable. Al ser un protocolo síncrono el sistema cuenta con una línea adicional a la de datos encargada de llevar el proceso de sincronismo.<sup>11</sup>

---

<sup>10</sup> Van Rossum, G., (2009), *El tutorial de Python*, Copyright Python Software Foundation.

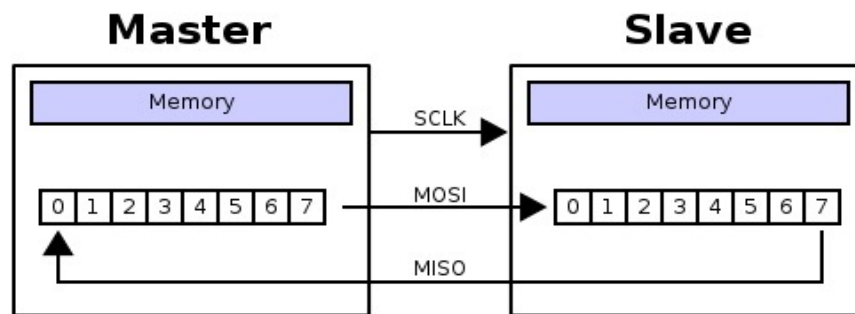
<sup>11</sup> ¿Cómo funciona el protocolo SPI? [En línea] [Citado el 22 de Noviembre de 2017] Disponible en la web: <http://panamahitek.com/como-funciona-el-protocolo-spi/>



Existen cuatro líneas lógicas encargadas de realizar todo el proceso:

- **MOSI (Master Out Slave In):** Línea utilizada para llevar los bits que provienen del maestro hacia el esclavo.
- **MISO (Master In Slave Out):** Línea utilizada para llevar los bits que provienen del esclavo hacia el maestro.
- **CLK (Clock):** Línea proveniente del maestro encargada de enviar la señal de reloj para sincronizar los dispositivos.
- **SS (Slave Select):** Línea encargada de seleccionar y a su vez, habilitar un esclavo.

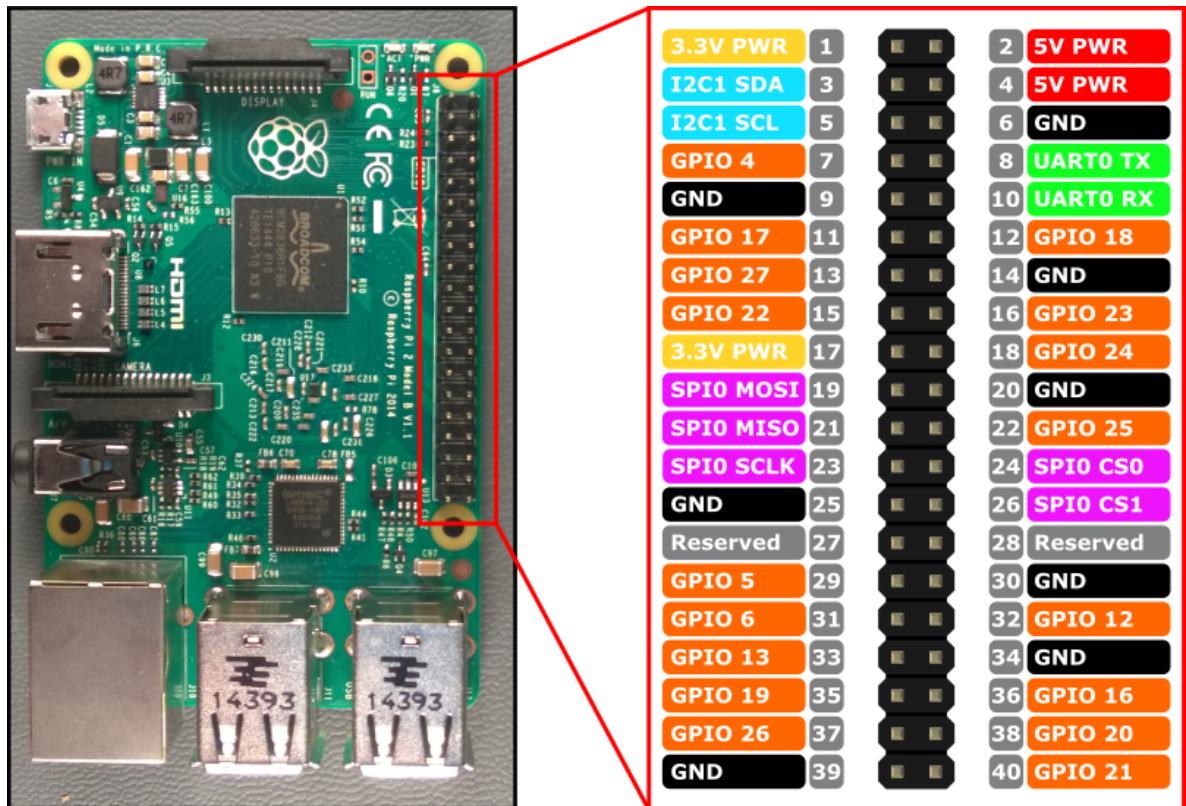
Figura 2. Estructura general del protocolo SPI.



Fuente: [www.panamahitek.com](http://www.panamahitek.com)

Dentro de este protocolo se define un maestro que será aquel dispositivo encargado de transmitir información a sus esclavos. Los esclavos serán aquellos dispositivos que se encarguen de recibir y enviar información al maestro. Para que este proceso se ejecute es necesario la existencia de dos registros de desplazamiento, uno para el maestro y uno para el esclavo. Los registros de desplazamiento se encargan de almacenar los bits de manera paralela para realizar una conversión de paralelo a serial para la transmisión de información.

Figura 3. Descripción de puertos GPIO Raspberry Pi 3



Fuente: [www.raspberrypi.org](http://www.raspberrypi.org)

## 2.6 PLATAFORMA PARA DESARROLLO DE APLICACIONES MOVILES: FIREBASE

Firebase es una plataforma de back-end como servicio, es decir que se encarga de la administración de un servidor, Firebase dispone de una serie de herramientas para el desarrollo de aplicaciones, tales como el almacenamiento y sincronización de datos en la nube, medición del comportamiento del usuario y soluciones para monetizar productos.

En pocas palabras, Firebase es una plataforma para el desarrollo de aplicaciones web y aplicaciones móviles que fue diseñada para darle solución a la divergencia y complejidad que se presentaba al desarrollar aplicaciones móviles, con el desarrollo de Firebase se obtuvo una plataforma rápida y fácil para construir una aplicación con facil portabilidad hacia entornos como Android Studio.

También se caracteriza por soportarse en tres aspectos fundamentales como son, el desarrollo, el crecimiento de los usuarios y la monetización de la app, en caso de que el usuario así lo requiera.

Firestore está compuesta por diferentes servicios que los mismos usuarios o desarrolladores pueden combinar, para así mismo satisfacer una necesidad. Los usuarios pueden hacer uso de esta plataforma de manera gratuita hasta determinada escala y encontrar así un sin fin de opciones para el usuario.

Entre las principales características que brinda Firestore, se pueden encontrar:

- Los SDK de Firestore como Analytics, Database, Notifications y Crash Reporting permiten moverse más rápido y enfocarse en los usuarios.
- Firestore utiliza la infraestructura de Google y se escala automáticamente con la aplicación, por lo que no se debe preocupar por satisfacer la demanda de los usuarios.
- Los productos de Firestore funcionan bien por sí solos, comparten datos y estadísticas, y se puede acceder a ellos desde un panel unificado.<sup>12</sup>

**2.6.1 Servicios.** Firestore está compuesta por diferentes servicios que los mismos usuarios o desarrolladores pueden combinar, para así mismo satisfacer una necesidad. Los usuarios pueden hacer uso de esta plataforma de manera gratuita hasta determinada escala y así encontrar un sin fin de opciones para el usuario.

**2.6.1.1 Base de datos en tiempo real.** Almacena y sincroniza datos entre usuarios y dispositivos en tiempo real a través de una base de datos noSQL alojada en la nube. Los datos actualizados se sincronizan entre distintos dispositivos conectados en milisegundos y permanecen disponibles si la app pierde la conexión a la red, lo que brinda una experiencia del usuario de alta calidad sin importar el estado de la conectividad.

Las bases de datos NoSQL son sistemas de almacenamiento de información que no cumplen con el esquema entidad-relación. Tampoco utilizan una estructura de

---

<sup>12</sup> “Productos y beneficios de Firestore”. [En línea] [Citado el 22 de Noviembre de 2017] Disponible en la web: <https://firebase.google.com/products/>.

datos en forma de tabla donde se van almacenando los datos sino que para el almacenamiento hacen uso de otros formatos como clave-valor, mapeo de columnas o grafos.

Esta forma de almacenar la información ofrece ciertas ventajas sobre los modelos relacionales. Entre las ventajas más significativas se pueden destacar:

- **Se ejecutan en máquinas con pocos recursos:** Estos sistemas, a diferencia de los sistemas basados en SQL, no requieren de apenas computación, por lo que se pueden montar en máquinas de un coste más reducido.
- **Escalabilidad horizontal:** Para mejorar el rendimiento de estos sistemas simplemente se consigue añadiendo más nodos, con la única operación de indicar al sistema cuáles son los nodos que están disponibles.
- **Pueden manejar gran cantidad de datos:** Esto es debido a que utiliza una estructura distribuida, en muchos casos mediante tablas Hash.
- **No genera cuellos de botella:** El principal problema de los sistemas SQL es que necesitan transcribir cada sentencia para poder ser ejecutada, y cada sentencia compleja requiere además de un nivel de ejecución aún más complejo, lo que constituye un punto de entrada en común, que ante muchas peticiones puede ralentizar el sistema.
- **Evitar la complejidad innecesaria:** Las bases de datos relacionales proporcionan gran cantidad de funcionalidades y restricciones para mantener la consistencia de los datos, en ciertos casos, mucho más de lo necesario. Esto hace que, a nivel global, las operaciones en base de datos tarden más tiempo en ayudarían a incrementar el rendimiento.
- **Alto rendimiento:** Muchas bases de datos NoSQL proporcionan un rendimiento superior al que ofrecen los sistemas RDBS convencionales. Para corroborar esto, tan solo hay que ver ejemplos sobre los tiempos que tardan las grandes compañías en insertar información en sus bases de datos NoSQL.
- **Escalabilidad horizontal y hardware de bajo coste:** Al contrario que las bases de datos relacionales, los sistemas NoSQL han sido diseñados para escalar horizontalmente. El software está pensado para poder agregar o

eliminar máquinas de forma sencilla sin tener un coste operacional realmente elevado.<sup>13</sup>

**2.6.1.2 Informes de fallos.** Diagnostica problemas de la app del usuario para dispositivos móviles con informes detallados de errores y bloqueos. Prioriza los informes por frecuencia y gravedad del impacto en el panel de bloqueos de Firebase, donde se puede supervisar el estado general de la app y seguir los flujos de usuarios.

**2.6.1.3 Autenticación.** Se pueden administrar los usuarios de manera simple y segura. Firebase Auth ofrece varios métodos para autenticar, entre ellos correo electrónico y contraseña, proveedores externos como Google o Facebook, o el sistema de cuentas existente de manera directa.

**2.6.1.4 Funciones de nube.** Ofrece extender la app con código de back-end personalizado sin necesidad de administrar ni escalar servidores propios del usuario. Las funciones pueden activarse con eventos que emiten los productos de Firebase, los servicios de Google Cloud o terceros, por medio de webhooks (notificaciones automáticas).

Además, esta función permite almacenar y compartir imágenes, audio, video y otros tipos de contenido generado por los usuarios fácilmente con el almacenamiento de objetos potente, simple y rentable creado para la escala de Google. Los SDK de Firebase para Cloud Storage incorporan la seguridad de Google a las cargas y descargas de archivos para las apps del usuario de Firebase, sin importar la calidad de la red.<sup>14</sup>

**2.6.1.5 Hosting.** Simplifica el alojamiento web estático con herramientas creadas específicamente para las aplicaciones web modernas. Cuando el usuario sube sus recursos web, estos son enviados automáticamente al CDN global de Firebase y les asigna un certificado SSL (capa de puertos seguros) gratuito, de manera que los usuarios disfruten una experiencia segura, confiable y con poca latencia sin importar su ubicación.

---

<sup>13</sup> Errans, R.,(2014), *Bases de datos NOSQL: Arquitectura y ejemplos de aplicación*, Leganés.

<sup>14</sup> “Firebase: cómo Google quiere mejorar las aplicaciones a través de los datos”. [En línea][Citado el 22 de Noviembre de 2017] Disponible en la web: <https://bbvaopen4u.com/es/actualidad/firebase-como-google-quiere-mejorar-las-aplicaciones-traves-de-los-datos>.

## 2.7 APLICACIÓN MÓVIL

Una aplicación móvil es un programa que se descarga e instala en el dispositivo móvil de un usuario, mientras que un sitio web para móviles no es más que una página web adaptada a los formatos de tabletas y teléfonos inteligentes.

Una aplicación móvil (app) requiere ser creada para cada tecnología de dispositivos móviles: Android, iOS (iPhone), BlackBerry OS, etc, debido a que cada tecnología tiene características diferentes. Las apps pueden llegar a ser más poderosas que el portal móvil en la medida que pueden potencializar mucho más las virtudes de cada dispositivo móvil. Tecnologías como Realidad Aumentada, Geolocalización y aplicaciones con la cámara solo se pueden utilizar mediante aplicaciones móviles (apps).<sup>15</sup>

## 2.8 ANDROID

Es un sistema operativo libre liderado por Google muy versátil empleado principalmente para dispositivos móviles. Basado en el Kernel de Linux, es un sistema libre, gratuito y multiplataforma, con gran capacidad de adaptación a todo tipo de dispositivos lo que le confiere un gran potencial de desarrollo. Esto permite a los fabricantes centrarse en la creación del dispositivo físico y aprovechar todo el potencial del sistema de Google para hacerlo funcionar.<sup>16</sup>

Aunque la mayoría de móviles utilicen Android, no todos ellos son iguales a nivel de diseño. Android tiene diversas versiones y además los fabricantes pueden hacer modificaciones a su gusto sobre el propio sistema. Esta es la explicación por la cual el mismo sistema no se ve igual en un dispositivo que en otro.

A nivel de usuario, tiene la gran ventaja de estar instalado en dispositivos muy distintos. Si se quiere tener un móvil Android, se puede elegir entre muchos

---

<sup>15</sup> Portal móvil o aplicación móvil (app): ¿Cuál es mejor para su negocio? [En línea][Citado el 22 de Noviembre de 2017] Disponible en la web: <http://www.elcolombiano.com/blogs/marketingdigital/portal-movil-o-aplicacion-movil-app-%C2%BFcual-es-mejor-para-su-negocio/2448>

<sup>16</sup> Sistemas operativos móviles: Funcionalidades, efectividad y aplicaciones útiles en Colombia [En línea][Citado el 22 de Noviembre de 2017] Disponible en la web: <http://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/761/AponteSanly2011.pdf?sequence=1>

diseños, fabricantes y rangos de precios distintos. Para la descarga de aplicaciones, se tiene la tienda Google Play. Desde ella se puede acceder a una infinidad de apps que permitirán hacer casi cualquier cosa desde un dispositivo móvil.<sup>17</sup>

**Arquitectura Android.** Los componentes principales del sistema operativo de Android y que componen así su Arquitectura son:

- **Aplicaciones:** Todo dispositivo Android posee unas aplicaciones de fabrica o “bases”, de estas hacen parte un cliente de correo electrónico, programa de SMS, calendario, GPS o mapas, navegador web, contactos, entre otros. Todas las aplicaciones están escritas en lenguaje de programación Java.<sup>18</sup>
- **Marco de trabajo de aplicaciones:** El o los desarrolladores tienen acceso completo a los mismas API (interfaz de programación de aplicaciones) del entorno de trabajo usados por las aplicaciones de fabrica o bases. La arquitectura Android está diseñada para simplificar la reutilización de módulos; cualquier aplicación puede publicar sus especificaciones y cualquier otra aplicación puede luego hacer uso de esas especificaciones (siempre teniendo en cuenta las reglas de seguridad del framework).
- **Bibliotecas:** La plataforma Android incluye un conjunto de bibliotecas de C/C++ las cuales son utilizadas por varios componentes del sistema. Estas características son abiertas para los desarrolladores a través del marco de trabajo de aplicaciones de Android. Algunas de estas son: System C library (implementación biblioteca C estándar), bibliotecas de medios, bibliotecas de gráficos, 3D y SQLite, entre otras.
- **Runtime de Android:** Android incluye bibliotecas base que proporcionan la mayor parte de las funciones disponibles en las bibliotecas base del lenguaje Java, lo cual le brinda mayor portabilidad. Cada aplicación del entorno Android corre su propio proceso, con su propia instancia de la máquina virtual Dalvik. Dalvik ha sido escrito de forma que un dispositivo puede correr múltiples máquinas virtuales de forma eficiente.

---

<sup>17</sup> “¿Qué es Android?” [En línea] [Citado el 22 de Noviembre de 2017] Disponible en la web: <http://histinf.blogs.upv.es/files/2012/12/android-trabajo.pdf>.

<sup>18</sup> Desarrollo de una aplicación móvil Android para el control remoto de un servicio web [En línea] [Citado el 22 de Noviembre de 2017] Disponible en la web: [https://earchivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/16913/TFG\\_Maria\\_Lozano\\_Perez.pdf?sequence=1](https://earchivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/16913/TFG_Maria_Lozano_Perez.pdf?sequence=1)

- **Núcleo Linux:** Linux proporciona a Android los servicios base del sistema como lo son seguridad, gestión de proceso, gestión de memoria, pila de red y modelo de controladores. El núcleo además actúa como una capa de abstracción entre el hardware y el resto de la pila de software.<sup>19</sup>

## 2.9 ANDROID STUDIO

Android Studio es el entorno de desarrollo integrado (IDE) oficial para el desarrollo de aplicaciones para Android y se basa en IntelliJ IDEA de JetBrains, que proporciona varias mejoras con respecto al plugin ADT (Android Developer Tools) para Eclipse. Además del potente editor de códigos y las herramientas para desarrolladores de IntelliJ, Android Studio ofrece aún más funciones que aumentan tu productividad durante la compilación de apps para Android.

