

Universidad Tecnológica Nacional

Proyecto Final

**Sistema Autónomo WiFi de Detección de Humo y
Monóxido de Carbono**

Autores:

- Tentor Juan Francisco
- Lombardo Leandro Adriel

*Proyecto final presentado para cumplimentar los requisitos académicos
para acceder al título de Ingeniero Electrónico en la Universidad
Tecnológica Nacional, Facultad Regional Paraná.*

Julio de 2018

Declaración de autoría:

Nosotros declaramos que el Proyecto Final “**Sistema Autónomo WiFi de Detección de Humo y Monóxido de Carbono**” y el trabajo realizado son propio/s. Declaramos:

- Este trabajo fue realizado en su totalidad, o principalmente, para acceder al título de grado de Ingeniero Electrónico, en la Universidad Tecnológica Nacional, Regional Paraná.
- Se establece claramente que el desarrollo realizado y el informe que lo acompaña no han sido previamente utilizados para acceder a otro título de grado o pre-grado.
- Siempre que se ha utilizado trabajo de otros autores, el mismo ha sido correctamente citado. El resto del trabajo es de autoría propia.
- Se ha indicado y agradecido correctamente a todos aquellos que han colaborado con el presente trabajo.
- Cuando el trabajo forma parte de un trabajo de mayores dimensiones donde han participado otras personas, se ha indicado claramente el alcance del trabajo realizado.

Firmas:

-
-

Fecha:

Agradecimientos:

Nuestros sinceros agradecimientos están dirigidos a nuestros padres que siempre nos apoyaron emocional y económicamente para poder llegar a cumplir nuestro objetivo de ser profesionales.

A nuestros hermanos, novias y demás familia en general por el apoyo siempre brindado día a día en el transcurso de cada año de nuestra carrera universitaria.

A nuestros amigos por el apoyo y motivación para seguir adelante en este camino.
Y por últimos agradecemos a la institución por la formación, al cuerpo docente por su paciencia y dedicación, y a todos aquellos que nos han forjado de conocimiento y valores.

Tentor Juan Francisco
Lombardo Leandro Adriel

Abstract:

We have made an autonomous detector of smoke and carbon monoxide with two auxiliary entrances and two exits, which is connected to the Internet through a Wi-Fi connection, allowing it to be monitored and activated by a mobile application where it allows receiving notifications before the detection of gases and Operate the outputs manually or automatically.

The device has a photoelectric smoke sensor, electrochemical carbon monoxide sensor, these are read by a microcontroller which communicates with a wifi module that is responsible for connecting to a server in the cloud using the MQTT protocol, to link to the mobile application. To make the native application in the Android operating system, the Android Studio development environment was used.

A robust device was obtained capable of detecting smoke quickly and without false alarms, detecting carbon monoxide in a range of 20 to 2000 ppm with an error of less than 5%, ability to connect other sensors through the inputs and trigger other devices through the programmable outputs. A mobile application with many functions was achieved which allows different configurations to the user, as well as a fast and efficient link through the internet when using a protocol used in IOT devices.

Keywords:

Carbon monoxide detector, IOT, MQTT, Mobile application, Smoke detector, WiFi.

Resumen:

Se realizó un detector autónomo de humo y monóxido de carbono con dos entradas auxiliares y dos salidas, el cual se conecta a internet mediante una conexión Wifi, permitiendo ser monitoreado y accionado mediante una aplicación móvil donde permite recibir notificaciones ante la detección de los gases y accionar las salidas de forma manual o automática.

El dispositivo cuenta con un sensor de humo fotoeléctrico, sensor electroquímico de monóxido de carbono, estos son leídos por un microcontrolador el cual se comunica con un módulo wifi que se encarga de conectarse con un servidor en la nube mediante el protocolo MQTT, para enlazarse a la aplicación móvil. Para realizar la aplicación nativa en el sistema operativo Android se utilizó el entorno de desarrollo Android Studio.

Se obtuvo un dispositivo robusto capaz de detectar humo de forma rápida y sin falsas alarmas, detectar monóxido de carbono en un rango de 20 a 2000 ppm con un error menor al 5%, capacidad de conectar otros sensores a través de las entradas y accionar otros dispositivos a través de las salidas programables. Se logró una aplicación móvil con muchas funciones lo que permite realizar distintas configuraciones al usuario, como también un enlace rápido y eficiente a través de internet al utilizar un protocolo utilizado en dispositivos IOT.

Palabras Clave:

Aplicación móvil, Detector de humo, Detector de monóxido de carbono, IOT, MQTT, WiFi.

Reconocimientos:

A la Universidad Tecnológica Nacional Regional Paraná, y a todo su cuerpo docente por brindarnos las herramientas de educación para constituirnos como profesionales.

Gracias al grupo de compañeros y amigos, Luciano, Francisco, Gabriel y Marino; que nos acompañaron a lo largo de toda la carrera, fuera y dentro de la institución.

Tutor Juan Francisco
Lombardo Leandro Adriel

Índice:

1	Capítulo 1: Introducción	1
1.1	Estudio de mercado	2
1.1.1	Target.....	2
1.1.2	Pruebas de producto. Competencia. ¿Qué hay en el mercado? ¿En qué se diferencia de lo que voy a hacer?.....	4
1.2	Análisis de costos	4
1.3	Ciclo de vida del producto.....	5
2	Capítulo 2: Desarrollo	6
2.1	Análisis para el desarrollo	6
2.1.1	Diagrama de bloques.....	6
2.1.2	Investigación de componentes y selección	6
2.1.3	Propuestas de circuitos y esquemas.	32
2.1.4	Desarrollo del software	38
2.2	Diseño Completo.....	51
2.2.1	Prestaciones.....	51
2.2.2	Esquemático final.....	52
2.2.3	Fotos del hardware	52
3	Capítulo 3: Resultados	60
3.1	Medición CO comparando con dataset del sensor.....	60
3.2	Medición de Humo	62
4	Capítulo 4: Análisis de Costos	63
4.1	Costo de materiales	63
4.2	Costo de desarrollo.....	64
4.3	Idea de comercialización	64
5	Capítulo 5: Discusión y Conclusión.....	66
6	Capítulo 6: Literatura Citada.....	68
6.1	Bibliografía.....	68

Lista de Figuras:

Figura 1: Diagrama de Bloques	6
Figura 2: Detectores de humo de ionización.....	8
Figura 3: Detector de humo: fotoeléctrico de haz proyectado	10
Figura 4: Detector de humos fotoeléctrico de haz reflejado en ángulo recto	10
Figura 5: Detector de humos fotoeléctrico de haz reflejado, por difusión de la luz	11
Figura 6: Detector Taguchi.....	13
Figura 7: Curva del sensor MQ-7 – (Rs/Ro) vs PPM	16
Figura 8: Ciclos de medición y la alteración de la señal de salida en RL.....	17
Figura 9: Modulo Arduino Nano.....	19
Figura 10: Foto ilustrativa ESP9266EX.....	22
Figura 11: Modelos de Módulos ESP8266	23
Figura 12: Modulo ESP-12F	26
Figura 13: Sensor de temperatura SEN118A2B	27
Figura 14: Esquema de montaje del sensor DS18B20	27
Figura 15: El modelo de publicación y suscripción de MQTT para los sensores de IoT	30
Figura 16: Diagrama de Broker	32
Figura 17: Circuito lógico	32
Figura 18: Fuente 3.3V	33
Figura 19: Circuito de botones.....	34
Figura 20: Circuito de entradas digitales	34
Figura 21: Circuito de salidas	35
Figura 22: Circuito de excitación del módulo MQ7	36
Figura 23: Circuito modulo MQ7	37
Figura 24: Circuito sensor de Humo	37
Figura 25: Circuito sensor de Temperatura	38
Figura 26: Parte 1: Diagrama de flujo ESP8266.....	40
Figura 27: Parte 2: Diagrama de flujo ESP8266.....	41
Figura 28: Parte 1: Diagrama de flujo Arduino Nano	43
Figura 29: Parte 2: Diagrama de flujo Arduino Nano	44
Figura 30: Entorno de desarrollo Android studio.....	45
Figura 31: Ventana principal de app.....	47
Figura 32: Ventana de configuración de red WiFi	47