## 2.10 JAVA

El lenguaje para la programación en Java, es un lenguaje orientado a objetos (“OO”), esto hace referencia a un método de programación y al diseño del lenguaje. Aunque hay muchas interpretaciones para OO, una primera idea es diseñar el software de forma que los distintos tipos de datos que usen estén unidos a sus operaciones. De este modo, los datos y el código (funciones o métodos) se combinan en entidades llamadas objetos. Un objeto puede verse como un paquete que contiene el “comportamiento” (el código) y el “estado” (datos). El centro de todo es separar aquello que cambia de las cosas que permanecen inalterables. Con frecuencia, el hecho de cambiar una estructura de datos implica un cambio en el código que opera sobre los mismos, o viceversa. Esta separación en objetos coherentes e independientes ofrece una base más estable para el diseño de un sistema software. El objetivo es hacer que grandes proyectos sean fáciles de gestionar y manejar, mejorando como consecuencia su calidad y reduciendo el número de proyectos fallidos.<sup>20</sup>

El lenguaje para la programación en Java, fue desarrollado por la compañía Sun Microsystems, con la idea original de usarlo para la creación de páginas WEB. La programación Java tiene muchas similitudes con el lenguaje C y C++, así que si se tiene conocimiento de este lenguaje, el aprendizaje de la programación Java se simplifica en gran medida

---

<sup>19</sup> Báez M.; Borrego A., (2015), Introducción a Android, Madrid, E.M.E.

<sup>20</sup> “¿Qué es la programación orientada a objetos?” [En línea] [Citado el 22 de Noviembre de 2017] Disponible en la web: <https://www.desarrolloweb.com/articulos/499.php>



Sin lugar a dudas, una de las principales ventajas de la programación en Java es el desarrollo de aplicaciones, los cuales se ejecutan de forma independiente. Java permite la modularidad por lo que se pueden hacer rutinas individuales que sean usadas por más de una aplicación, por ejemplo se tiene una rutina de impresión que puede servir para el procesador de palabras, como para la hoja de cálculo.

La programación en Java, permite el desarrollo de aplicaciones bajo el esquema de Cliente-Servidor, lo que lo hace capaz de conectar dos o más computadoras u ordenadores, ejecutando tareas simultáneamente, y de esta forma logra distribuir el trabajo a realizar.<sup>21</sup>

## 2.11 JSON

Es el acrónimo para (JavaScript Object Notation), Notación de Objetos de JavaScript. Json es un formato ligero de intercambio de datos, tanto leerlo como escribirlo es simple para las personas, mientras que para las máquinas es simple interpretarlo y generarlo. En pocas palabras, Json es un formato de texto que es completamente independiente del lenguaje pero utiliza convenciones que son ampliamente conocidas por los programadores de lenguajes como C, C++, Java, JavaScript, Perl, Python, entre otros; es decir, no necesitan hablar el mismo idioma, cada lenguaje tiene su propia librería para codificar y decodificar cadenas de JSON.<sup>22</sup>

JSON está constituido principalmente por dos estructuras:

- Una colección de pares de nombre/valor. En varios lenguajes esto es conocidos como un objeto, registro, estructura, diccionario, tabla hash, lista de claves o un arreglo asociativo.
- Una lista ordenada de valores. En la mayoría de los lenguajes, esto se implementa como arreglos, vectores, listas o secuencias.<sup>23</sup>

---

<sup>21</sup> “Conceptos básicos del lenguaje Java” [En línea] [Citado el 22 de Noviembre de 2017] Disponible en la web:

<https://www.ibm.com/developerworks/ssa/java/tutorials/j-introtojava1/index.html>

<sup>22</sup> “Introducción a Json” [En línea] [Citado el 22 de Noviembre de 2017] Disponible en la web:<http://www.json.org/json-es.html>.

<sup>23</sup> “JSON” [En línea] [Citado el 22 de Noviembre de 2017] Disponible en la web:<http://www.codedrinks.com/json/>.

## 2.12 SDK

Un SDK (Software Development Kit), o kit de desarrollo de software, es un conjunto de herramientas necesarias para la programación de aplicaciones en un entorno tecnológico particular. Es pocas palabras, las aplicaciones desarrolladas sobre el SDK estarán destinadas a algún sistema operativo, plataforma hardware, consola de videojuegos o paquete de software en especial.

Son muchos los recursos que puede contener un SDK. Los más importantes serían:

- **Una interfaz de programación de aplicaciones (API).** Es una abstracción del funcionamiento interno del entorno sobre el que se va a trabajar. Se trata de un conjunto de funciones, rutinas, estructuras de datos, clases y variables que permiten al usuario manipular el mecanismo de la plataforma sin conocerlo internamente.
- **Un entorno de desarrollo integrado (IDE).** Es un editor que brinda ayuda para escribir el código fuente del programa de una forma más fácil. Generalmente, también brinda una interfaz amigable para dos aplicaciones fundamentales:
  - **Debugger.** Permite testear el programa en cada paso de su ejecución.
  - **Compilador.** Traduce el código fuente a lenguaje de máquina, obteniendo así un programa ejecutable.
- **Código de ejemplo y otra documentación.** Como punto de partida para empezar a desarrollar aplicaciones.<sup>24</sup>

## 2.13 JDK

JDK (Java Development Kit) es el kit de desarrollo oficial para el lenguaje de programación Java. Java Development Kit contiene el software y las herramientas necesarias para compilar, depurar y ejecutar aplicaciones y aplicaciones escritas utilizando el lenguaje de programación Java.

---

<sup>24</sup> “¿Qué es un kit de desarrollo de software (SDK)?” [En línea] [Citado el 22 de Noviembre de 2017] Disponible en la web: <http://www.4rsoluciones.com/blog/que-es-un-kit-de-desarrollo-de-software-sdk-2/>.

JDK tiene una colección de herramientas de programación, incluyendo javac, jar y el archiver, que empaqueta bibliotecas de clases relacionadas en un único archivo JAR. Consta de una serie de aplicaciones y componentes, para realizar cada una de las tareas de las que es capaz de encargarse.<sup>25</sup>

---

<sup>25</sup>“JDK” [En línea] [Citado el 22 de Noviembre de 2017] Disponible en la web <https://www.ecured.cu/JDK>

### 3 DESCRIPCION DEL SISTEMA

El sistema monitoreo contra incendios por IOT es conformado por elementos que cumplen la función de permitirle a un usuario tener acceso en tiempo real a la visualización de las variables de temperatura y gas que, estas mismas se presentan a través de una aplicación móvil diseñada especialmente para la rectificadora.

Entre los principales elementos que se encuentran en el sistema están los sensores (de temperatura y gas), la Raspberry pi 3, un modem y un teléfono móvil Android. Los sensores se encuentran distribuidos a través de la rectificadora de tal forma que cubra la áreas de mayor uso para la misma; se ubicaron un total de 10 sensores (5 de gas y 5 de temperatura) y para la ubicación de los mismos se diseñaron 5 cajas especiales, cada una con un par de sensores en su interior, las cuales se ubicaron a través de la rectificadora, en el techo de la misma.

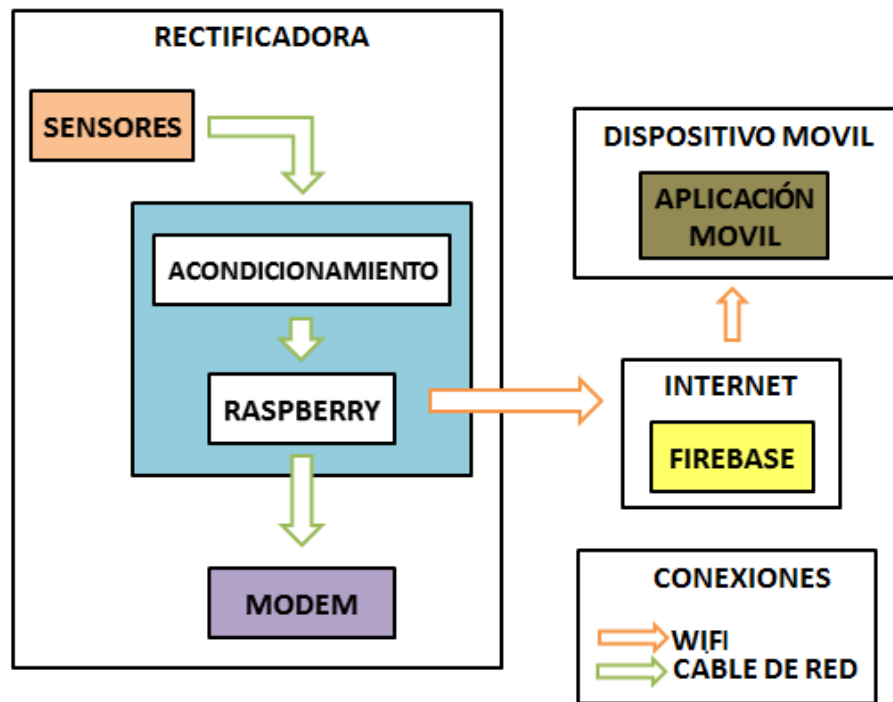
Para el sensor de gas fue necesaria la implementación de un conversor lógico de nivel de 5V a 3.3V (para el correcto acoplamiento con la Raspberry pi, la cual funciona a 3.3V) y un conversor Análogo – Digital (ADC), éste último para obtener una medición con valores reales y así garantizar mayor confiabilidad y exactitud en los datos.

La Raspberry se ubica junto con la lógica correspondiente al circuito, en una caja diseñada y elaborada especialmente para el proyecto, la Raspberry cumple la función más importante en el sistema, ya que se encarga del procesamiento de los datos provenientes de los sensores y el envío de los mismos a la plataforma web llamada Firebase, allí se almacenan de forma segura y confiable los datos en tiempo real.

Para el monitorio en tiempo real se diseñó una aplicación móvil basada en Android, la aplicación móvil fue diseñada de tal manera que fuera de fácil manejo, en ella se tienen cinco sectores de alto riesgo incendiario, en cada uno se visualizan en tiempo real las variables numéricas y también, para un fácil entendimiento, se le añadió un estado a dichas variables.

También cuenta con la opción de alerta en caso de que alguna de las variables se encuentre fuera de los rangos normales de operación y pueda significar un riesgo para los trabajadores de la rectificadora.

Figura 4. Diagrama del sistema de monitoreo.



Fuente: Autores.

Figura 5. Diagrama de servicios que presta el sistema de monitoreo contra incendios por IOT.

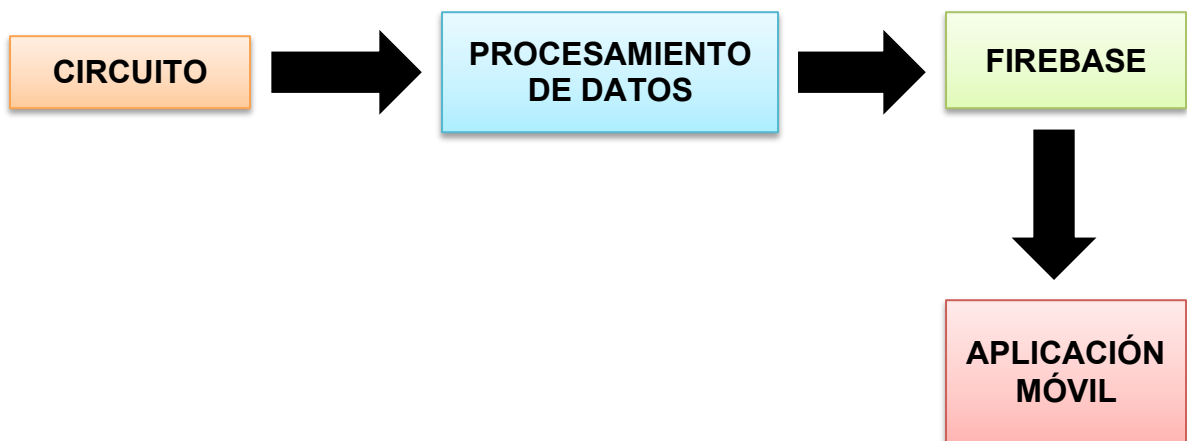


Fuente: Autores.

## 4 DESARROLLO DEL PROYECTO

El desarrollo del sistema de monitoreo contra incendios de la rectificadora, se divide en cuatro etapas principales: La primera etapa abarca todo lo relacionado con la lógica electrónica, la cual está compuesta por los sensores, circuitos integrados, conversores de voltaje, cableado y conectores; la segunda etapa es la más importante y corresponde al procesamiento de datos, está compuesta por la Raspberry Pi 3, en la tercera etapa se trabaja la plataforma de desarrollo móviles y web (Firebase) y la cuarta es la aplicación móvil (Rectisensor) desarrollada de forma exclusiva para el proyecto.

Figura 6. Etapas del desarrollo del sistema.



Fuente: Autores.

### 4.1 CIRCUITO

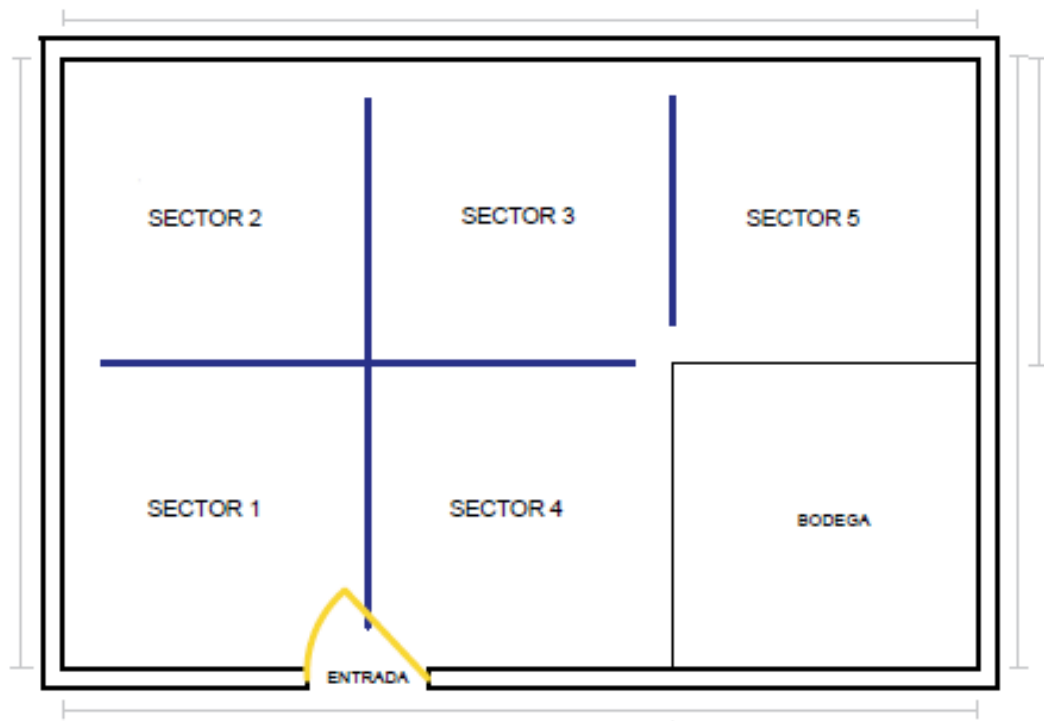
La lógica electrónica implementada en el proyecto es la encargada de adquirir los datos, procesar las variables sensadas, convertir las señales al nivel lógico de voltaje requerido y además enviar todos los datos adquiridos para su debido procesamiento. El diseño y la elaboración del circuito se realizan tomando en cuenta los requerimientos del sistema en su totalidad, para garantizar efectividad y orden.

**4.1.1 Adquisición de datos.** Es el proceso inicial del sistema en que los sensores toman las muestras de las variables correspondientes, esto de acuerdo a la ubicación de los mismos dentro de la rectificadora. Seguido de esto, los sensores a través de su lógica, generan y envían los datos a la Raspberry Pi para su procesamiento de forma óptima.

**4.1.2 Sensado de variables.** Para realizar un efectivo sistema de monitoreo contra incendios, según las características y necesidades de la Rectificadora, se desarrolla el sensado de las variables de Temperatura, Humo y Monóxido de carbono, las cuales son las principales variables que se podrían presentar en caso de una eventualidad incendiaria en la Rectificadora.

Para obtener fiabilidad y eficiencia en el sistema se divide el área de la rectificadora en 5 sectores aproximadamente para cubrir las áreas de mayor uso y según las necesidades que plantean los operarios de la misma, en donde cada sector cuenta con un par de sensores (temperatura y gas).

Figura 7. Sectorización de la Rectificadora.



Fuente: Autores.

### 4.1.3 Sensores.

**4.1.3.1 Temperatura y Humedad relativa.** Esta variable se mide por medio del sensor DHT22, el cual es un sensor digital que además de medir temperatura también mide la humedad en el ambiente. Este sensor es apropiado para los requerimientos que exige un espacio como el de la rectificadora (ambiente cerrado).

El encapsulado de este sensor consta de tres pines, (VCC) alimentación 3.3V ~ 5.5V, (GND) tierra y un pin de datos digital (Do).

Figura 8. Arquitectura del sensor DHT22.



Fuente: [www.servotronik.com.co](http://www.servotronik.com.co) y Autores.

Se elige esta referencia debido a que posee mejores características y beneficios en comparación con las otras de su tipo, como lo son una mayor velocidad de transmisión, un menor porcentaje de error y un sencillo acoplamiento con la Raspberry Pi gracias a que los datos los maneja de forma digital.

El DHT22 está compuesto por un microcontrolador el cual se encarga de realizar el tratamiento de la señal, un sensor capacitivo y un termistor para medir la humedad y la temperatura respectivamente, es importante recalcar que cada uno viene calibrado de fabrica, por lo que no se hace necesario tener una etapa de calibración ni tampoco circuitos adicionales para el acondicionamiento de los datos, lo único adicional que se utiliza es una resistencia de Pull-Up para que garantizar una transmisión constante.



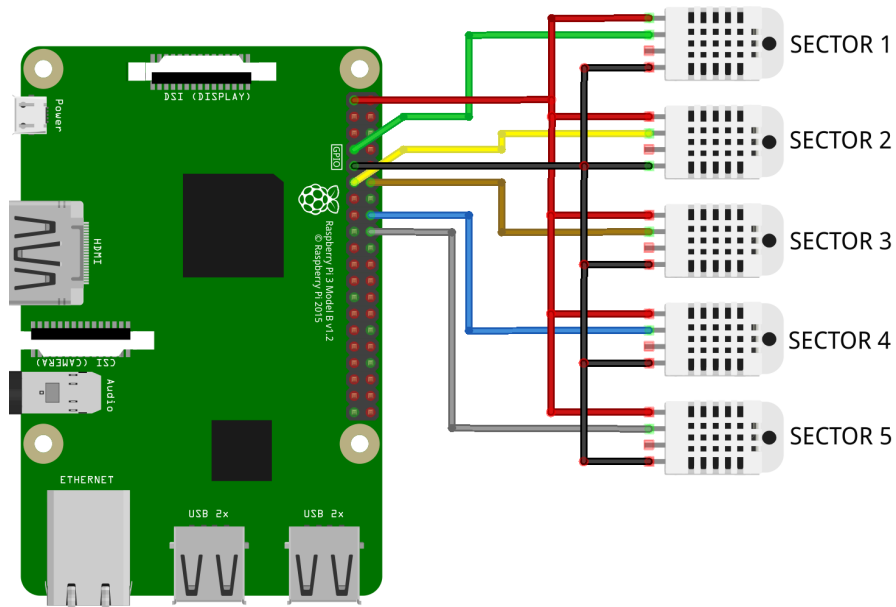
La resistencia de Pull – Up tiene como función trabajar en las entradas lógicas del sistema para que se mantengan los niveles correctos de voltaje. Para el cálculo de esta se debe tener en cuenta la distancia presente entre el sensor y el dispositivo que procesará la señal. La recomendación del fabricante es utilizar una resistencia de  $4.7K\Omega$  para una longitud de hasta 20 metros en cables como el UTP, sin embargo, si se tratan de longitudes mayores la resistencia pull-up deberá ser proporcional. Debido a en ningún trayecto se presenta una distancia superior a los 20 metros se utilizó la resistencia de  $4.7K\Omega$ .

Las características detalladas del sensor DHT22 se presentan a continuación:

- Potencia ultra baja.
- Calibración totalmente automatizada.
- Sensor de humedad capacitivo.
- Salida: Estándar digital single-bus.
- Voltaje de funcionamiento: 3.3 V ~ 5.5 V.
- Corriente en medición: 500  $\mu$ A típicamente.
- Alta precisión:  $\pm 0.5$  °C típicamente para la temperatura y  $\pm 2$  %RH para humedad.
- Resolución: Temperatura: 0.1 °C típicamente; Humedad: 0.1 %RH
- Rangos de operación: Temperatura: - 40°C ~ 80°C; Humedad: 0 ~ 99.9 %RH.

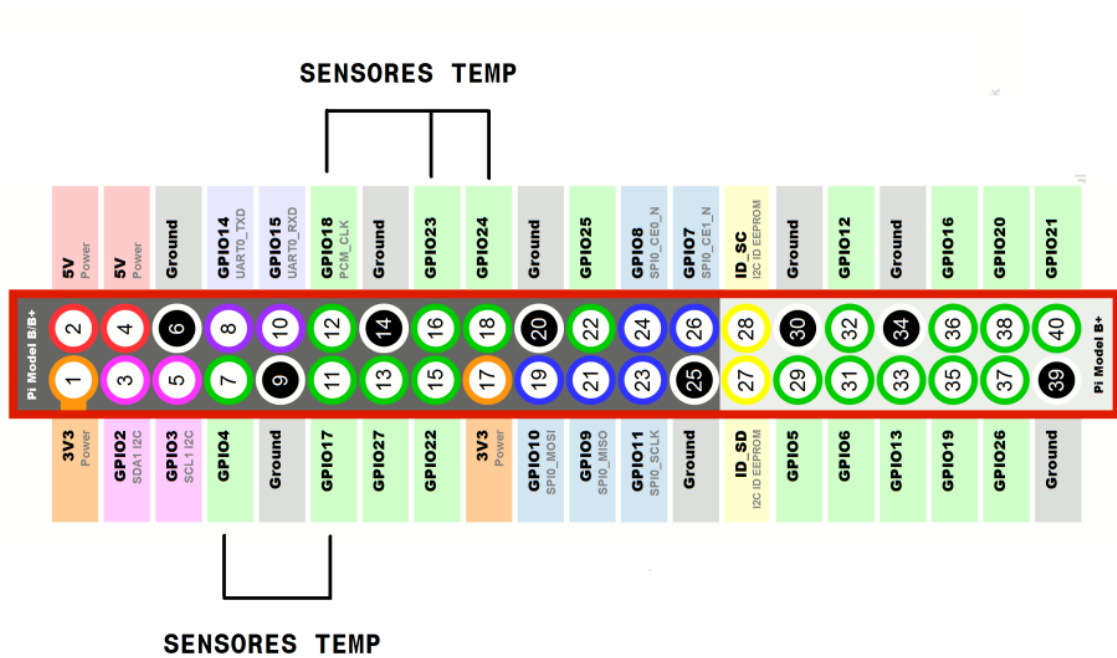
Debido a que este sensor posee una salida digital y el voltaje que maneja es de 3.3V, su acoplamiento con la Raspberry Pi 3 es más sencillo, para la conexión de los (5) sensores de temperatura se deben conectar la alimentación de 3.3V (VSS) y tierra (GND) a las entradas correspondientes de la Raspberry y la salida de datos de cada sensor a cinco (5) puertos GPIO de la misma, los cuales son: GPIO 4, GPIO 17, GPIO 18, GPIO 22 y GPIO 23.

Figura 9. Conexiones de sensor de temperatura.



Fuente: Autores.

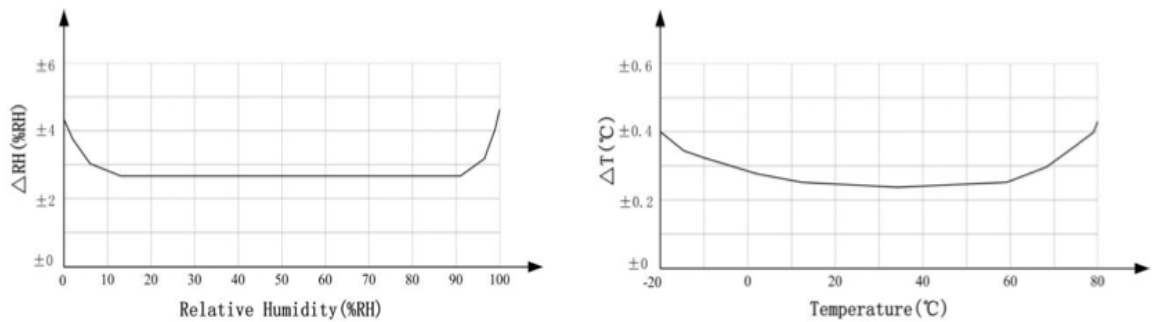
Figura 10. Puertos GPIO de Raspberry Pi 3 usados para la conexión de datos.



Fuente: [www.raspberrypi-spy.co.uk/2014/07/raspberry-pi-b-gpio-header-details-and-pinout/](http://www.raspberrypi-spy.co.uk/2014/07/raspberry-pi-b-gpio-header-details-and-pinout/)

A continuación se muestran las curvas de error relativo correspondientes a las variables Temperatura y Humedad del sensor DHT22:

Figura 11. Curvas de error relativo para las variables de Humedad Relativa (%RH) y Temperatura (°C).

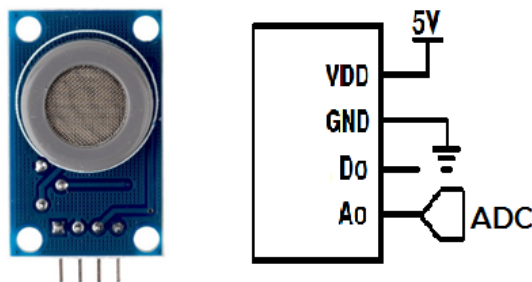


Fuente: Datasheet AM2302 – DHT22.

**4.1.3.2 Humo y Monóxido de Carbono (CO).** En la actualidad se pueden encontrar una gran variedad de sensores de calidad de aire en el mercado, sin embargo, en la rectificadora se trabaja con materiales combustibles, es por esto que se buscó el sensor que pudiese detectar Humo y CO en este tipo de materiales, el sensor ideal para esto es el sensor MQ-9.

El encapsulado de este sensor consta de cuatro pines que son: Alimentación de 5V (VCC) , tierra (GND) y dos pines de datos, uno análogo (Ao) y otro digital (Do); para el proyecto se trabaja con la salida análoga del sensor, debido a que se busca obtener de la medición un valor exacto y preciso, lo cual lo proporciona únicamente la salida de tipo analógica.

Figura 12. Arquitectura de sensor de gas.



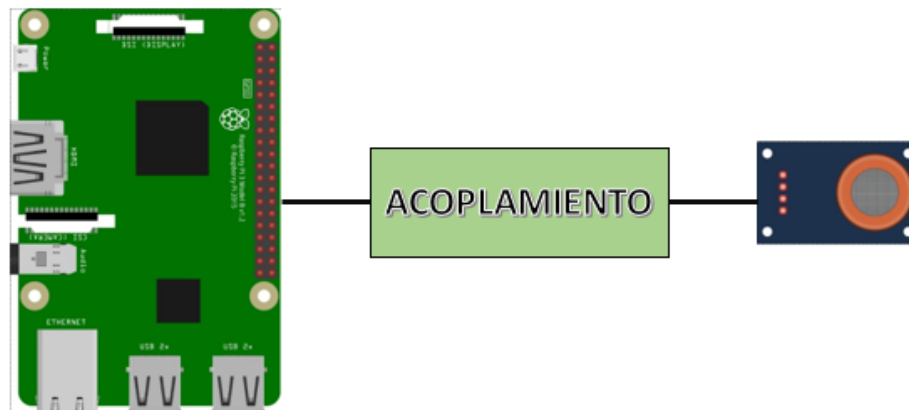
Fuente: [www.didacticaselectronicas.com](http://www.didacticaselectronicas.com) y Autores.

Las principales características del sensor MQ9 son:

- Voltaje de funcionamiento: 5V.
- Salida digital [DO] (TTL).
- Salida Analógica [AO].
- Detección de CO: 10 a 10000ppm.
- Detección de gas: 100 a 10000ppm.

La conexión de este sensor consta de alimentar cada uno de los cinco sensores a 5 voltios como su arquitectura lo exige y de la misma manera su conexión a tierra, para la adquisición de datos se utiliza el pin análogo, es necesario realizar un acople de los datos para poder realizar la conexión utilizando un convertor análogo digital y un convertor de nivel lógico.

Figura 13. Diagrama de bloques del sistema con el sensor de gas.



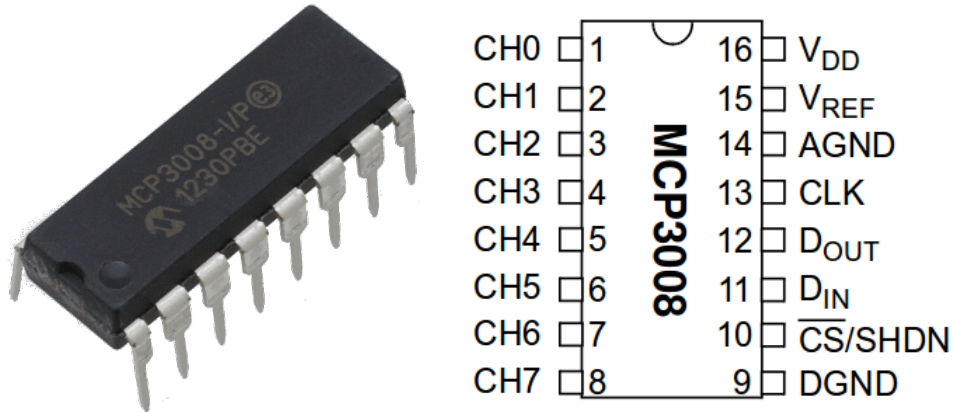
Fuente: Autores.

**4.1.4 Conversor A/D.** Resulta útil para este proyecto al disponer de 8 canales de entrada analógica, ya que de esta manera pueden conectarse 8 sensores analógicos usando únicamente los pines SPI de la tarjeta Raspberry Pi 3 y por ende recibir las señales con los datos digitales.

El MCP3008 es un convertidor de señales analógicas a digitales que combina un alto rendimiento y un bajo consumo. El diseño de MCP3008 lo hace ideal para aplicaciones de sistemas de control embebidos, esto se da ya que la arquitectura de registros de aproximaciones sucesivas (SAR) y la interfaz estándar SPI, le

permiten al ADC de 10-bits la capacidad de ser utilizado con cualquier microcontrolador.

Figura 14. Arquitectura conversor MCP3008.



Fuente: [www.tdrobotica.co](http://www.tdrobotica.co) y [www.hertaville.com](http://www.hertaville.com).

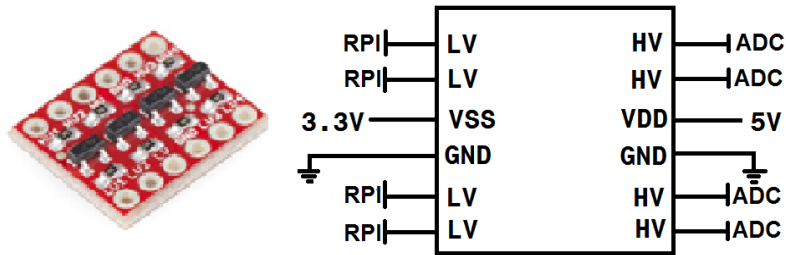
Las principales características del A/D MCP3008 son:

- Voltaje de operación: 2.7V – 5V.
- Número de canales: 8.
- Resolución de 10 bits.
- Bajo consumo de energía CMOS.
- Consumo máximo de corriente: 500  $\mu$ A.
- Rango de temperatura de trabajo: -40°C a +85°C.

La razón por la cual es necesario el uso de este dispositivo en el proyecto se debe a la carencia que tiene el dispositivo Raspberry Pi de entradas analógicas. Para ello se precisa de un conversor analógico - digital para poder conectar de forma satisfactoria los (5) sensores MQ9.

**4.1.5 Conversor de nivel lógico bidireccional.** Este compacto conversor permite convertir niveles de 3.3V a 5V o a la inversa, lo que permite adaptar las diferentes señales SPI, I2C o cualquier tipo de señal digital. El encapsulado posee 4 canales, dos pines de tierra (GND), un pin de alimentación en alto (VDD) y un pin de alimentación en bajo (VSS) y adicionalmente los 8 pines encargados de la conversión de los niveles de voltaje.

Figura 15. Arquitectura del conversor de nivel lógico.



Fuente: [www.didacticaselectronicas.com](http://www.didacticaselectronicas.com) y Autores.

Este convertidor de nivel lógico tiene como ventaja principal el hecho de ser bidireccional, es decir que se puede definir cuál va a ser el nivel de voltaje inicial y final a convertir, esto se hace por medio de los pines definidos como HV (Voltaje alto) y LV (Voltaje bajo).

Para conseguir el funcionamiento adecuado con el sistema, el convertidor de nivel es alimentado con las dos fuentes de voltaje generadas por la Raspberry pi 3, Voltaje alto (5V) para el pin (VDD), voltaje bajo (3,3V) para (VSS), y la señal de tierra del sistema para los dos pines (GND).

Este conversor de niveles lógicos se utiliza con el fin de adecuar los voltajes que provienen de los sensores, pasan con el conversor Análogo Digital y se dirigen a la Raspberry, ya que los puertos GPIO de la Raspberry Pi 3 solo recibe voltajes de máximo 3.3V de lo contrario se puede presentar algún tipo de daño en el dispositivo. Este dispositivo se ubica entre en MCP3008 y la Raspberry PI3.

**4.1.5.1 Conexión MCP3008 con conversor de nivel lógico.** Para realizar una exitosa conexión exitosa de estos dos dispositivos basta con conectar cada uno de los cuatro pines del MCP 3008 que corresponden de la conexión SPI con la Raspberry que son: CLK → HV4 , Dout → HV1, Din → HV2 y CS/SHDN → HV3 y las entradas en alto (HV) del conversor de nivel lógico.

**4.1.5.2 Conexión Conversor de nivel lógico con Raspberry Pi.** La unión de estos dispositivos se realiza conectando cada una de las cuatro salidas en bajo (LV) del conversor de nivel lógico con los puertos SPI de las Raspberry Pi, de la siguiente manera: LV4 → Raspberry Pi SCLK, LV1 → Raspberry Pi MISO, LV2 → Raspberry Pi MOSI y LV3 → Raspberry Pi CE0\_0.

**4.1.5.3 Conexión MCP3008 con Raspberry Pi (protocolo SPI).** El MCP3008 se conecta a la Raspberry Pi mediante una conexión serial SPI sin olvidar el conversor de nivel lógico para adecuar los voltajes que llegan a la Raspberry, este dispositivo funciona en paralelo. Para poder hacer uso de este integrado con la Raspberry Pi se debe realizar la alimentación necesaria del mismo, seguido de esto la respectiva habilitación de cada uno de los puertos SPI de la misma, los cuales son: SPI\_MISO, SPI\_MOSI, SPI\_CLK Y SPI\_CEO\_N.

La habilitación de los diferentes puertos GPIO de la Raspberry Pi se realizan mediante diferentes líneas de código que se ejecutan por medio de PYTHON, dichas líneas de código son fundamentales para el correcto funcionamiento de esos puertos.

**4.1.5.4 Conexión entre sensor MQ9, conversor de nivel lógico y MCP3008.** Luego de seguir los procedimientos indicados anteriormente para la conexión entre estos dispositivos, se obtiene el circuito completo para el correcto funcionamiento y toma de datos por parte de la Raspberry Pi del sensor de Humo y CO (MQ9).



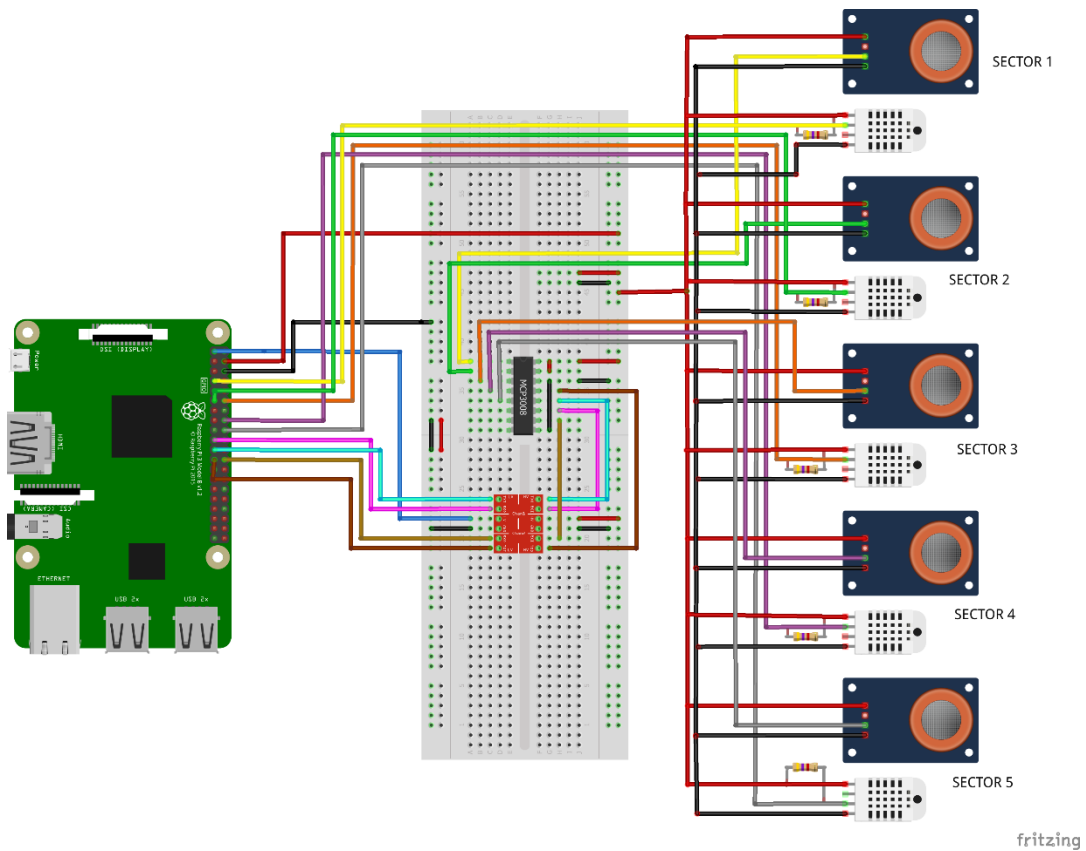


**4.2.1 Raspberry Pi 3.** La Raspberry pi 3 es el dispositivo encargado fundamentalmente de realizar la adquisición y procesamiento de los datos que recibe de cada uno de los (10) sensores que componen el sistema, dicha adquisición de datos se realiza mediante la asignación y uso de los diferentes puertos GPIO con los que cuenta la misma.