Figura 33: Ventana de agregar dispositivo	48
Figura 34: Escaneando código QR.....	49
Figura 35: Resultado de escaneo de código QR	49
Figura 36: Ventana principal, lista de detectores	50
Figura 37: Ventana de estado del detector	50
Figura 38: Configuración automática de las salidas	51
Figura 39: Esquemático completo del diseño final de la placa.....	52
Figura 40: Vista Inferior de la Placa	53
Figura 41: Vista lateral inferior de la placa.....	54
Figura 42: Vista superior de la placa.....	55
Figura 43: Vista lateral superior de la placa.....	56
Figura 44: Vista trasera del detector.....	57
Figura 45: Vista frontal del detector.....	58
Figura 46: Vista del estado del detector con de sensor de humo activado	59
Figura 47: Notificación de alerta por humo detectado.....	59
Figura 48: Caja construida inyectando monóxido de carbono con garrafa.....	61
Figura 49: Curvas comparativa Rs/Ro y PPM de la tabla X.....	62

Lista de Tablas:

- Tabla 1: Sensores de CO 14
- Tabla 2: Comparación de características de sensores de CO 14
- Tabla 3: Valores estimados de R_s/R_o en función de PPM 15
- Tabla 4: Características de placas Arduino 18
- Tabla 5: Calculo de error a partir de comparativa entre medición y datasheet 61
- Tabla 6: Costo de componentes de PCB 64

Lista de Ecuaciones:

Ecuación 1: Relación Rs-Ro 16

Ecuación 2: Calculo valor Rs..... 16

Ecuación 3: Calculo de PPM 16

Ecuación 4: Relación Rs-RL..... 17

Dedicado a:

A mis padres, pilares fundamentales en mi vida que me dieron todas las herramientas para llegar hacer la persona que soy y poder cumplir mis objetivos.

A mis amigos de la carrera que estuvieron en todo momento aconsejando e impulsando motivación.

A mi novia que me apoya y me da siempre optimismo para salir adelante.

A mis abuelos que no dejan de enseñarme cosas de la vida.

Lombardo Leandro Adriel

Dedicado a:

Mis padres por ser quienes siempre me apoyaron y motivaron en todo lo que me propuse.

Mis hermanos, primos y novia por darme siempre palabras de aliento y su compañía.

Mis amigos de la infancia y a los que me llevo con esta carrera, por sus consejos y porque siempre estuvieron cuando se los necesito.

Tentor Juan Francisco

1 Capítulo 1: Introducción

Hoy en día, las pérdidas de vida y pérdidas económicas ya sean causadas por los incendios o por un gas inoloro llamado monóxido de carbono (CO) que es generado en artefactos que utilizan combustión de gas como lo son calefactores, cocinas, calefones, etc, son muy altas. En especial, hay demasiada preocupación por las consecuencias que generan estos riesgos, a pesar de que, en centros comerciales, empresas, oficinas, etc, este legislado la utilización de sistemas contra incendio, en vivienda no lo están ni tampoco ninguno de los lugares nombrados cuenta con regulación de la concentración de CO permitido.

Debido a la rapidez con la que un incendio se pueda propagar o el gas de CO pueda afectar sin poder darnos cuenta, es importante que de alguna forma estos sean detectado en su fase inicial para evitar tanto pérdidas materiales como humanas. Es por este motivo que se desarrollan los sistemas automatizados, compuestos por dispositivos electrónicos como sensores de humo, sensores de calor, sensores de CO que son capaces de detectar y alertar sobre estos a los ocupantes de una edificación mediante notificación sonora y visuales como sirenas, luces, etc. A pesar de estos sistemas sigue siendo un riesgo incontrolable ya que dependen de una persona humana que brinde una respuesta a sus alertas.

Por este motivo se generó la necesidad de implementar un sistema que permitiera evaluar, notificar y controlar autónomamente condiciones que puedan generar alguna eventualidad perjudicial, ya sea para una infraestructura domestica como también a las personas que habitan en la misma.

El equipo tendrá las siguientes características:

- Conexión wifi para comunicarse a través de internet con una aplicación móvil.
- El equipo censara monóxido de carbono, humo y temperatura.
- Entradas digitales, para poder censar otro dispositivo, como ser algún sensor de alarma, humo, o cualquier sensor que se requiera.
- Salida digital y analógica, dará la posibilidad de comandar sistemas externos de forma automática en caso de que el usuario lo requiera, como ser rociadores para incendio, sirenas, corte de suministro de gas, etc.
- Una aplicación móvil donde se recibirán alertas al detectar humo o altos niveles de monóxido de carbono también dará la posibilidad de activar, mediante las salidas programables, diferentes artefactos como se mencionó.

1.1 Estudio de mercado

1.1.1 Target

A nivel nacional no existe fabricación de un producto con estas características, por lo que se tienen grandes ventajas en el mercado como así también ser sustituto de importaciones. Este producto está orientado a viviendas, edificios residenciales, pequeños comercios, etc, ya que estos al no estar reglamentados por ley a tener estos dispositivos preventivos, no se los instalan. Se apunta a cubrir este segmento de clientes agregando al dispositivo conectividad y funciones extras, para ser así un producto más atractivo.

A continuación, a partir del Modelo CANVAS, se desarrollará el modelo de negocio.

Propuesta de valor:

- Mayor precisión y rapidez en la medición.
- Censado de humo y monóxido de carbono.
- Salidas programables.
- Entradas digitales.
- Aplicación móvil.
- Conectividad vía WIFI.
- Fácil instalación.
- Seguridad de la instalación.
- Bajo nivel de fallas.
- Robustez en la carcasa.

Segmentos de clientes:

- Casas, edificios, cocheras, locales comerciales, etc.

Canales de comunicación y distribución:

- Ventas mediante una página web propia, de forma telefónica y correo electrónico.
- Ventas directas a través de páginas web como son MercadoLibre, eBay, Amazon, etc.
- Ventas a través de comercios dedicados a equipos de seguridad.
- Ventas en exposiciones y congresos sobre seguridad.

Relación con los clientes:

- Ofreciendo un buen servicio de pre y post – venta
- Ofreciendo un trato rápido y sencillo

- Ofreciendo tutoriales de instalación y uso adecuado.
- Soporte técnico vía online.

Fuente de ingresos:

- Venta del producto.
- Servicios técnicos a equipos fuera de la garantía.
- Ofertas especiales, pago en cuotas, etc.
- Pagos en efectivo, tarjetas de crédito y débito, transferencia bancaria, PayPal y mercado pago.

Recurso clave:

- Componentes electrónicos varios.
- Sensores de humo y monóxido de carbono.
- Conocimiento y experiencia en electrónica de control y programación.
- Conocimiento en ventas y trato con clientes.
- Conocimientos en páginas web, soporte y comercialización por internet.
- Infraestructura que contenga un lugar para el desarrollo, la fabricación y la comercialización del producto.

Actividades clave:

- Censado de humo y monóxido de carbono
- Control inteligente de sistemas externos
- Servicio técnico.

Socios clave:

- Proveedores de dispositivos electrónicos y carcasa para el equipo.
- Empresas de fabricación de sistemas de seguridad.

Estructura de costos:

- Compra de los componentes electrónicos
- Diseño y fabricación de PCB
- Diseño y fabricación de carcasa
- Desarrollo de software
- Ensamble del producto

- Distribución del producto
- Publicidad
- Herramientas y equipamiento
- Impuestos

1.1.2 Pruebas de producto. Competencia. ¿Qué hay en el mercado? ¿En qué se diferencia de lo que voy a hacer?

Existen varias empresas a nivel internacional que desarrollan detectores de humos autónomos WIFI. Algunas de ellas son:

- TecTecTec
- Nest(EE UU)
- Fuers
- Golden Security
- BW
- YOWEXA
- Safurance
- FirstAlert(EE UU)
- SMANOS

Las empresas que presentan los equipos más completos, que son importados al país, son Nest y FirstAlert. Pero ninguna de ellas brinda un control autónomo de periféricos y se basan en una única clase de detección de humo.

Tras el análisis de alternativas tecnológicas se busca desarrollar un equipo que brinde todas las características en un solo aparato a un bajo costo.

Diferencias principales más relevantes con productos existentes:

- Detección de varios tipos de gases en un solo equipo.
- Control inteligente de periféricos externos sin necesidad de control humano.

1.2 Análisis de costos

Estimación de costos por equipo:

- Componentes electrónicos: \$250
- Placa PCB: \$100
- Carcasa: \$300
- Mano de obra (ensamble y soldado de placa): \$150

Una vez superada la etapa de diseño de hardware y software, el producto tendrá un costo total de aproximadamente \$800, lo cual haría al producto muy competitivo ya que actualmente los equipos de la competencia tienen un costo superior.

1.3 Ciclo de vida del producto

El ciclo de vida de la placa debería ser de al menos 10 años teniendo en cuenta la calidad de componentes y siendo que el sensor de monóxido de carbono que tiene una vida útil de 10 años al ser electroquímico.

2 Capítulo 2: Desarrollo

2.1 Análisis para el desarrollo

2.1.1 Diagrama de bloques

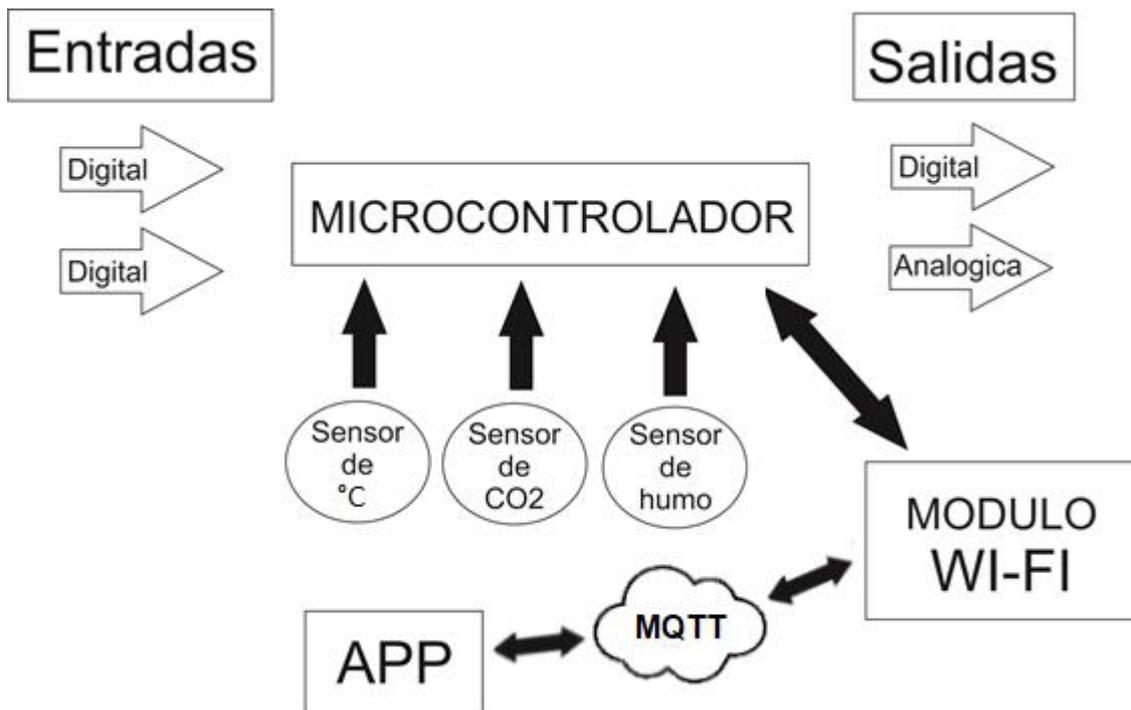


Figura 1: Diagrama de Bloques

En el diagrama de bloques anterior se observa las partes que conforman el dispositivo y como interactúan.

2.1.2 Investigación de componentes y selección

2.1.2.1 Selección Detectores de humos

Como ya es sabido, en la combustión se producen humos visibles e invisibles al ojo humano. Los detectores de humos se encargan de su captación y medición por medio de una aspiración constante del aire ambiental del espacio protegido que pasa a través de sus sensores.

Estos detectores están basados en las variaciones ambientales que se producen por la presencia del humo, tales como el índice de refracción, la transparencia y la ionización. Cuando estas variaciones alcanzan un determinado nivel, se genera una señal de alarma. Los detectores de humo actúan más rápidamente que los detectores térmicos, en la mayoría de los incendios.

Estos aparatos sirven para identificar fuego cuando aún se encuentra en la etapa humeante y sin llama, o bien en las primeras etapas de llamas, duplicando el sentido humano del olfato. Los detectores de humo más comunes son los de tipo proyector, que se sitúan a lo largo de los cielos rasos o en lo alto de los muros, de manera similar a las unidades térmicas tipo proyector.

La ventaja más significativa de los detectores de humo reside en su capacidad de identificar un fuego mientras aún es incipiente. De tal manera, brindan más oportunidades al personal de emergencia para que responda y controle el incendio que se está desarrollando antes de que se registren daños graves. Habitualmente son el método de detección preferido en las aplicaciones de protección de vidas y contenidos muy valiosos. Su desventaja es que por lo general resultan más caros de instalar en comparación con los sensores térmicos, y son menos resistentes a las alarmas involuntarias. Sin embargo, cuando se seleccionan y diseñan adecuadamente pueden ser muy confiables y su probabilidad de dar falsas alarmas es bastante baja.

Clasificación:

Los detectores de humos (Sierra, 1988) suelen clasificarse en los siguientes grupos:

A. Iónicos

- a) De partículas alfa.
- b) De partículas beta.

B. Fotoeléctrico

- a) De haz de rayos proyectados.
- b) De haz de rayos reflejados.

C. De puente de resistencia

D. De análisis de muestra

E. Combinados

F. Taguchi con semiconductor

- **Detector de ionización**

Detecta los humos invisibles que se desprenden en los momentos iniciales de toda combustión, por lo tanto, puede decirse que de todos los sistemas de detección tiene la ventaja de acusar el incendio en su primera etapa cuando empiezan a producirse los primeros gases que después entrarán en combustión.

Reacciona ante la presencia de productos de combustión tanto visibles como invisibles lo cual hace que sea ideal para detectar un incendio en su fase inicial, mucho antes de que se formen llamas.