Cada uno de los puertos GPIO utilizados cumplen con la función de ser la interfaz entre la Raspberry pi y los sensores. La Raspberry pi 3 está compuesta por 40 pines GPIO, los cuales están clasificados de cuatro maneras diferentes: alimentación, DNC (Do not connect), GPIO normales y GPIO especiales.

Como se menciona en el desarrollo del proyecto, el sistema utiliza las cuatro clasificaciones diferentes de los puertos GPIO, donde se le da el siguiente uso: GPIO de alimentación para (5V) y (3.3V), GPIO DNC como tierra (GND), GPIO normales como GPIO 4, GPIO 17, GPIO 18, GPIO 23 y GPIO 24 para la conexión directa con cada uno de los 5 sensores de temperatura que componen el mismo; y por último los GPIO especiales como SPIO\_MOSI, SPIO\_MISO, SPIO\_SCLK y SPIO\_CE0\_0 que tiene como finalidad la conexión con los 5 sensores de Humo y CO MQ-9, teniendo en cuenta que dicha conexión no es directa debido a que se necesita un conversor de nivel y un conversor análogo digital (MCP3008), esto como un acople necesario para entregar la señal adecuada y así la Raspberry Pi pueda leer y procesar correctamente los datos.

Figura 17. Conexión del sistema completo.



Fuente: Autores.

**4.2.2 Python.** Es el lenguaje de programación que utiliza Raspberry pi 3 para ejecutar y compilar una instrucción en tiempo real. El uso de python en el proyecto es de suma importancia ya que éste es quien hace la tarea más ardua de todo el sistema, se encarga del manejo, el procesamiento y visualización de los datos provenientes de los sensores.

El código de programación desarrollado en Python para la implementación del sistema de monitoreo tiene el nombre de 51sensor.py, éste código cumple con la función de poner en marcha todo el sistema. El mismo está constituido por cuatro partes esenciales que son:

- Primero: Librerías, módulos y archivos base.
- Segundo: Lectura y procesamiento de los datos.
- Tercero: Envío de correo de alerta.
- Cuarto: Envío de los datos a la plataforma de desarrollo de aplicaciones móviles (Firebase).

**4.2.2.1 Librerías, módulos y archivos base.** Para el desarrollo del sistema se utilizaron diferentes librerías y módulos fundamentales para garantizar el correcto funcionamiento del sistema, estas librerías y módulos son herramientas desarrolladas por Raspberry pi para hacer más fácil el desarrollo de un código específico. También se tomaron algunos archivos bases que son llamados en el código principal, la utilización de todos estos lleva como finalidad el funcionamiento correcto del sistema contra incendios.

**4.2.2.2 Lectura y procesamiento de datos.** Para poder identificar en que parte de la rectificadora se encuentra una anomalía, se decide sectorizar la misma en cinco partes. En esta tarea de lectura y procesamiento de datos, cada uno de los sectores es dividido en dos ya que el sistema consta de sensores de temperatura y sensores de Humo y CO, cada uno llamado y procesado de una manera diferente.

Para el sensor de temperatura se utiliza una línea de código la cual lee de forma directa determinado puerto GPIO de la Raspberry e imprime el valor del dato que el sensor de temperatura envía en determinado momento.

En el sensor de Humo y CO es un poco más complejo ya que es necesario importar diferentes archivos para cada uno de los 5 sensores del mismo, dichos archivos tienen como objetivo mostrar el valor de Humo y CO de manera exacta, es decir en partes por millón que es la medida que aplica para estas variables.

**4.2.2.3 Envío de correo de alerta.** Una de las manera que se tienen para alertar a los usuarios autorizados de cualquier eventualidad incendiaria es mediante un correo electrónico. Dicho correo electrónico es enviado desde *rectisensormail.com*, el cual es un correo creado para uso exclusivo del sistema de monitoreo. Este correo de alerta se desarrolla mediante algunas líneas de código y herramientas ya desarrolladas para correos o usuarios de GMAIL.

El correo que se envía contiene como asunto: ALERTA SECTOR (Número del sector en el que se encuentra la anomalía). Y como contenido: ALERTA DE (Variable) EN (Sector).

Figura 18. Correo electrónico de alerta.



Fuente: Correo Autores.

Este correo electrónico de alerta se agrega al sistema de monitoreo con el fin de tener otra posibilidad de alertar sobre una eventualidad a los usuarios o personas interesadas en el estado de la rectificadora, o en caso de no poder tener acceso de la aplicación móvil por algún motivo.

**4.2.2.4 Envío de los datos a la plataforma.** En el código, una vez se leen y procesan los datos que provienen de los sensores, se encuentran al final de cada sección de código correspondiente a cada sector 6 líneas de código fundamentales, las cuales son las encargadas del proceso del envío a la plataforma de desarrollo de aplicaciones móviles FIREBASE toda la información que se encuentra en las diferentes variables que fueron establecidas como: Temperatura, estado de temperatura, CO, estado de CO, Humo y estado de humo.

### **4.3 PLATAFORMA PARA DESARROLLO DE APLICACIONES MOVILES (FIREBASE)**

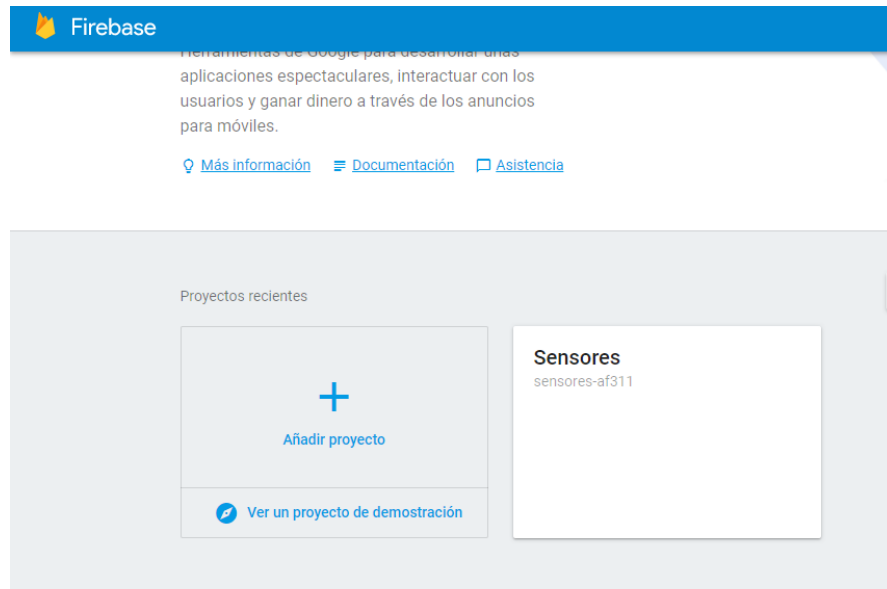
Firestore se escoge como la plataforma para el desarrollo del proyecto ya que brinda las herramientas necesarias para cumplir con el propósito del sistema, como son las facilidades y herramientas a la hora de diseñar aplicaciones móviles, el manejo de una base de datos en tiempo real, la seguridad que brinda a la información que llega a la plataforma, las facilidades que posee para el acoplamiento con python y además su uso no tiene ningún costo.

Para el desarrollo del proyecto son fundamentales dos herramientas brindadas por Firestore, las cuales son las bases de datos en tiempo real y la autenticación. La base de datos en tiempo real es el principal motivo por el cual se escoge esta plataforma, ya que su uso y aplicación es mucho más sencilla y versátil que diferentes servidores que se evaluaron en los inicios del proyecto. En cuanto a la autenticación, la misma plataforma brinda un servicio de seguridad a toda la información que es enviada a ella, para el uso de esta se le asignan usuarios y claves específicas a diferentes personas que están vinculadas a la rectificadora, todo esto para que la información no pueda ser adquirida por personas ajenas a la Rectificadora y a la operación de la misma.

**4.3.1 Crear proyecto en Firestore.** Para desarrollar un proyecto con Google Firestore lo único que es necesario es disponer de una cuenta de correo electrónico Gmail. Firestore da a los desarrolladores de aplicaciones una plataforma que almacena y sincroniza la información alojada en una base de datos NoSQL en la nube. Esos datos siempre se sincronizan en tiempo real y siguen estando disponibles aún si la aplicación pierde la conexión a internet.

Una vez creada una cuenta gratuita en la consola de Firestore, cada nueva app en la consola se identificará con una URL única que servirá tanto para almacenar y sincronizar los datos en la base de datos como autenticar los usuarios. Dentro de esa consola, se pueden dar de alta nuevas aplicaciones, pero también administrarlas o borrarlas. El nombre del proyecto dentro de la consola es Sensores:

Figura 19. Proyecto sensores-af311 en Firebase.



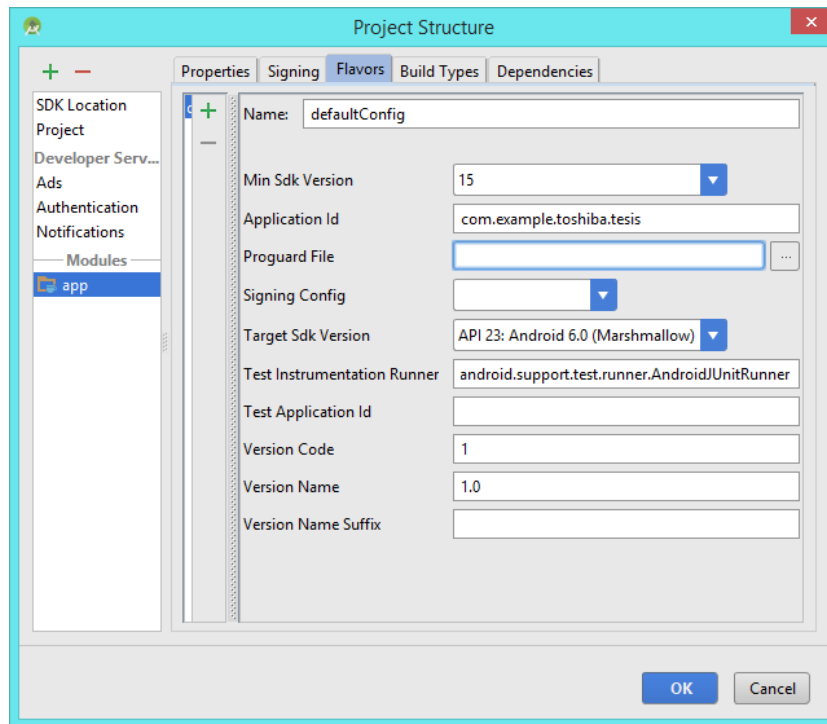
Fuente: Firebase.

**4.3.2 Implementación de Firebase con Android Studio.** Una vez obtenidos los datos en la plataforma web, es necesario realizar la conexión de la misma con la aplicación para el desarrollo de aplicaciones móviles (Android Studio) para la visualización de los datos y la ejecución del monitoreo.

Para iniciar la conexión entre Firebase y Android Studio se crea un proyecto en blanco en Android Studio, se le asigna el nombre de RECTISENSOR. Una vez se crea el proyecto en Android Studio se dirige a la siguiente dirección File>Project Structure>app>Flavors>ApplicationId, donde se debe identificar el paquete Application Id como se muestra en la figura 20.

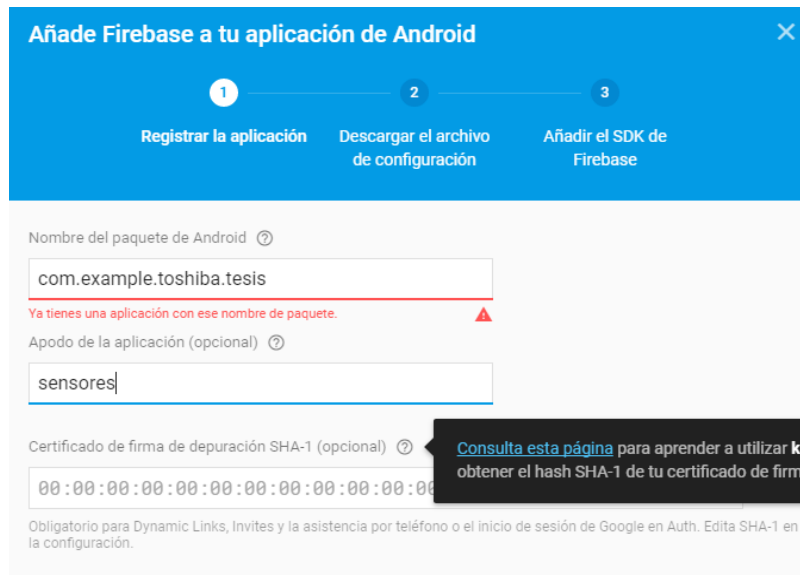
Una vez se identifica el paquete, se ubica en Firebase y se dirige al proyecto creado, se pulsa en añadir aplicación de Firebase a la aplicación de Android y se copia el nombre del paquete de aplicación ID, posterior a ello se pega en nombre del paquete Android, por último se le asigna un apodo a la aplicación y se dirige a consulta esta página como lo indica la figura 21.

Figura 20. Paquete creado en Android Studio.



Fuente: Android Studio.

Figura 21. Asignación del paquete en Firebase y consulta de página.



Fuente: Firebase.

El paso a seguir es dar click en consulta esta página, una vez hecho esto se abre una nueva pestaña de Firebase con el Keytool para Windows, este Keytool se debe copiar y pegar en el terminal de Android Studio.

Figura 22. Keytool para Windows.

Authenticating Your Client ☆☆☆☆☆

Certain Google Play services (such as Google Sign-in and App Invites) require you to provide the SHA-1 of your signing certificate so we can create an OAuth2 client and API key for your app. To get your SHA-1, follow these instructions:

Open a terminal and run the `keytool` utility provided with Java to get the SHA-1 fingerprint of the certificate. You should get both the release and debug certificate fingerprints.

To get the release certificate fingerprint:

```
keytool -exportcert -list -v \  
-alias <your-key-name> -keystore <path-to-production-keystore>
```

To get the debug certificate fingerprint:

MAC/LINUX    **WINDOWS**

```
keytool -exportcert -list -v \  
-alias androiddebugkey -keystore %USERPROFILE%\android\debug.keystore
```

The `keytool` utility prompts you to enter a password for the keystore. The default password for the debug keystore is `android`. The `keytool` then prints the fingerprint to the terminal. For example:

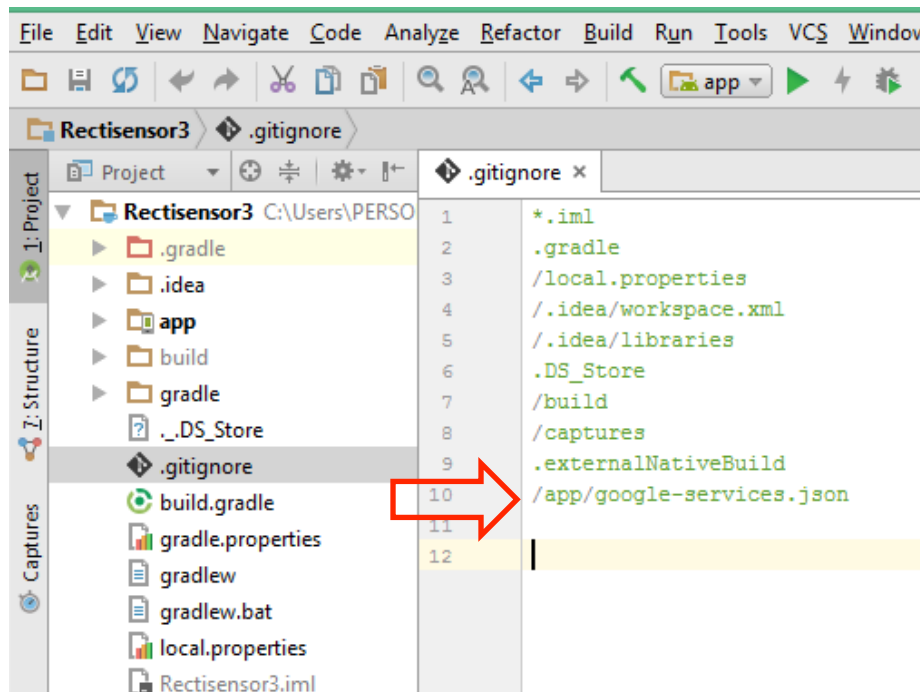
Fuente: Firebase.

Luego de un proceso que realiza el terminal de Android Studio, se debe copiar el código SHA y posteriormente pegarlo en el certificado de Firebase, al hacer esto se descargan un par de archivos los cuales se deben pegar en la carpeta “app” del proyecto, la cual se encuentra en el sistema dentro de la carpeta AndroidProjects. En Android Studio se dirige a la pestaña lateral Project y luego a la siguiente dirección: Project > nombre del archivo (Rectisensor) > gradle > gitignore y se agrega la siguiente una línea de código `/app/google-services.json`.

Una vez se agrega ese servicio se dirige a la biblioteca de información de Firebase y selecciona todas las dependencias que ofrece Google y son necesarias para la aplicación.

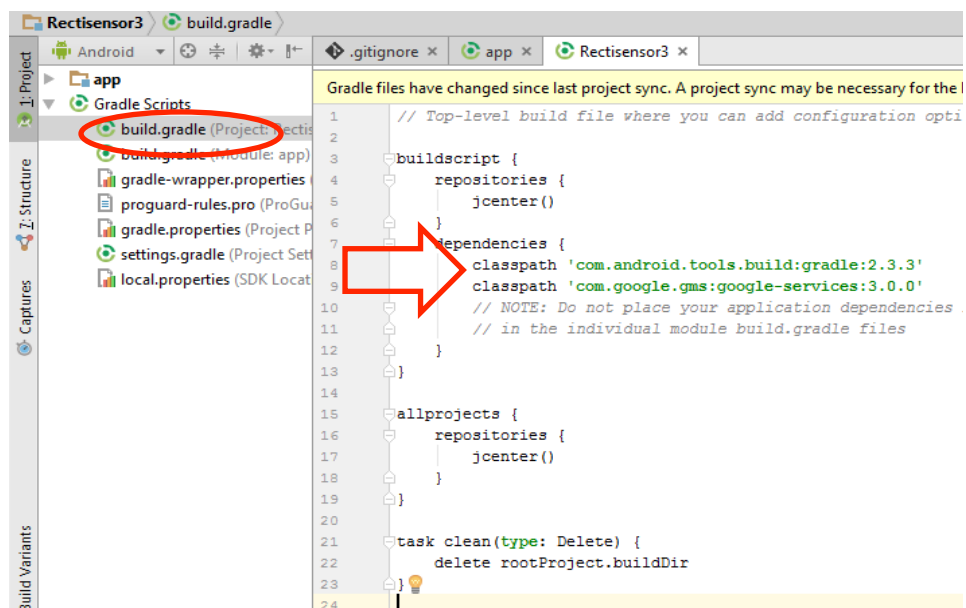


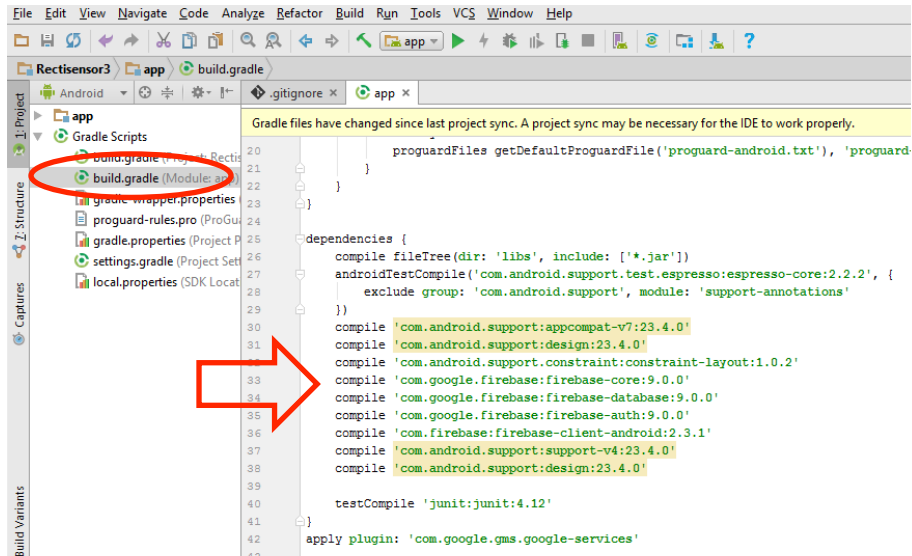
Figura 23. Línea de código en gitignore.



Fuente: Android Studio

Figura 24. Dependencias y servicios de Google usadas en el proyecto.





Fuente: Android Studio.

**4.3.3 Firebase Realtime Database.** Realtime Database es una base de datos NoSQL y, como tal, tiene diferentes optimizaciones y funcionalidades en comparación con una base de datos relacional.

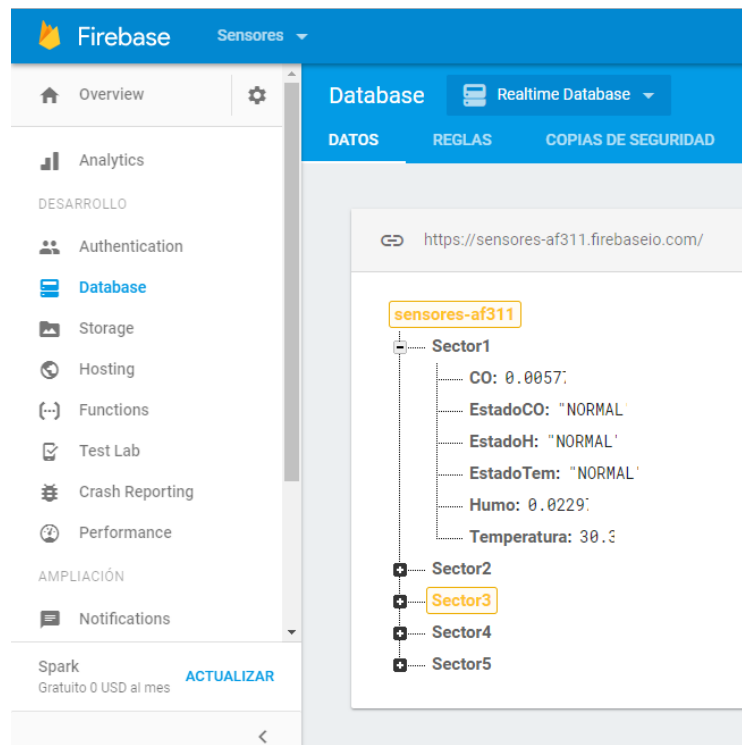
En esta base de datos, es en la cual se almacenan los datos en formato JSON y se sincronizan con cada uno de los clientes que se encuentran conectados en determinado momento. Cuando un equipo de desarrollo crea una aplicación con los SDKs de Android, iOS o JavaScript de Firebase, todos esos clientes comparten una misma instancia dentro de esa base de datos NoSQL y las peticiones que hacen los usuarios reciben siempre como respuesta los datos actualizados para su petición en tiempo real.

La API de Realtime Database está diseñada para permitir solo operaciones que se pueden ejecutar rápidamente. Esto permite crear una excelente experiencia en tiempo real que puede servir a millones de usuarios sin afectar la capacidad de respuesta. Debido a esto, es importante pensar acerca de cómo los usuarios deben acceder a tus datos y luego estructurarlos según corresponda.

Firebase Realtime Database permite compilar aplicaciones ricas y colaborativas, ya que permite el acceso seguro a la base de datos directamente desde el código del cliente. Los datos persisten de forma local. Además, incluso cuando no hay conexión, los eventos en tiempo real se siguen activando, lo que proporciona al usuario final una experiencia adaptable.

Para el proyecto se utilizaron cinco nodos, que corresponden a cada uno de los cinco sectores que componen el sistema de monitoreo. En cada nodo se encuentran las tres variables que son Temperatura, Humo y CO, además de su correspondiente estado.

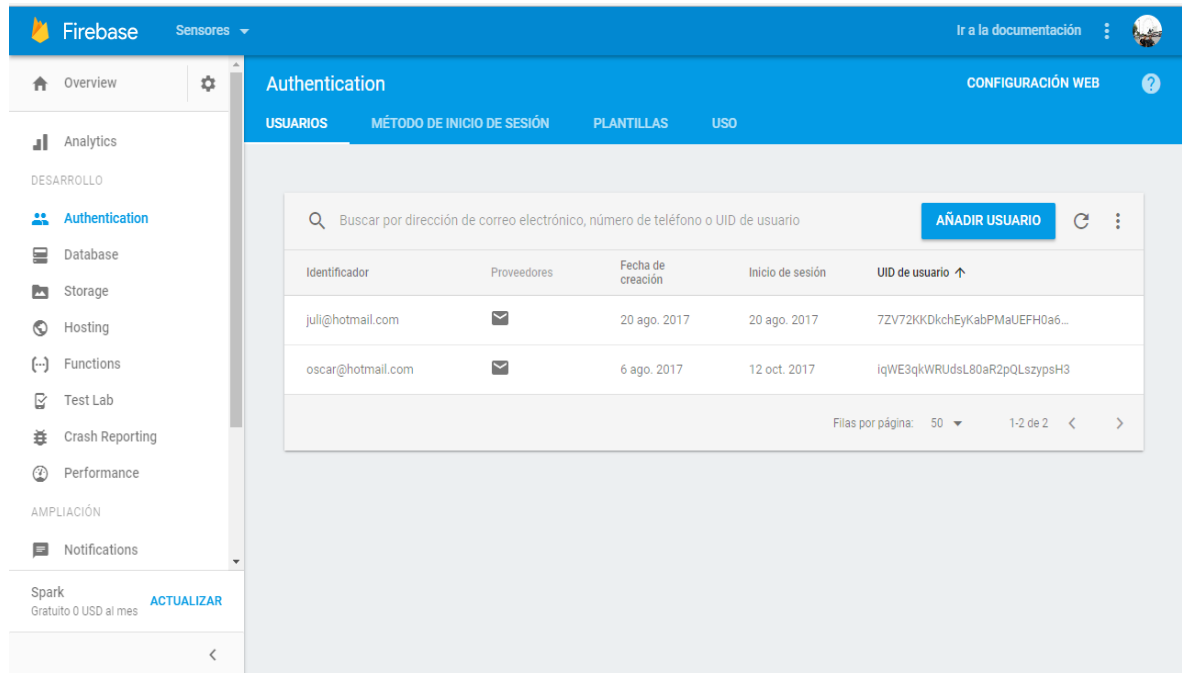
Figura 25. Base de datos en tiempo real del sistema.



Fuente: Firebase.

**4.3.4 Firebase Authentication.** Para que un usuario acceda a la app, primero debe obtener credenciales de autenticación del usuario. Estas credenciales pueden ser la dirección de correo electrónico y la contraseña del usuario, o un Token o llave de un proveedor de identidad asociada. Cuando el acceso se realiza satisfactoriamente, el cliente puede ver la información básica del perfil del usuario y controlar el acceso del usuario a los datos almacenados en otros productos de Firebase.

Figura 26. Asignación de usuarios de la aplicación móvil en Firebase.



Fuente: Firebase.

#### 4.4 MODELO VISTA CONTROLADOR (MVC)

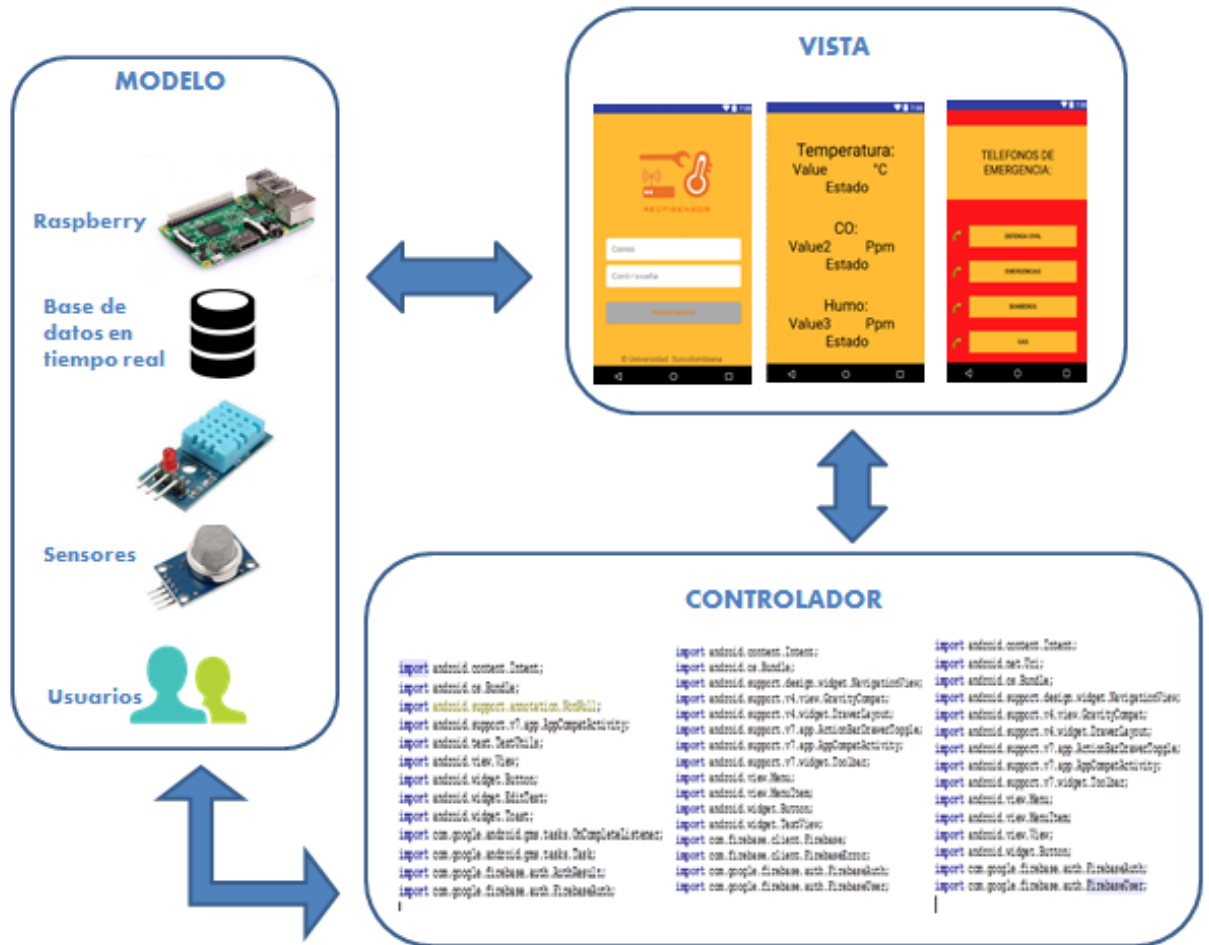
La estructura del modelo vista controlador divide el sistema en tres componentes los cuales están en constante interacción para un mismo fin.

El modelo es la representación de la información con la cual el sistema opera, en ella se encuentran los elementos que interactúan con el medio que son los sensores de temperatura y gas, seguido de esto los circuitos integrados, para llegar a la Raspberry pi y llevar la información recopilada a una base de datos en tiempo real en la plataforma Firebase.

La vista o el medio en el que se puede visualizar la información es una aplicación móvil llamada Rectisensor, la cual es muy sencilla pero completa según las necesidades de la rectificadora. En la aplicación se encuentran diferentes vistas como: inicio de sesión, servicios, menú, mapa, los respectivos sectores y un directorio de emergencia. Cada una de ellas con una interfaz agradable y amigable para la vista y de fácil manipulación para el usuario.

Por último el controlador que es la parte más importante de la aplicación, en ella se gestiona las peticiones de los usuarios. Se establecen las clases y métodos que corresponden a las diferentes actividades como es la autenticación, el llamado de la información que se encuentra en la base de datos, llamadas telefónicas, entre otros.

Figura 27. Modelo vista controlador de aplicación móvil Rectisensor.



Fuente: Autores.

#### 4.5 APLICACIÓN MÓVIL

El desarrollo de la aplicación móvil es necesario para tener un monitoreo total y confiable en cualquier momento en que sea requerido. La aplicación móvil permite

realizar el monitoreo de las tres variables en cada uno de los cinco sectores que componen la Rectificadora. Este aplicativo fue diseñado única y exclusivamente para la Rectificadora Álvaro Santofimio e Hijos, por tal motivo se ha elaborado una interfaz sencilla de manejar y amigable con el usuario, no dejando de lado la seguridad y practicidad.

Como paso inicial se escogió Rectisensor como el nombre más adecuado para la aplicación móvil, seguido a ello se ha elaborado un logo especial y único para la aplicación.

Figura 28. Logo de aplicación móvil RECTISENSOR.



Fuente: Autores.

#### 4.5.1 Vistas de la aplicación móvil:

Figura 29. Vista de inicio de sesión de la aplicación móvil RECTISENSOR.



Fuente: Rectisensor.

**4.5.1.1 Vista de inicio:** La primera vista que se presenta al descargar la aplicación móvil RECTISENSOR es un Inicio de sesión, al cual podrán acceder únicamente las personas que tengan usuario y contraseña autorizados y autenticados en la aplicación móvil.

Esta vista está conformada por dos barras en las cuales se debe ingresar el usuario y la contraseña respectivamente y un botón de iniciar sesión, en caso de tener alguna de las dos incorrectas no dará ingreso y aparecerá un letrero que dice problemas para acceder.

Figura 30. Diagrama de clases vista inicio de sesión.

```
+ InicioSesion extends AppCompatActivity
[-] fields -----
- editTextE... : EditT...
- editTextP... : EditT...
- buttonSig... : Butt...
~ mAuthListe... : AuthStateListe...
- mA... : FirebaseA...
----- constructors -----
[-] methods .....
# onCreate (savedInstanceSta... Bun... ):void
# onStart():void
- startSig... ():void
```

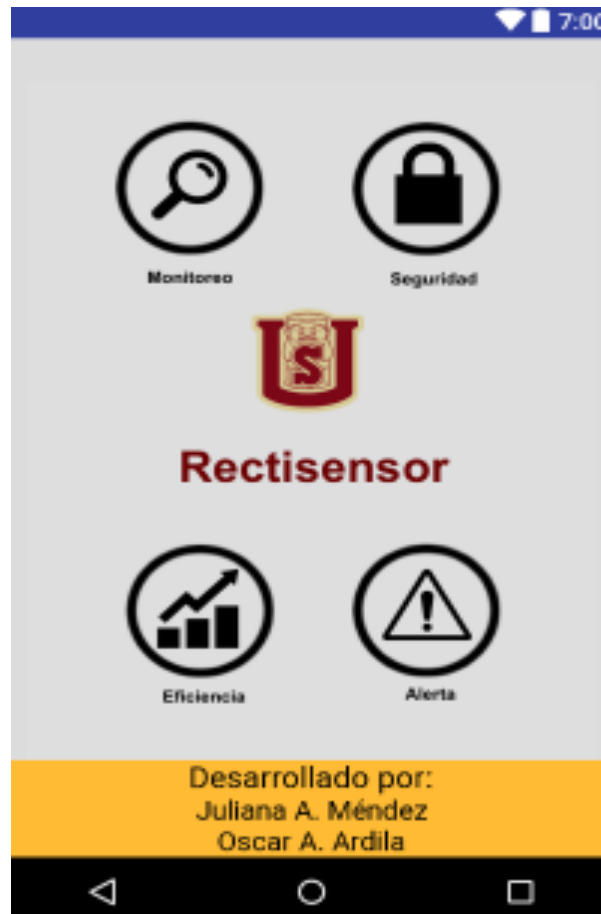
Fuente: Autores.

**4.5.1.2 Vista de introducción:** En esta vista de la aplicación móvil se encuentra una imagen en la cual se muestran los servicios que presta el sistema de monitoreo contra incendios como es seguridad, alerta, monitoreo, sensado, etc.

En la parte inferior de la vista se encuentra el nombre de los desarrolladores de la aplicación y el proyecto, además de que se incluye el logo de la Universidad Surcolombiana.