Se basan en la disminución que experimenta el flujo de corriente eléctrica formada por moléculas de O₂ y N₂ ionizadas por una fuente radiactiva entre dos electrodos, al penetrar los productos de combustión de un incendio.

a. Detectores iónicos de humos por partículas alfa

Se basan en la ionización de las moléculas de O₂ y N₂ del aire por partículas alfa (núcleos de átomos de helio) procedentes de una fuente radiactiva (Americio 241).

El principio de funcionamiento se basa en una fuente reactiva que ioniza dos cámaras, una de referencia y otra de análisis. En presencia de productos de combustión la cámara de análisis, en contacto directo con el ambiente, altera su conductividad produciendo un desequilibrio entre las dos cámaras. Un circuito electrónico evalúa este desequilibrio, según un ajuste predeterminado y transmite una señal a la central de control. Debe ser utilizado siempre en atmósferas limpias. Es indicado para cubrir grandes riesgos, dando una eficaz y rápida respuesta.

Este tipo de detectores posee una gran sensibilidad y fiabilidad.

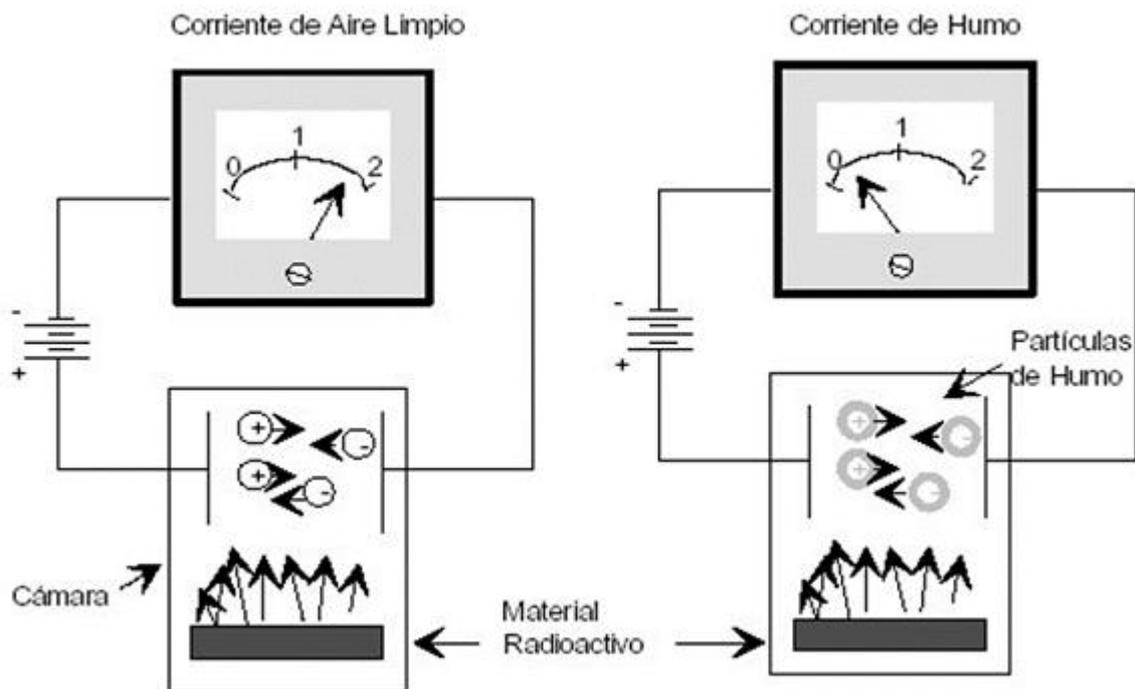


Figura 2: Detectores de humo de ionización

Aplicaciones:

Desde fuegos latentes (pirólisis, fuegos de combustión lenta) hasta fuegos abiertos de llama viva. Para combustiones de sólidos y líquidos con humos visibles e invisibles (caso de llamas vivas). Ejemplos de aplicación: plásticos, cables eléctricos, madera, lana, cuero, gasolina, aceites.

Ventajas:

- Es un detector apto para toda la gama de humos detectables.
- Estabilidad ante variaciones de presión, temperatura y corrientes de aire.
- Permite una detección precoz y es el más universal de todos.

Inconvenientes:

Da falsas alarmas en ambientes con aerosoles, polvo, aire en movimiento, humedad elevada, concentración de humo de cigarrillos y variación del voltaje de la corriente.

b. Detectores iónicos de humos por partículas beta

Estos detectores se presentaron con posterioridad a los de partículas alfa y la fuente radiactiva de partículas beta (electrones) en este caso, es el Níquel 63.

El principio de actuación es el mismo que los de partículas alfa. La intensidad de la fuente de radiación es baja y el flujo de corriente en la cámara de ionización también lo es. tipo de detectores posee una gran sensibilidad y fiabilidad.

Estos detectores han tenido éxito en la detección de las partículas procedentes de la combustión de alcohol, las cuales no son detectadas por el detector con partículas alfa.

• **Detectores fotoeléctricos de humos**

También se les denomina detectores ópticos de humos. Su funcionamiento se basa en el efecto óptico según el cual, el humo visible que penetra en el aparato afecta al haz de rayos luminosos generado por una fuente de luz, de forma que varía la luz recibida en una célula fotoeléctrica, y se activa una alarma al llegar a un cierto nivel.

El detector óptico de humos es sensible a las pequeñas partículas sólidas que se producen en la segunda etapa del fuego. Está especialmente indicado cuando el tipo de fuego previsible es capaz de generar cantidades importantes de humo antes de que se produzcan las llamas.

Con este tipo de detección se han de evitar cambios en las condiciones de luz ambiental que puedan afectar a la sensibilidad del detector. Esto se puede conseguir manteniendo el detector en un receptáculo estanco a la luz o moderando la fuente de luz.

Existen diversos tipos que se describen a continuación.

a. Detectores de humos fotoeléctricos de haz de rayos proyectados

Cuando las partículas de humo visible penetran en el haz de rayos luminosos proyectado por el emisor, la luz recibida en la célula fotoeléctrica del receptor situado a distancia disminuye, activándose la señal de alarma.

Consta de un emisor de luz y su receptor correspondiente de célula fotoeléctrica, situados ambos en los extremos de la zona a proteger. Los detectores de haz proyectado se instalan generalmente cerca del techo. También reciben el nombre de detector óptico de humos lineal.

Aplicación:

Se emplean para la protección de grandes espacios, compartimentos de gran valor, zonas de almacenamiento, zonas de sobrepresión y conductos de ventilación.

Ventajas:

- Respuesta rápida ante fuegos con humos.
- Ahorro de montaje.

Inconvenientes:

Dificultad de emplazamiento en espacios con ventilación o aire acondicionado, ya que impiden que el humo llegue en condiciones de activar el detector. Problema de pérdida de alineación si se sitúa en estructura metálica, por lo que requiere mantenimiento.

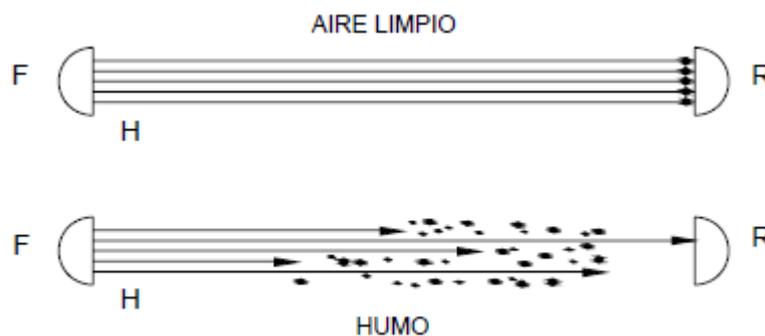


Figura 3: Detector de humo: fotoeléctrico de haz proyectado

b. Detectores de humos fotoeléctricos de haz de rayos reflejados

También reciben el nombre de ópticos de humos puntual. La fuente de luz y la unidad receptora se incluyen en un sólo receptáculo. Constan de fuente de luz, célula fotoeléctrica que ha de estar en ángulo recto con la anterior y un captador de luz frente a la fuente de luz. Estos componentes están dentro de una cámara oscura.