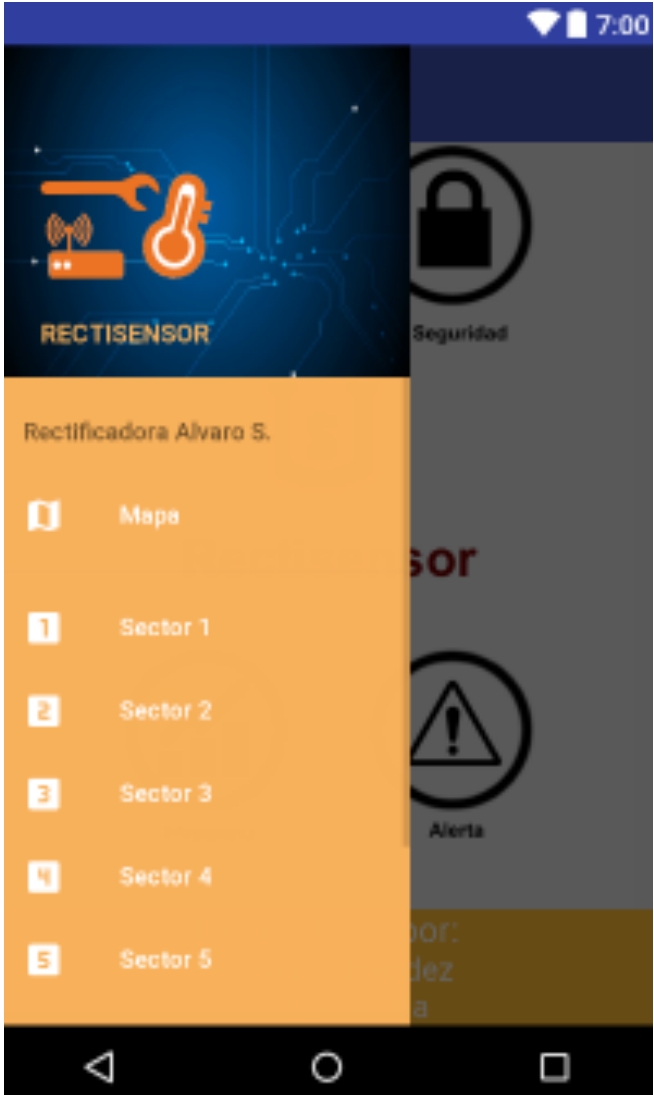
Figura 31. Vista de introducción de la aplicación móvil RECTISENSOR.



Fuente: Rectisensor.

**4.5.1.3 Vista del menú:** La siguiente vista que se encuentra en la aplicación móvil es un menú desplegable en el cual se encuentran seis opciones: Mapa de la rectificadora, sectores (5) y el directorio con llamadas de emergencias. la primera es la opción del mapa de la rectificadora y los otros cinco son los cinco sectores que componen el sistema.

Figura 32. Vista del menú desplegable de la aplicación móvil RECTISENSOR.



Fuente: Rectisensor.

Figura 33. Diagrama de clases vista de menú.

```
+ Lista extends AppCompatActivity
    implements NavigationView.OnNavigationItemSelectedListener

fields
- mA... : FirebaseA...
~ doubleBackPressed... : boole...

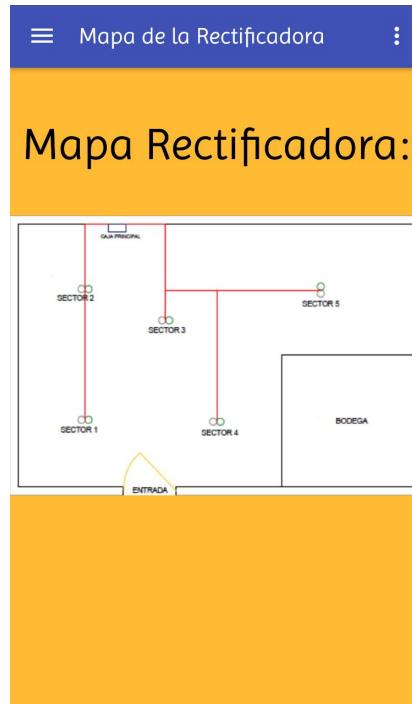
constructors

methods
# onCreate (savedInstanceState... Bundle... ): void
+ onStart(): void
- sendToSt...(): void
+ onBackPressed(): void
+ onCreateOptionsMenu (menuItem Menu): boole...
+ onOptionsItemSelected (menuItem MenuItem): boole...
+ onOptionsItemSelected (menuItem MenuItem): boole...
```

Fuente: Autor.

**4.5.1.4 Vista de mapa:** Se decide incluir en la aplicación móvil un mapa de la rectificadora, en el cual se puede visualizar la distribución y sectorización que se le dio al sistema, esto con el fin de ubicar, de forma fácil a cualquier persona de los que desee monitorear el estado de la rectificadora.

Figura 34. Vista de mapa de la rectificadora en la aplicación móvil.



Fuente: Rectisensor.

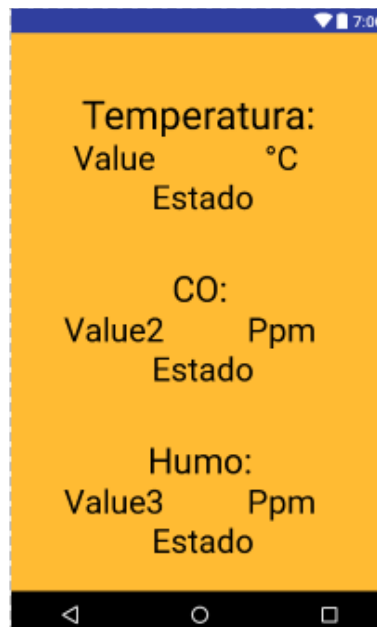
Figura 35. Diagrama de clases vista de mapa.

```
+ Lista extends AppCompatActivity
    implements NavigationView.OnNavigationItemSelectedListener
fields
- mA... : FirebaseA...
~ doubleBackPressed... : boole...
constructors
methods
# onCreate (savedInstanceState Bundle): void
+ onStart(): void
- sendToSt...(): void
+ onBackPressed(): void
+ onCreateOptionsM... (menuItem MenuItem): boole...
+ onOptionsItemSelected... (menuItem MenuItem): boole...
+ onNavigationItemSelectedListener... (menuItem MenuItem): boole...
```

Fuente: Autores.

**4.5.1.5 Vista de sectores:** Otra de las vistas que se encuentran en el menú es el estado de cada uno de los cinco sectores que integran el sistema de monitoreo, cada una de las vistas de los sectores está compuesta por las tres variables que se miden, Temperatura, Humo y CO; cada una de estas muestra el valor numérico en el que se encuentra y el estado que puede ser “NORMAL” o “PELIGRO”.

Figura 36. Vista de sectores de la aplicación móvil RECTISENSOR.



Fuente: Rectisensor.

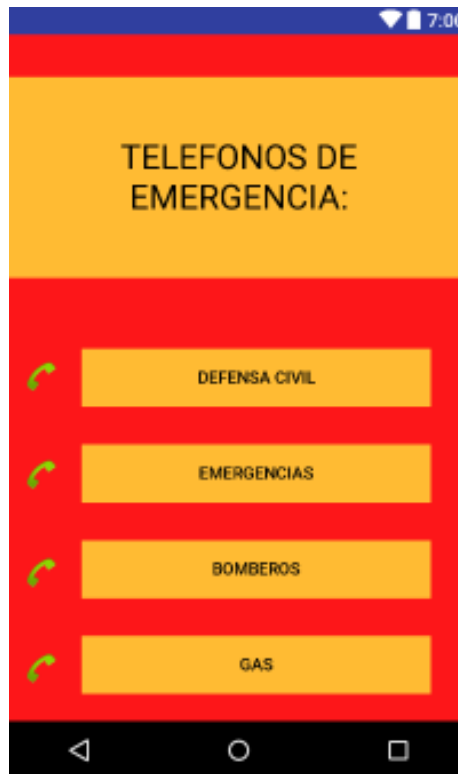
Figura 37. Diagrama de clases vista de sectores.

```
+ Sector1 extends AppCompatActivity
    impleme...  NavigationView.OnNavigationItemSelectedListener
fields
- mA... :FirebaseA...
- mValueVi... :TextVi...
- mValueVie... :TextVi...
- mValueVie... :TextVi...
- mValueVie... :TextVi...
- mValueVie... :TextVi...
- mValueVie... :TextVi...
- mValueVie... :TextVi...
- mRef: Firebase
- mRef2: Firebase
- mRef3: Firebase
- mRef4: Firebase
- mRef5: Firebase
- mRef6: Firebase
~ b:Butt...
constructors
methods
# onCreate (saveInstanceState... Bun... ):void
+ onStart():void
- sendToSt... ():void
+ onBackPressed():void
+ onCreateOptionsM... (me... Menu):boole...
+ onOptionsItemSelected... (ite... MenuIt... ):boole...
+ onNavigationItemSele... (ite... MenuIt... ):boole...
```

Fuente: Autores.

**4.5.1.6 Vista de emergencia:** En esta vista se encuentran algunos números de emergencias de los principales cuerpos de ayuda en caso de presentarse una eventualidad incendiaria, estos números son los del cuerpo de Policía, Bomberos, Defensa Civil y emergencias de gas. Cada uno de los botones que representan una entidad da acceso directo a la llamada, esto con el fin de ahorrar tiempo a la hora de tener una eventualidad.

Figura 38. Vista de emergencia de la aplicación móvil RECTISENSOR.



Fuente: Rectisensor.

Figura 39. Diagrama de clases vista de emergencias.

```
+ Emergencias extends AppCompatActivity
    implements NavigationView.OnNavigationItemSelectedListener
fields
- mA... : FirebaseA...
- b: Butt...
- c: Butt...
- d: Butt...
- e: Butt...
constructors
methods
# onCreate ( savedInstanceState... Bundle ): void
+ onStart (): void
- sendToSt... (): void
+ onBackPressed (): void
+ onCreateOptionsM... ( menu... Menu ): boole...
+ onOptionsItemSelected... ( item... MenuItem ): boole...
+ onNavigationItemSelectedListener... ( item... MenuItem ): boole...
```

Fuente: Autores.

## 5 IMPLEMENTACIÓN

El desarrollo de este proyecto tiene el objetivo de satisfacer una necesidad que en el momento afecta a la Rectificadora Álvaro Santofimio e Hijos, sin embargo un punto de suma importancia a tener en cuenta es que al momento de implementar o instalar el proyecto se deben tener en cuenta la normatividad correspondiente en cuanto a materiales, estética y señalización.

Para el Sistema de Monitoreo Contra incendios se utilizaron los mejores materiales para garantizar la estética y la eficiencia del sistema. En primer punto están los circuitos físicos del proyecto, son un total de 6 circuitos impresos en PCB, de los cuales se tienen dos modelos: El primero es el circuito donde se encuentran los sensores de temperatura y de gas y el segundo es el circuito donde se encuentran las conexiones a la Raspberry y la adecuación de las señales correspondientes a cada uno de los sensores.

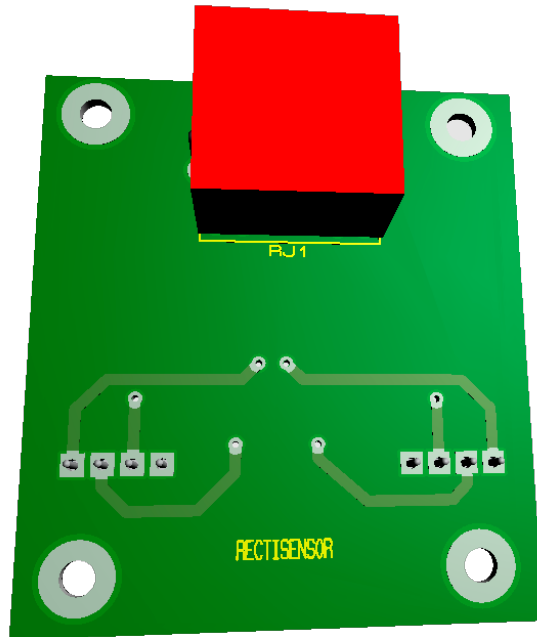
### 5.1 PLACAS DE CIRCUITOS

**5.1.1 Placas de sensores:** Siendo los circuitos parte fundamental de sistema y de gran cuidado, estos fueron fabricados en placas PCB con la respectiva normatividad para poder obtener confiabilidad y seguridad de su correcto funcionamiento.

Cada una de las 5 placas de sensores ubicadas en los 5 sectores, tienen las siguientes características:

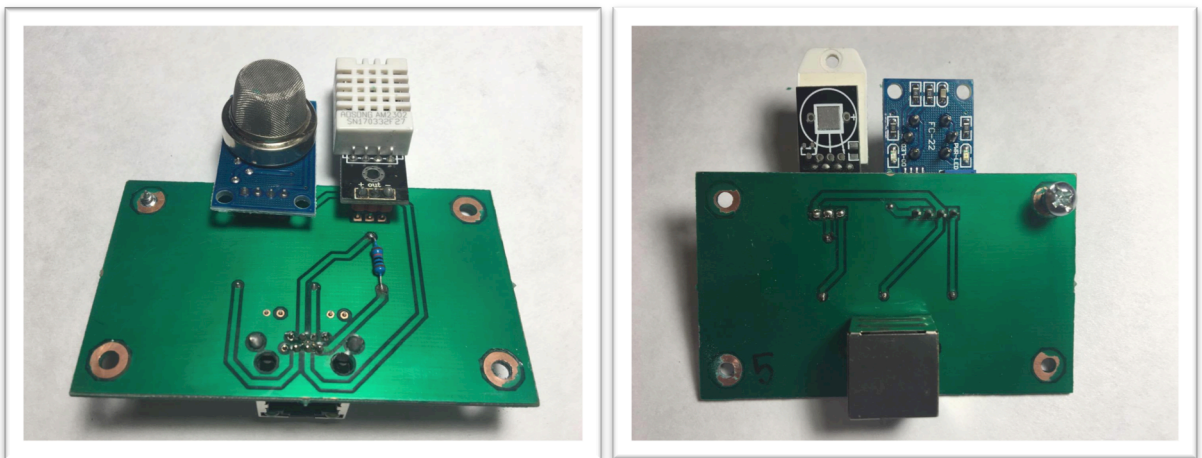
- Dimensiones de AXA: 2cm x 7.5cm.
- Contiene un Sensor DHT22.
- Contiene un sensor MQ-9.
- Contiene una resistencia de 4.7KΩ.
- La entrada es un JACK para RJ-45.

Figura 40. Placa de sensores en modelado 3D.



Fuente: Autores.

Figura 41. Placa de sensores real impresa en PCB.



Fuente: Autores.

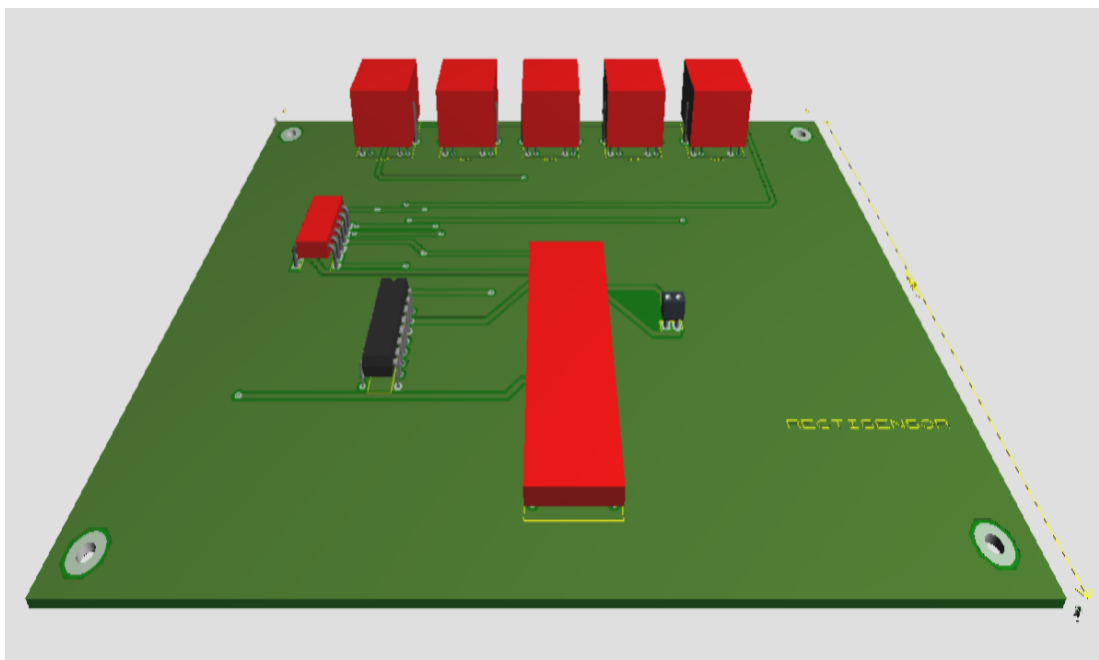


**5.1.2 Placa principal:** Entre los elementos que componen todo el sistema contra incendios solamente se encuentra una placa de este modelo, en ella se realiza una de las tareas más importantes del proceso que es el acondicionamiento y procesamiento de las señales que provienen de los sensores.

La placa principal tiene las siguientes características:

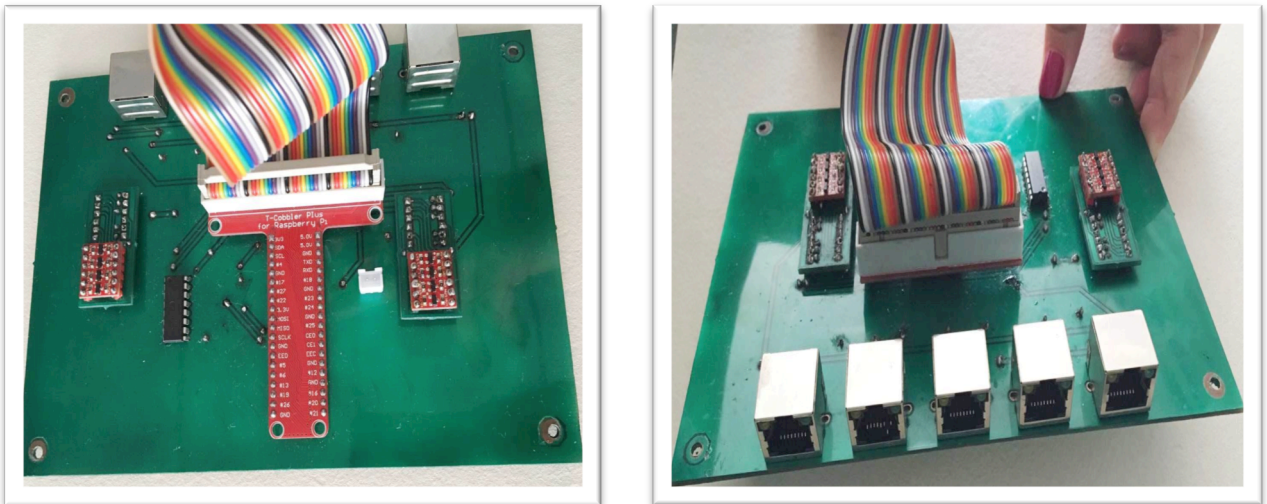
- Dimensiones de 12 cm X 18 cm.
- Contiene (2) conversores de nivel lógico.
- Contiene conversor A/D MCP3008.
- Entrada para conexión ventilador de refrigeración.
- Contiene accesorio T para la conexión Raspberry Pi 3 con placa.
- Posee 5 entradas Jack para RJ-45 correspondientes a cada sector.