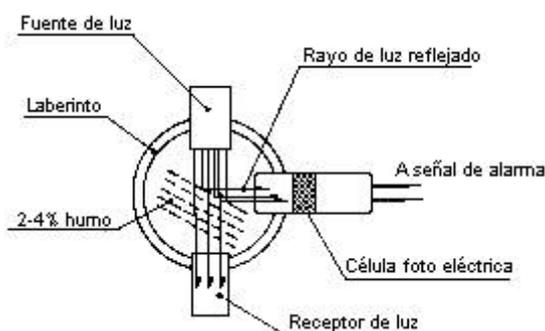


Figura 4: Detector de humos fotoeléctrico de haz reflejado en ángulo recto

Cuando entra humo, el haz de luz procedente de la fuente de luz, una parte se refracta y otra parte se refleja con las partículas de humo. La parte reflejada se dirige hacia la célula fotoeléctrica. El aumento de intensidad de luz en la célula activa una señal que se transmite al panel de control y hace sonar una alarma.

En ciertas aplicaciones se emplean sistemas de muestreo de aire con detector fotoeléctrico. Disponen de una bomba de aspiración y tubería a lo largo de la zona a proteger. El aire aspirado se canaliza en una cámara analizadora y si la concentración de humo alcanza de 1,5 a 3% refleja la luz hacia la célula fotoeléctrica y hace actuar a la alarma.

El de haz reflejado no discrimina humo de partículas de polvo. Si el humo es completamente negro no lo detecta.

Aplicaciones:

Particularmente indicado para la detección de fuegos latentes y fuegos de combustión lenta. Protección de combustibles que den humos especialmente claros como los producidos en la combustión latente de madera, algodón, papel y el recalentamiento de cables eléctricos aislados con PVC.

Se suelen combinar con detectores térmicos. Para lugares donde existan equipos eléctricos. También para detectar fuegos en los conductos de aire acondicionado.

La sensibilidad incluso es buena con humos oscuros, por lo que también es utilizable para combustión viva de madera, gasolina, plásticos y caucho.

Ventajas:

Autorregulables por suciedad y pueden avisar cuando están muy sucios. Más resistente que el iónico a las corrientes del aire. Más rápido de respuesta pues necesita menos cantidad de humo para dar la alarma.

Inconvenientes:

Si el humo es negro tal como se ha dicho no lo detecta ya que no hay dispersión de la luz.

Una variante del mismo es el que se muestra en la figura se lo denomina detector fotoeléctrico por difusión de la luz.

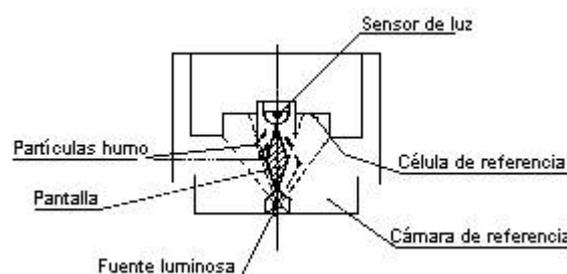


Figura 5: Detector de humos fotoeléctrico de haz reflejado, por difusión de la luz

Es un detector óptico de humos en el que la fuente luminosa, la pantalla y el sensor de luz están en el mismo eje y de tal forma que en condiciones normales (cuando no hay humo) debido a la forma de la pantalla, la luz no puede alcanzar directamente el elemento sensor y por tanto no se genera señal de alarma. Cuando entra humo en la cámara de medición, la luz emitida por la fuente luminosa se dispersa en todas direcciones en parte llega al sensor.

- **Detectores de humos por puente de resistencia**

Se basan en el principio del puente de resistencia. Se activan ante una presencia de partículas de humo y humedad sobre una rejilla con puente eléctrico. Esas partículas al caer sobre la rejilla aumentan su conductividad y se activa una alarma. Estos detectores reaccionan con cualquier gas o humo. Son poco usuales y no están considerados en Normas UNE.

Aplicaciones:

Se emplea más como detector de monóxido de carbono.

Inconvenientes:

Se disparan por escapes de vapor de agua o por partículas en suspensión en el aire. Excesivamente sensibles. No discriminan entre humos y partículas en suspensión.

- **Detectores de humos por análisis de muestra**

Consisten en una tubería que parte de la unidad de detección y se extiende por la zona a proteger. Una bomba extractora aspira una muestra de aire y la conduce a la unidad de detección en la cual se analiza si el aire contiene partículas de humo.

Los detectores de humo con cámara de niebla son de este tipo y en ellos se mide la densidad por el principio fotoeléctrico y si excede de un valor predeterminado se activa una alarma.

Es un sistema de detección poco recomendable. Se empleaba en las bodegas de las naves. Son caros por la instalación y por los analizadores poco usuales que llevan. Actualmente es inusual y se considera un modelo histórico.

- **Detectores combinados de puente de resistencia e iónico para productos de combustión**

En estos detectores, la cámara de ionización se activa por las partículas de la combustión y la resistencia de rejilla se activa por el vapor de agua producido en la combustión.

La rejilla consta de dos óxidos metálicos conductores repartidos en un sustrato de vidrio. Esta rejilla disminuye la resistencia al entrar en presencia de vapor de agua.

El aparato lleva un circuito compensador electrónico que se ajusta a los cambios de humedad ambiente.

Estos detectores actúan si se activa la cámara iónica y la rejilla del puente de resistencia, por lo que son menos sensibles a falsas alarmas por polvo, aerosoles, aire en movimiento y humedad. Igual que otros detectores de humos llevan circuitos y componentes para detectar averías y una lamparita piloto para indicar que está activado.

- **Detectores de gases de combustión tipo Taguchi con semiconductor**

Funcionan del siguiente modo: el cristal semiconductor del tipo n (negativo) lleva embebidas dos resistencias calefactoras que mantienen el semiconductor a unos 250°C para que aumente el número de electrones libres. Esa temperatura sirve también para evitar la condensación de vapor de agua en la superficie del semiconductor.

La caja externa del semiconductor es generalmente dióxido de estaño con una superficie muy porosa en la que están atrapadas moléculas de oxígeno. Cuando el sensor está expuesto a una atmósfera que contenga un gas oxidable (reductor), sus moléculas reaccionan con el oxígeno atrapado, originando una liberación de electrones en la superficie conductora. Entonces disminuye la resistencia de esa superficie y se dispara una alarma.

No discrimina bien entre gases o vapores de ciertas sustancias y humos.

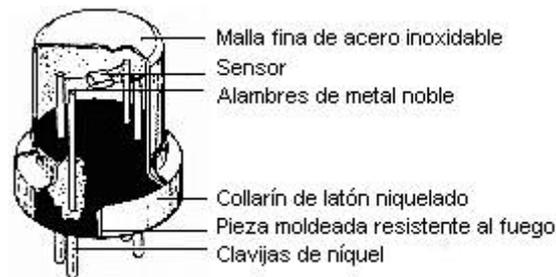


Figura 6: Detector Taguchi

Se consideraron los distintos tipos de detectores de humo y se decidió utilizar el Detector de humo fotoeléctrico de haz reflejado en ángulo recto ya que es el más utilizado comercialmente y tiene buenas prestaciones y sensibilidad.