Figura 42. Placa principal en modelado 3D.



Fuente: Autores.

Figura 43. Placa principal real impresa en PCB.



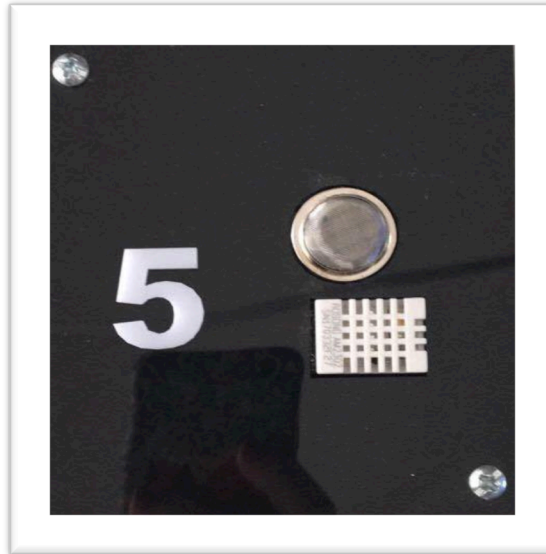
Fuente: Autores.

## 5.2 PROTECCIÓN A LAS PLACAS

Para una instalación adecuada y segura de todo el sistema de monitoreo contra incendios, se establece que cada una de las placas PCB que contienen los circuitos deben ir dentro de una caja protectora, la cual se encargará de en primer lugar proteger el circuito de agentes externos, pero también se utiliza para garantizar la estética del sistema y uniformidad. Estas cajas protectoras fueron diseñadas y elaboradas a medida para cada uno de los circuitos utilizados en el proyecto, son de acrílico en color negro para que no atraiga tanto el calor ambiente y poseen una única entrada la cual es para la conexión del cable UTP.

Cada caja se encuentra enumerada de acuerdo al sector en el que se ubica para así dar cumplimiento a la señalización correspondiente y además para localizarla de una forma más rápida en caso de que se necesite.

Figura 44. Caja para placa de sensores.



Fuente: Autores.

En cuanto a la placa principal, la caja protectora es más grande debido a que el circuito lógico que se almacena así lo exige, además se tiene en cuenta que allí también se almacena la Raspberry Pi y un ventilador el cual refresca todo el conjunto. La caja principal cuenta con los cinco puertos de llegada de la conexión con cada una de las cinco cajas de sensores ubicadas estratégicamente por la rectificadora, además posee un puerto para la conexión de internet, alimentación del sistema y unos orificios elaborados para mantener un ambiente más fresco dentro de la misma.

Como detalle adicional cada puerto de llegada de la conexión con las cinco cajas de sensores está marcada con el número correspondiente a cada sector y al frente de la caja principal se encuentra el logo del proyecto Rectisensor, todo esto en acrílico para mantener la estética del proyecto.

Figura 45. Caja para placa principal.



Fuente: Autores.

### 5.3 CABLE UTP CATEGORÍA 5e

Para garantizar orden y eficiencia en la instalación toda la conexión del sistema se realizó a través de Cable UTP Categoría 5e, para ello desde el diseño inicial de las placas de los circuitos se realizó la adaptación para trabajar con dicho cable, a través del mismo van los datos de cada sensor y además la alimentación necesaria para el correcto funcionamiento de cada uno de ellos. Para la conexión tanto con las placas de sensores como con la placa principal se realizó a través de conectores y Jack's RJ45, garantizando así la estética y el orden en las conexiones del sistema en general.

Para comprobar que el ponchado e instalación de cada cable estuviesen de forma correcta se utilizó un dispositivo especial para probar que cada línea estuviese cruzando la información correctamente, lo que garantiza que todas las conexiones están en perfecto estado.

Figura 46. Cable SAT UTP Categoría 5e.



Fuente: Autores.

Figura 47. Probador de cable UTP y llegada a caja principal.



Fuente: Autores.

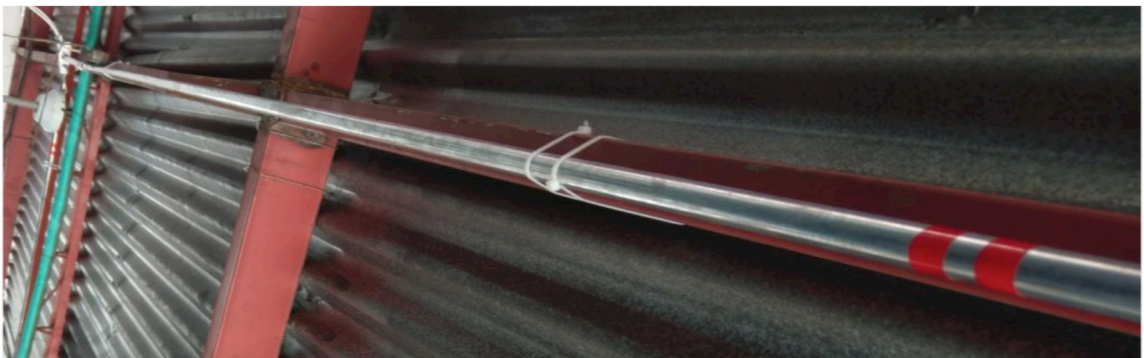


#### 5.4 TUBERÍA Y ACCESORIOS EMT DE ½'

Debido a que es un sistema contra incendios, se debe asegurar que en caso de una eventualidad incendiaria el sistema no presente daños en los elementos internos que lo componen, por lo tanto todo el cableado que conduce la información y alimentación está protegido por tubería y accesorios EMT de ½', esta tubería según la normativa es la que se debe usar en sistemas contra incendios, ya que protege los cables ante una posible eventualidad incendiaria.

Adicionalmente toda la tubería está marcada con dos (2) cintas naranjas ubicadas cada cierto tramo como marcación de que la tubería es perteneciente al sistema contraincendios, así lo exige la normatividad actual.

Figura 48. Tubería EMT ½' y señalización de la misma.

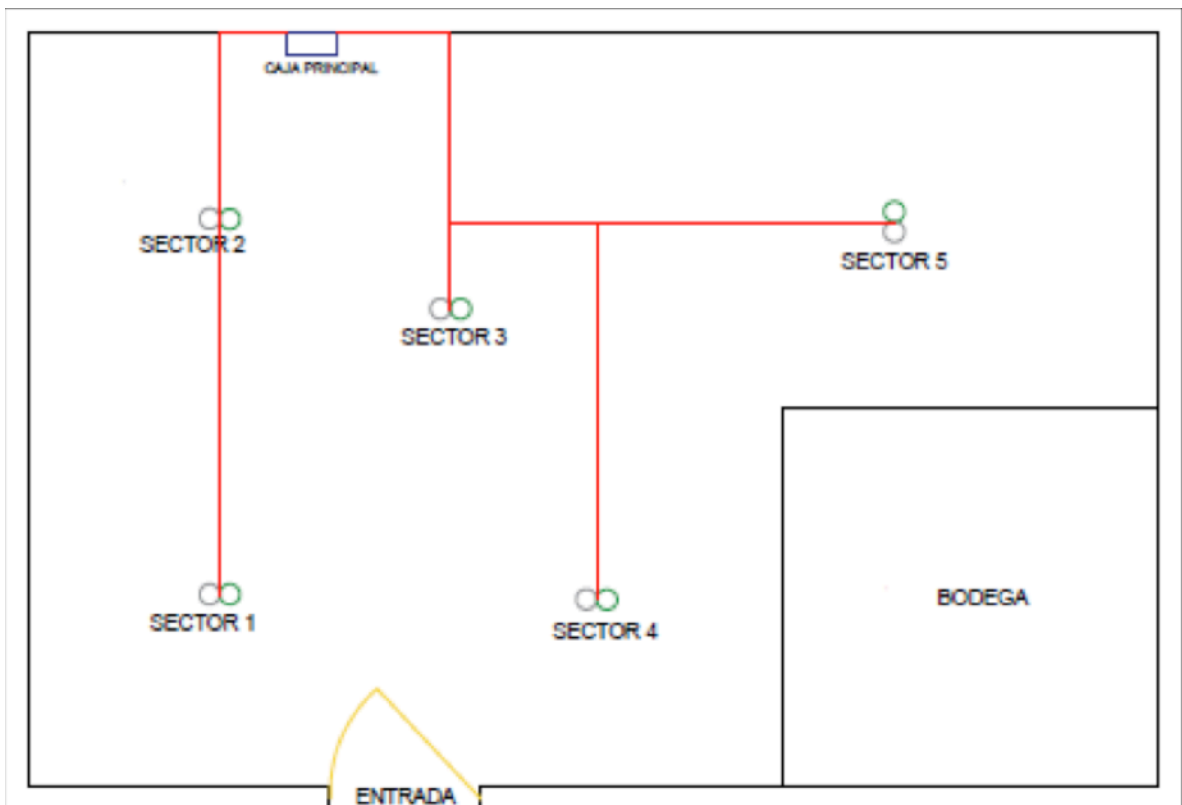


Fuente: Autores.

## 5.5 SECTORIZACIÓN E INSTALACIÓN

Para el desarrollo de la instalación principalmente se tuvo en cuenta los puntos más críticos de la fábrica en cuanto a uso de los operarios y la sectorización realizada inicialmente.

Figura 49. Mapa del sistema sectorizado.



Fuente: Autores.

## 5.6 ELEMENTOS ADICIONALES

**5.6.1 Alimentación del sistema.** La alimentación de todo el sistema contra incendio está dada por los voltajes de alimentación que proporciona la Raspberry pi 3, pero la Raspberry Pi 3 necesita de una alimentación, dicha alimentación es proporcionada por cargador universal de 5 Voltios a 2.5 Amperios.

Figura 50. Cargador de Raspberry Pi 3.



Fuente: Autores.

**5.6.2 UPS (Uninterruptible power supply).** Para garantizar que es un sistema completo, seguro y eficaz, es de suma importancia prever cualquier tipo de eventualidad con la energización de todo el sistema, por lo tanto se instala una UPS para conectar únicamente el cargador de la Raspberry Pi 3 y así garantizar el continuo funcionamiento del sistema aún cuándo se presente un apagón.

Figura 51. Sistema de alimentación ininterrumpida UPS.



Fuente: Autores.



## 6 RESULTADOS

Figura 52. Cajas correspondientes a 3 de los 5 sectores y caja principal.



Fuente: Autores.

Para iniciar con la etapa de pruebas del sistema de monitoreo contra incendio por IOT, se realizaron las conexiones necesarias para iniciar el funcionamiento del sistema como es la energización y la conexión a internet para así realizar la visualización de los datos en la aplicación móvil. Siendo un sistema de monitoreo contra incendios, este funciona las 24 horas del día los 7 días de la semana.

Figura 53. Aplicación Móvil (Rectisensor).



Fuente: Autores.

Debido a que es un sistema de monitoreo en tiempo real debe tomar muchas muestras en un intervalo determinado, este proceso lo realiza cada 5 segundos, también por el tipo de sensores que se utilizan. Ya que en 24 horas son muchas muestras se decide tener en cuenta los datos en un determinado tiempo para observar su funcionamiento, teniendo en cuenta que las variables que componen el sistema no presentan variaciones tan bruscas en tan cortos periodos de tiempo. Las pruebas arrojaron los siguientes resultados:

Tabla 2. Datos adquiridos del sector uno.

<b>SECTOR UNO</b>			
<b>No. De dato</b>	<b>TEMPERATURA (°C)</b>	<b>CO (ppm)</b>	<b>HUMO (ppm)</b>
1	36,6	0,00522046	0,0212481
2	36,6	0,00604671	0,0238028
3	36,7	0,00578578	0,0230052
4	36,7	0,0055501	0,0222776
5	36,7	0,00588347	0,0233047
6	36,7	0,00491663	0,0202861
7	36,8	0,00490838	0,0202598
8	36,8	0,00435516	0,0184715
9	36,8	0,0044519	0,0187878
10	36,8	0,00447031	0,0188478
11	36,7	0,00383173	0,0167314

Fuente: Autores.

Tabla 3. Datos adquiridos del sector dos.

<b>SECTOR DOS</b>			
<b>No. De dato</b>	<b>TEMPERATURA (°C)</b>	<b>CO (ppm)</b>	<b>HUMO (ppm)</b>
1	36,2	0,00528588	0,0214536
2	36,2	0,0052981	0,0214919
3	36,3	0,00542753	0,0218965
4	36,3	0,00506383	0,0207538
5	36,3	0,00496527	0,0204409
6	36,3	0,00524983	0,0213404
7	36,3	0,0048827	0,0201778
8	36,4	0,00527849	0,0214304
9	36,4	0,00505696	0,020732
10	36,4	0,00494362	0,0203721
11	36,4	0,00496305	0,0204339

Fuente: Autores.

Tabla 4. Datos adquiridos del sector tres.

<b>SECTOR TRES</b>			
<b>No. De dato</b>	<b>TEMPERATURA (°C)</b>	<b>CO (ppm)</b>	<b>HUMO (ppm)</b>
1	34,6	0,00501373	0,0205949
2	34,6	0,00507589	0,020792
3	34,6	0,00520849	0,0212105
4	34,5	0,00486837	0,020132
5	34,6	0,00525701	0,021363
6	34,6	0,00517489	0,0211046
7	34,6	0,00502937	0,0206446
8	34,6	0,0049004	0,0202343
9	34,6	0,00476128	0,0197889
10	34,6	0,00462517	0,0193504
11	34,6	0,00435346	0,0142985

Fuente: Autores.

Tabla 5. Datos adquiridos del sector cuatro.

<b>SECTOR CUATRO</b>			
<b>No. De dato</b>	<b>TEMPERATURA (°C)</b>	<b>CO (ppm)</b>	<b>HUMO (ppm)</b>
1	34,5	0,00544818	0,0219608
2	34,6	0,00442007	0,0186839
3	34,6	0,00578985	0,0230177
4	34,6	0,00658126	0,0254131
5	34,6	0,0046104	0,0193026
6	34,6	0,00561114	0,0224667
7	34,6	0,0053043	0,0215113
8	34,7	0,0044238	0,0186961
9	34,7	0,00494505	0,0203766
10	34,7	0,00546595	0,0220162
11	34,7	0,005932378	0,0274595

Fuente: Autores.

Tabla 6. Datos adquiridos del sector cinco.

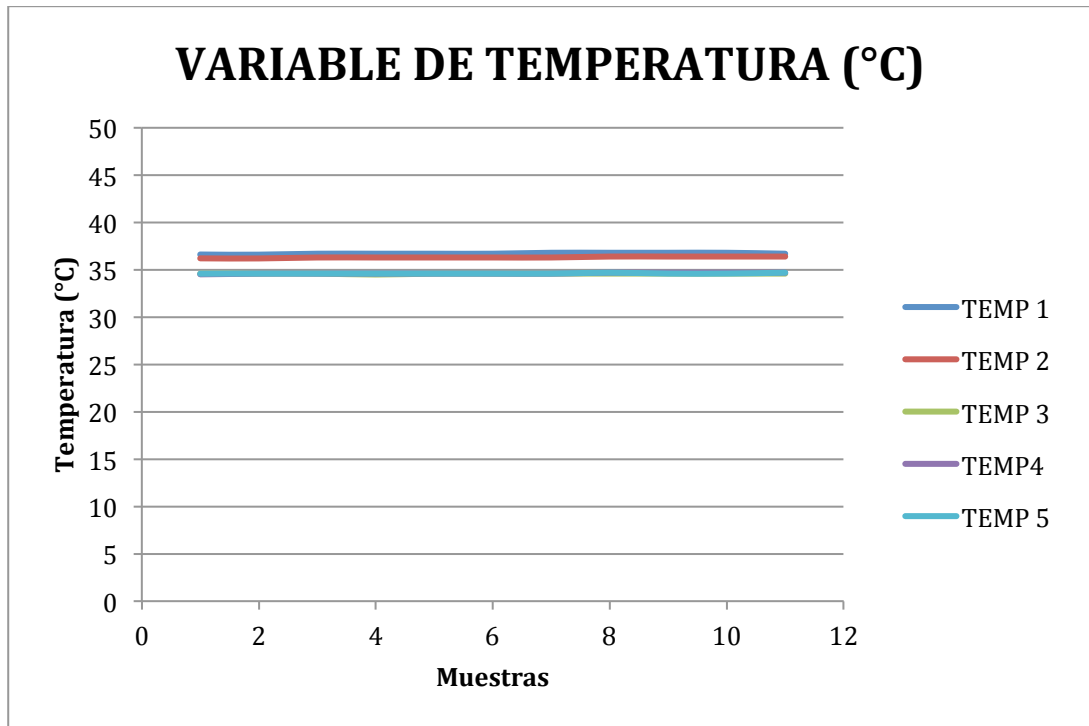
<b>SECTOR CINCO</b>			
<b>No. De dato</b>	<b>TEMPERATURA (°C)</b>	<b>CO (ppm)</b>	<b>HUMO (ppm)</b>
1	34,6	0,00459614	0,0192565
2	34,6	0,00310274	0,0142139
3	34,6	0,0035584	0,0158014
4	34,6	0,00405849	0,0174915
5	34,6	0,00607685	0,0238944
6	34,6	0,00494647	0,0203811
7	34,6	0,00478311	0,019859
8	34,7	0,00472302	0,019666
9	34,6	0,00356855	0,0158363
10	34,6	0,00382382	0,0167047
11	34,7	0,003982455	0,01893628

Fuente: Autores.

Debido a la altura en la que se encuentran los sensores, es difícil alterar las condiciones del medio ambiente para poder visualizar un cambio en los resultados, ya que serían grandes cantidades de CO, humo y Temperatura a las cuales se estarían expuestos.