2.1.2.2 Sensores MQ

Los sensores MQ (HANWEI ELECTRONICS, 1998) están compuestos por un sensor electroquímico que varía su resistencia al estar en contacto con las sustancias. Son dispositivos con alta inercia, es decir, la respuesta necesita tiempos largos para estabilizarse tras un cambio de concentración de los gases medidos. Ello es debido a la necesidad física de que el gas abandone el material sensible, lo cual es un proceso lento.

Todos los modelos MQ disponen de un calentador necesario para elevar la temperatura del sensor, y que sus materiales adquieran la sensibilidad. Mientras el calentador no alcance la temperatura de funcionamiento, la lectura del sensor no será fiable. El tiempo de calentamiento depende de cada modelo de sensor. En la mayoría de los modelos es suficiente con unos pocos minutos, pero algunos modelos requieren hasta 12 y 48 horas hasta obtener mediciones estables. Este tiempo de calentamiento se hace por única vez antes de empezar a utilizar el sensor.

Por otro lado, cada modelo necesita su propia tensión para alimentar el calentador. En muchos modelos esta tensión es de 5V, pero algunos modelos tienen condicionantes especiales para la alimentación.

El consumo de los sensores MQ puede ser elevado debido al calor necesario para funcionar el calentador, que puede llegar hasta 800 mW en algunos modelos.

Selección de sensores detectores de CO (Monóxido de carbono):

Para el caso del monóxido de carbono se ha considerado usar sensores de combustión catalítica de la serie MQ. En la Tabla 1 se muestran distintos sensores de CO.

Modelo del Sensor	Módulo
MQ-7	
MQ-9	
MQ-307A	
MQ-309A	

Tabla 1: Sensores de CO

Una vez analizados los diferentes sensores de CO, se realizó la comparación de sus características técnicas para seleccionar el adecuado a las necesidades del sistema, los resultados se muestran en la Tabla 2.

Sensor	Rango de detección	Consumo de potencia	Alimentación
MQ-7	(20 a 2000) ppm	≤ 350 mW	5 Vcd
MQ-9	(10 a 1000) ppm	≤ 350 mW	10 Vcd
MQ-307A	(30 a 1000) ppm	< 100 mW	6 Vcd
MQ-309A	(30 a 1000) ppm	< 100 mW	6 Vcd

Tabla 2: Comparación de características de sensores de CO

Se consideraron los modelos MQ-7 y MQ-9 debido a que se encuentran disponibles en el país. Se observa que poseen características similares en cuanto al consumo de potencia y el rango de detección, pero se dio prioridad al rango de detección y al voltaje de funcionamiento, por lo que se optó por utilizar el MQ-7.

MQ7:

Este sensor está compuesto por un material sensible de SnO₂, que tiene una conductividad más baja en aire limpio. Para la utilización de este hay que variar en ciclos de temperatura alta y baja, donde detectará el CO en el ciclo de baja temperatura (calentada por 1.4V). La conductividad del sensor es más alta junto con la concentración de gas en aumento. Cuando la temperatura es alta (calentada por 5.0V), limpia los otros gases adsorbidos a baja temperatura. El sensor podría usarse para detectar diferentes gases que contengan CO.

El módulo utilizado consta de una salida digital y una analógica, se utilizó la salida analógica para trabajar con diferentes niveles de presencia de gas, se debe estimar la curva característica de sensibilidad que presenta el datasheet del sensor. (sparkfun, 2003)

PPM	RS/RO
50	1.6
100	1
200	0.6
400	0.39
600	0.3
1000	0.22
2000	0.15
3000	0.11
4000	0.09

Tabla 3: Valores estimados de Rs/Ro en función de PPM

En base a la curva característica del sensor en respuesta a CO se aproximan los datos mostrados en la Tabla 3. Debido a que existe un conjunto de valores hay que estimar y por dispersión mostrar la relación entre estos valores para hallar la ecuación correspondiente, utilizando Microsoft Excel como herramienta de elaboración. Finalmente se obtiene la curva característica y la ecuación respectiva como se ve en la figura 7.

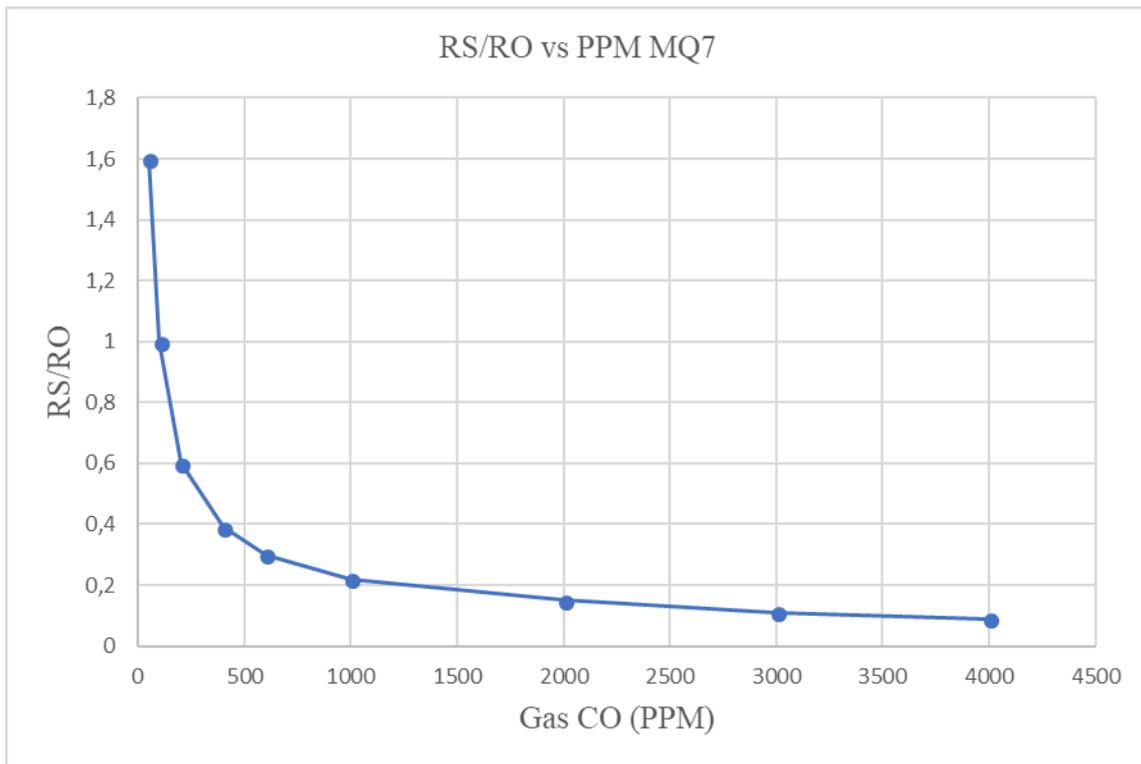


Figura 7: Curva del sensor MQ-7 – (Rs/Ro) vs PPM

Se reemplazan los valores (x, y) a las unidades requeridas y se tiene una representación exponencial en la ecuación “1”:

Ecuación 1: Relación Rs-Ro

$$\frac{R_s}{R_0} = 19.304 \times (PPM)^{-0.646}$$

El coeficiente de determinación (R^2) es cercano a 1, lo que indica que la ecuación resultante es aceptable. Siguiendo el procedimiento anterior el valor de Rs se puede calcular mediante la ecuación “2”.

Ecuación 2: Calculo valor Rs

$$R_s = R_0 \cdot 19.304 \times (PPM)^{-0.646}$$

El circuito de medición en el datasheet forma un divisor de voltaje. Por lo que en la ecuación “2” se obtiene la resistencia del sensor en función del voltaje de salida del mismo. Se relaciona la ecuación “1” con la ecuación “2” para obtener la ecuación 3, la cual permite calcular el número de partes por millón (PPM) de CO en función del voltaje de salida del sensor.

Ecuación 3: Calculo de PPM

$$PPM = 10 \times \frac{\log \left| \left(\frac{V_{cc} - V_{out}}{V_{out}} \right) \left(\frac{R_L}{R_0 * 19.304} \right) \right|}{-0.646}$$

Esta ecuación permite configurar al microcontrolador de modo que se puedan transformar los datos del sensor en información medible para el usuario.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

La resistencia de la superficie del sensor R_s se obtiene a través de la salida de la señal de voltaje, efectuada por resistencia de carga R_L que se conecta en serie. La relación entre ellos se describe como:

Ecuación 4: Relación R_s - R_L

$$\frac{R_s}{R_L} = \frac{(V_{cc} - V_{RL})}{V_{RL}}$$

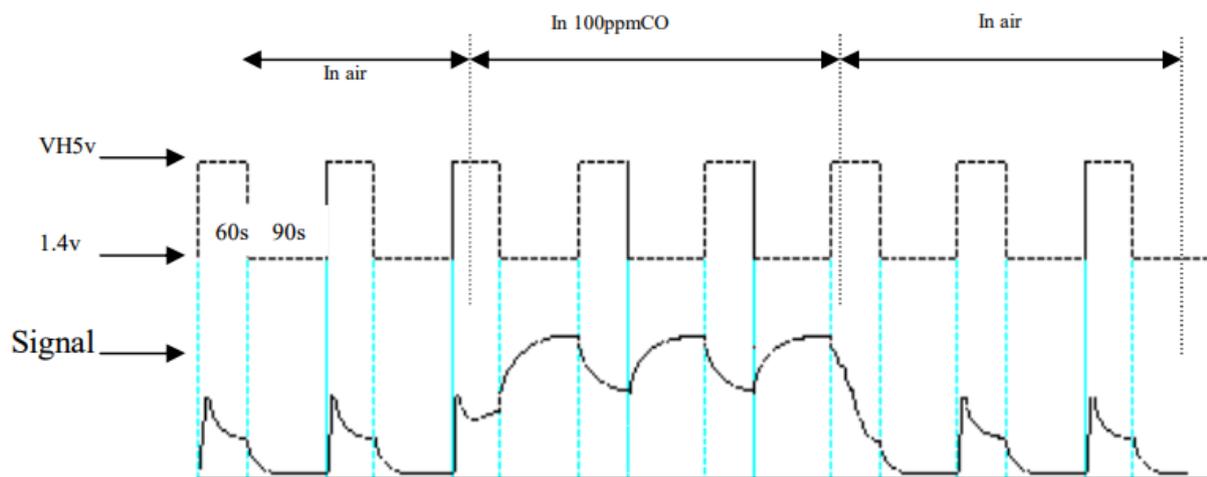


Figura 8: Ciclos de medición y la alteración de la señal de salida en R_L (sparkfun, 2003)

En la figura se muestra los ciclos de medición y la alteración de la señal de salida en R_L cuando el sensor pasa del aire limpio a una concentración de 100 ppm de monóxido de carbono (CO), la medición de la señal de salida se realiza en el final del ciclo de baja temperatura (1,4V), es decir, que se toma una muestra cada 2,5 minutos. Este sensor mantiene su estabilidad de censo por aproximadamente 5 años.

2.1.2.3 Selección de módulos de procesamiento:

En el mercado existen placas de varios fabricantes, que posee diferentes series de microcontroladores, estas placas se diferencian por sus características y especificaciones. Además, tienen un entorno de desarrollo y un lenguaje de programación que puede adaptarse a las necesidades del usuario. Entre las plataformas de desarrollo más importantes se encuentran: Arduino, Waspote, Intel Galileo, Spark.

De las plataformas mencionadas se escogió Arduino (Arduino, 2018) para el bloque de procesamiento, y las razones se exponen a continuación:

- Arduino es libre y escalable: Se puede ampliar y mejorar tanto el hardware (placas) como el software (entorno de desarrollo) y adaptarlos a nuestras necesidades.
- Tiene una gran comunidad: En el país y en el mundo muchas personas lo usan, aportan con su documentación y comparten incesantemente sus ideas.
- Su entorno de programación es multiplataforma: Soporta Windows, Linux y Mac. Esto no ocurre con el software de otras placas.
- Las placas Arduino son reutilizables y versátiles: se puede aprovechar las funcionalidades de la placa para varios proyectos, además poseen varios tipos de entradas y salidas que permiten trabajar con múltiples tipos de sensores y actuadores.

Se procede a evaluar las características funcionales de los modelos disponibles. Y en la Tabla 4 se presentan las características de cada uno de los modelos de placas Arduino.

	Uno	Mega 2560	Mega ADK	Due	Nano	Leonardo
Microcontrolador	ATMega328P	ATMega2560	ATMega2560	AT91SAM3	ATmega168 o ATmega328	ATmega32u4
Voltaje de alimentacion	7 – 12 V	7 – 12 V	7 – 12 V	7 – 12 V	7 – 12 V	7 – 12 V
Pines digitales E/S	14 (6 salidas PWM)	54 (15 salidas PWM)	54 (15 salidas PWM)	54 (12 salidas PWM)	14 (6 salidas PWM)	20
Pines analógicos de entrada	6	16	16	12	8	12
Memoria Flash	32 KB (0.5 KB usado por el bootloader)	256 KB (8 KB usado por el bootloader)	256 KB (8 KB usado por el bootloader)	512 KB (8 KB usado por el bootloader)	16 KB (ATmega168) o 32 KB (ATmega328) 2KB usado por el bootloader	32 KB (4 KB usado por el bootloader)
SRAM	2 KB	8 KB	8 KB	96 KB	1 KB (ATmega168) o 2 KB (ATmega328)	2.5 KB
EEPROM	1 KB	4 KB	4 KB	-----	512 bytes (ATmega168) o 1 KB (ATmega328)	1 KB
Reloj	16 MHz	16 MHz	16 MHz	84 MHz	16 MHz	16 MHz
Dimensiones	68.6mm x 53.4mm	101.52mm x 53.3mm	101.52mm x 53.3mm	101.52mm x 53.3mm	45mm x 18mm	68.6mm x 53.3mm
Precio	USD 15	USD 22	USD 50	USD 40	USD 10	USD 21

Tabla 4: Características de placas Arduino

En los modelos Uno, Nano y Leonardo su capacidad de memoria se ve notablemente reducida con respecto a los demás módulos, sin embargo, el punto principal son los terminales de E/S analógicos y digitales, los cuales se consideran son los necesarios para desarrollo del sistema, esto

reduce el desperdicio de recursos y aprovecha al máximo las funcionalidades de cada placa. Finalmente, de los 3 modelos se seleccionó la placa Arduino nano, por las siguientes razones:

- Se realizaron pruebas de funcionamiento y se adaptó rápidamente a las necesidades requeridas por el sensor MQ-7 y a la comunicación con el módulo wifi ESP8266.
- Sus dimensiones son las adecuadas, ya que se pretende incluirlo a los nodos sensores como dispositivos pequeños dentro de la infraestructura doméstica.
- No tiene conector de alimentación lo que nos permite decidir el lugar y la forma de alimentarlo.