## 6.1 ANALISIS DE RESULTADOS

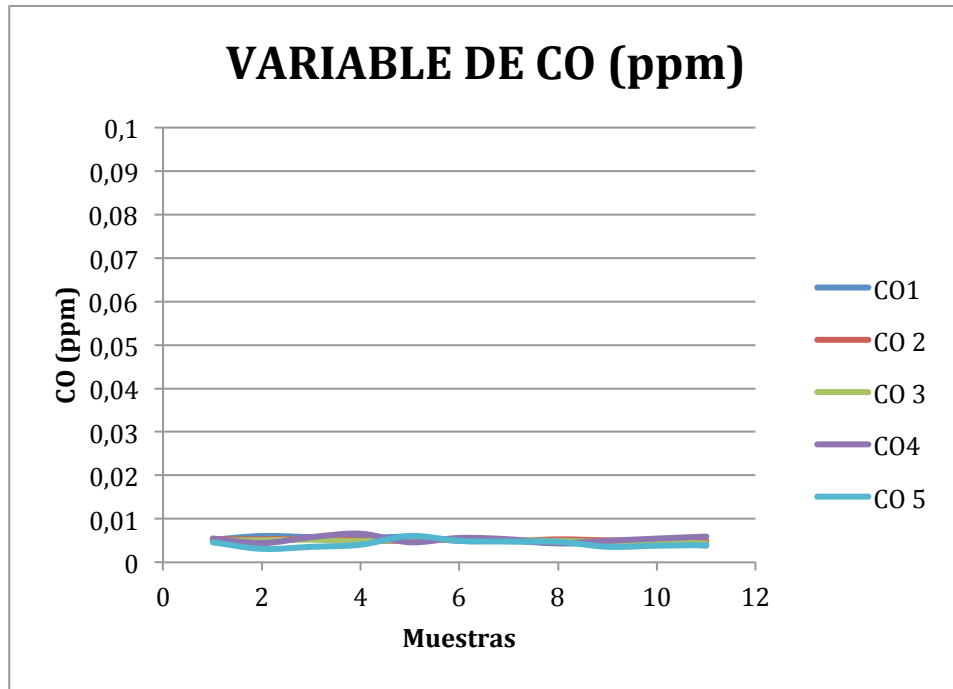
Figura 54. Variable de Temperatura (°C).



Fuente: Autores.

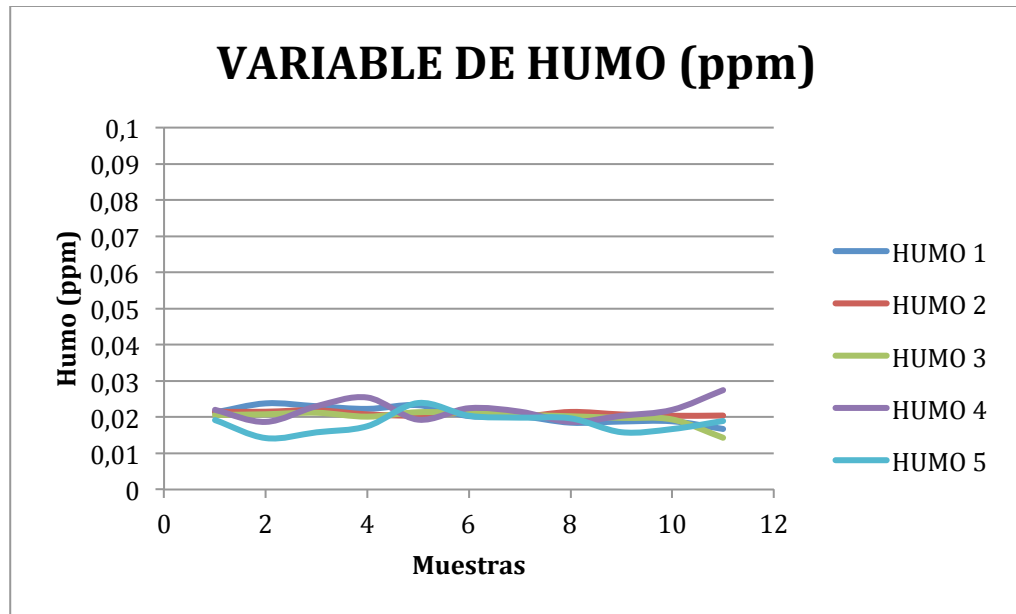
En la Figura 56 se pueden observar las mediciones realizadas por los sensores de temperatura de cada uno de los sectores, donde se puede evidenciar que a temperatura ambiente y el día que se realizaron las pruebas maneja una temperatura constante aproximadamente de 35 °C y las variaciones que presenta entre un sector y otro es tolerable, ya que las condiciones para todos los sectores no son iguales.

Figura 55. Variable de CO (ppm).



Fuente: Autores.

Figura 56. Variable de Humos (ppm).



Fuente: Autores.

En las Figuras 55 y 56 correspondientes a las variables de CO y Humo, se pueden evidenciar las bajas o casi nulas cantidades de partículas por millón presentes en el medio ambiente de estas, lo que garantiza que tanto los sensores como el sistema está debidamente calibrado y funcionando.



## 7 CONCLUSIONES

- La implementación del SISTEMA DE MONITOREO CONTRA INCENDIOS POR IOT PARA LA RECTIFICADORA ALVARO SANTOFIMIO E HIJOS, es una solución eficaz y confiable a la problemática de seguridad contra incendios que presenta actualmente la rectificadora Álvaro Santofimio e hijos. Ya que este sistema garantiza la seguridad tanto de la planta física como de los trabajadores vinculados a la misma ante alguna eventualidad incendiaria.
- El uso de nuevas plataformas de desarrollo de aplicaciones móviles y web como FIREBASE, son de gran ayuda ya que estas presentan un sin número de funcionalidades que tienen como propósito ofrecer una infraestructura completa, con sus diferentes métodos de uso y acceso. Esta plataforma es robusta y versátil, lo cual permite la implementación y desarrollo de todo tipo de proyectos, desde laboratorios hasta ideas empresariales con visión a crecimiento, prestando un servicio de alta calidad, rápido y eficiente.
- Raspberry Pi es una mini computadora muy completa y estable, además de que su conexión con las distintas plataformas como Firebase y Android Studio es bastante cómoda, lo que facilita en gran medida la implementación de proyectos tanto a pequeña como a gran escala. Es por esto que para el proyecto fue suficiente con la Raspberry Pi para la recepción, el procesamiento y el envío de todos los datos de manera eficaz y cómoda.
- Al dar uso para el sistema de la tubería EMT de ½' y de la señalización para la misma, así como también las cajas protectoras hechas a medida para los circuitos, se garantiza el cumplimiento de la normatividad y le brinda a la Rectificadora un proyecto totalmente ordenado tanto funcional como normativamente.
- El desarrolló y la implementación del sistema de monitoreo contra incendios bajo un software libre, brinda múltiples ventajas como son el bajo costo en desarrollo del mismo y el mejoramiento del sistema a futuro ya sea en el aplicativo móvil o en el procesamiento.

## 8 RECOMENDACIONES

- Se recomienda para un futuro proyecto se tenga en cuenta y se implemente una base de datos para el almacenamiento de todos los datos adquiridos por las variables utilizadas en un sistema contra incendios, esto con el objetivo de poder almacenar esta información y en caso de alguna eventualidad poder analizar la posible causa y así prevenir otro caso.
- Para futuras mejoras del sistema de monitoreo contra incendios se recomienda utilizar una mayor gama de sensores y actuadores integrados, sensores de tipo industrial y más robustos para prevenir deterioro o daños en ellos, ya que estos elementos son expuestos a altas temperaturas por las condiciones de infraestructura de la rectificadora y les da una vida útil de pocos años.
- Aunque el sistema tiene un excelente funcionamiento teniendo su conexión a internet por medio del puerto ETHERNET, se recomienda hacer uso de este vía inalámbrica, ya que puede reducir costos en materiales e instalación de cables para dicha conexión.

## BIBLIOGRAFÍA

DEITEL, H. 2004. Como programar en java. México: Pearson Educación. 2004.

Ben Everard, Alex Bradbury. 2014. Learning Python with Raspberry Pi, 2014.

H. Pardell, E. Saltó, Ll. Salleras. 1996. Manual de diagnóstico y tratamiento del tabaquismo. Panamericana, 1996.

McGrath, Mike. 2013. Raspberry Pi 3 in easy steps. 2013.

Cuello, J. Vittone, J. 2013. Diseñando apps para móviles. TugaMovil. 2013.

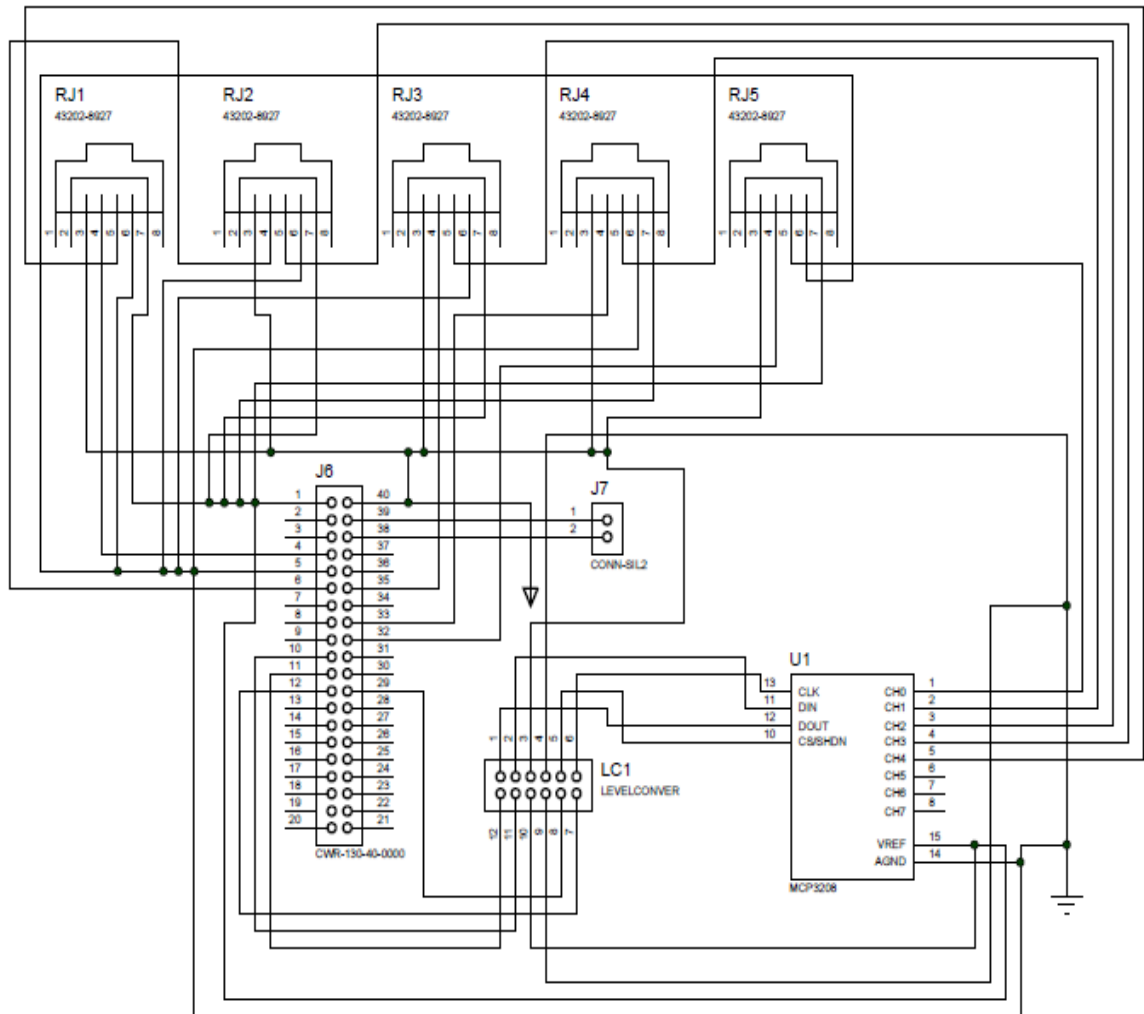
Herranz Gómez, R. 2014. Bases de datos NoSQL: Arquitectura y ejemplos de aplicación. 2014

Bahit, Eugenia. 2012. Python para principiantes. 2012

## ANEXOS

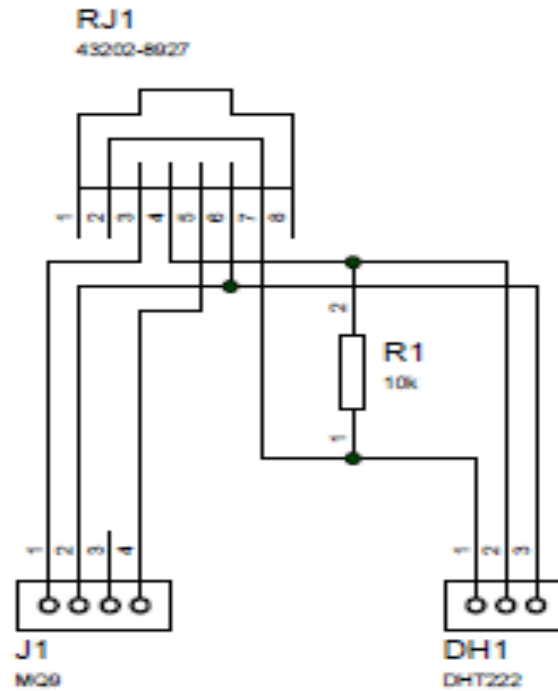
### Anexo A. Simulación de circuitos que componen el sistema.

Figura 57. Simulación de circuito principal.



Fuente: Autores.

Figura 58. Simulación de circuito de sensores.



Fuente: Autores.

### Anexo B. Fotografías del sistema implementado.

Figura 59. Sistema implementado.





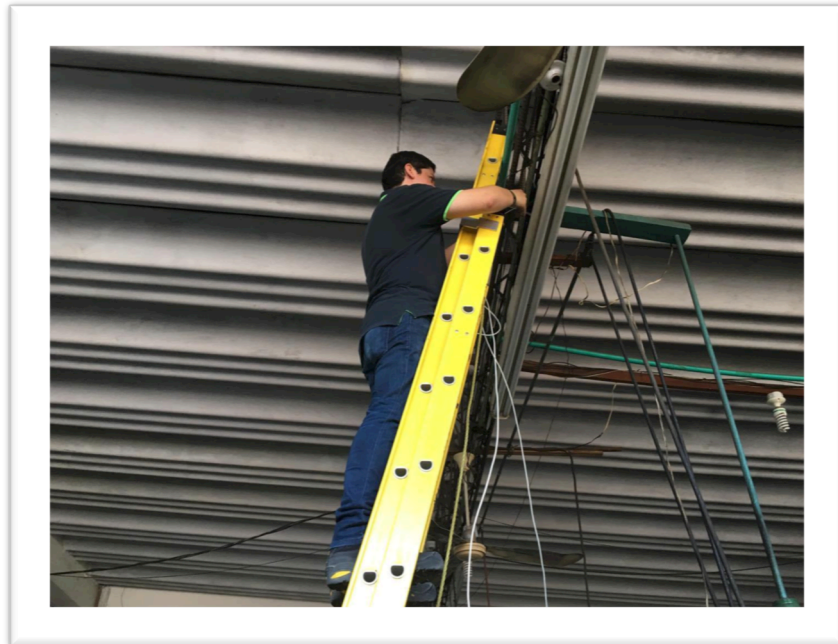
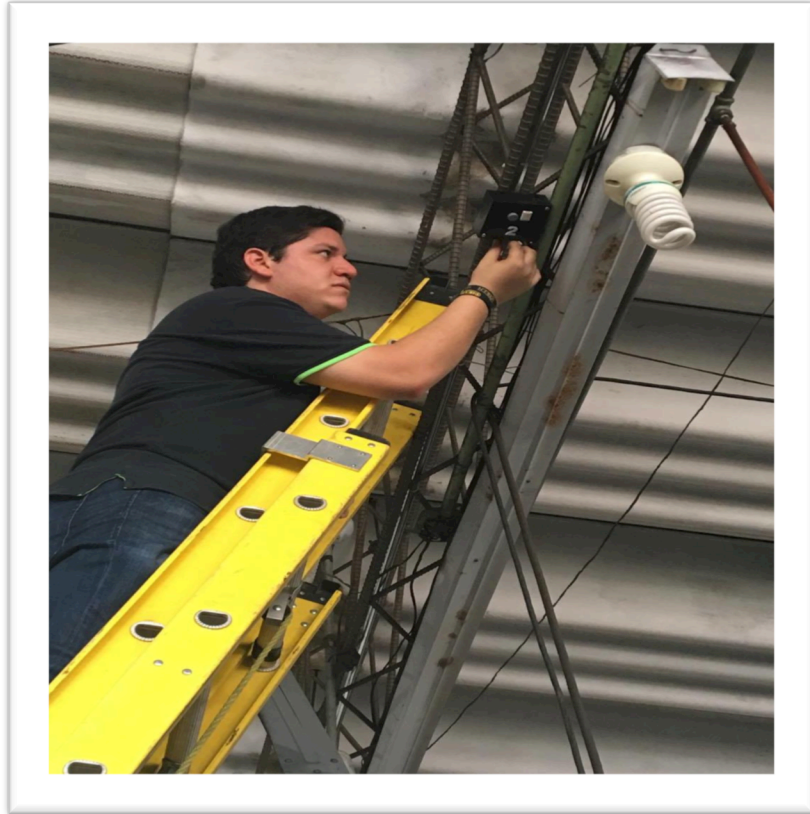


Fuente: Autores.



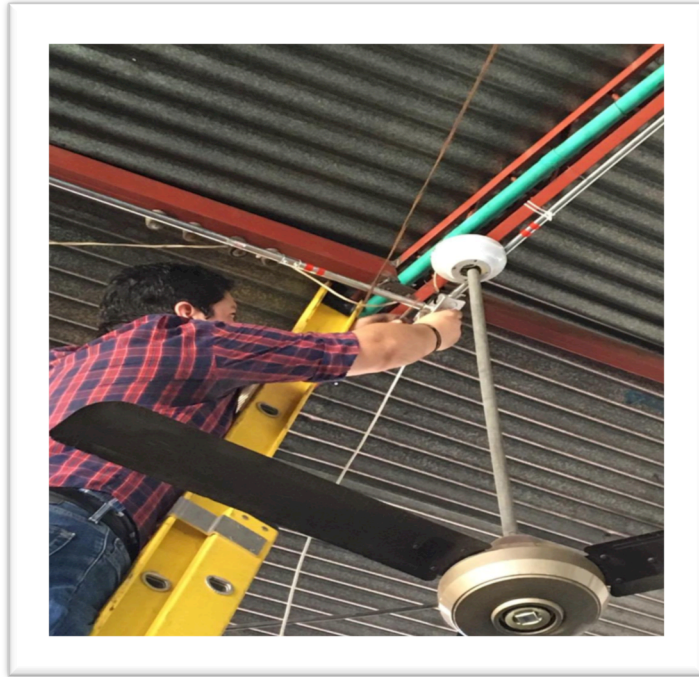
**Anexo C. Fotografías de instalación del sistema.**

Figura 60. Instalación del sistema.









Fuente: Autores.