Arduino Nano:

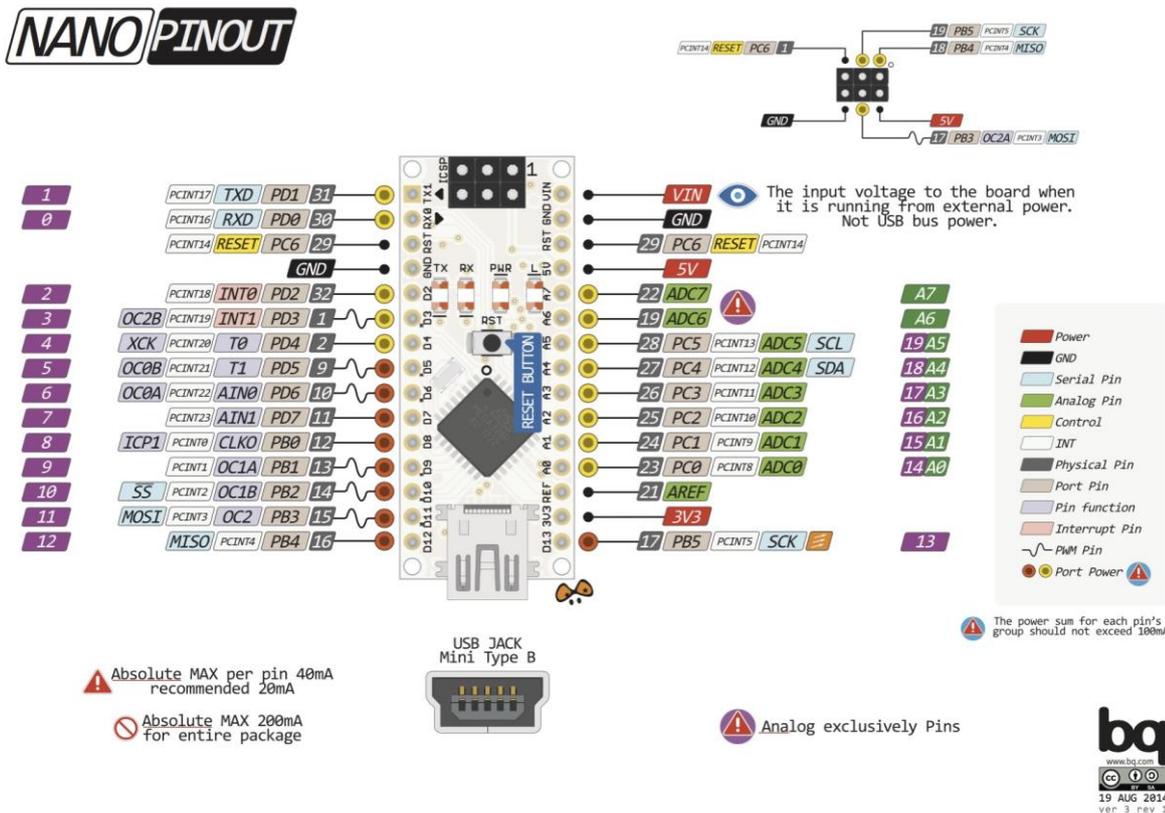


Figura 9: Modulo Arduino Nano

El Arduino Nano (Arduino, 2018) es una placa pequeña, completa y fácil de usar basado en el microcontrolador ATmega328P (Microchip, 2018). Funciona con un cable USB Mini-B, una fuente de alimentación externa no regulada de 6-20V (pin 30) o una fuente de alimentación externa regulada de 5V (pin 27). La fuente de poder se selecciona automáticamente a la fuente de voltaje más alta.

Cada uno de los 14 pines digitales en el Nano se puede usar como entrada o salida, operan a 5 voltios. Cada pin puede proporcionar o recibir un máximo de 40 mA y tiene una resistencia interna de pull-up (desconectada por defecto) de 20-50 KOhms. Además, algunos pines tienen funciones especializadas:

- Serie: 0 (RX) y 1 (TX). Se usa para recibir (RX) y transmitir (TX) datos en serie TTL. Estos pines están conectados a los pines correspondientes del chip serie FTDI USB a TTL.
- Interrupciones externas: 2 y 3. Estos pines se pueden configurar para activar una interrupción en un valor bajo, un flanco ascendente o descendente, o un cambio en el estado.
- PWM: 3, 5, 6, 9, 10 y 11. Proporcionan salida PWM de 8 bits.
- SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Estos pines admiten la comunicación SPI.
- LED: 13. Hay un LED integrado conectado al pin digital 13. Cuando el pin tiene un valor ALTO, el LED está encendido, cuando el pin está BAJO, está apagado.
- El Nano tiene 8 entradas analógicas, cada una de las cuales proporciona 10 bits de resolución (es decir, 1024 valores diferentes). Por defecto, miden desde tierra a 5 voltios, aunque es posible cambiar el extremo superior de su rango utilizando la función `analogReference()`. Los pines analógicos 6 y 7 no se pueden usar como pines digitales. Además, algunos pines tienen una funcionalidad especializada:
- I2C: 4 (SDA) y 5 (SCL). Admite la comunicación I2C (TWI) utilizando la biblioteca `Wire` (documentación en el sitio web de Wiring).

Hay un par de otros pines en el tablero:

- AREF. Voltaje de referencia para las entradas analógicas. Usado con `analogReference()`.
- Reset. Pasando a un estado bajo se reinicia el microcontrolador. Normalmente se usa para agregar un botón de reinicio.

El Arduino Nano tiene varias facilidades para comunicarse con una computadora, otro Arduino u otros microcontroladores. El ATmega328P proporciona comunicación serial UART TTL (5V), que está disponible en los pines digitales 0 (RX) y 1 (TX). Un FTDI FT232RL en la placa canaliza esta comunicación en serie a través de USB y los controladores FTDI (incluidos con el software Arduino) proporcionan un puerto virtual para el software en la computadora. El software Arduino incluye un monitor serie que permite el envío de datos textuales simples hacia y desde la placa Arduino. Los LED RX y TX de la placa parpadearán cuando los datos se transmitan a través del chip FTDI y la conexión USB a la computadora (pero no para la comunicación serial en los pines 0 y 1).

2.1.2.4 Selección de Modulo WiFi

ESP8266:

ESP8266 (Espressif, 2018) es el nombre de un microcontrolador diseñado por una compañía china llamada Espressif Systems en su sede en Shanghai. Este chip es una excelente solución para aplicaciones con redes wifi, que permite ser puente entre los microcontroladores que hasta ahora existen o que tiene la capacidad de ejecutar aplicaciones independientes.

Un ESP8266 salido de fábrica no sería de mucha utilidad ya que su producción está basada en la compactación de un chip SMT (Tecnología de Montaje Superficial por sus siglas en inglés - Surface Mount Technology) el cual viene en un pequeño paquete de tan solo cinco milímetros cuadrados. Muchas empresas desarrollaron circuitos impresos con este chip facilitando su uso. Esto nos permite trabajar con este dispositivo único acoplado a un microcontrolador, para desarrollar proyectos o como sistema autónomo para ciertas aplicaciones.

Como ya se mencionó, el módulo ESP8266 es ideal para aplicaciones IOT por su bajo costo, características, variantes y aplicaciones. Iniciaremos analizando sus características generales:

- Voltaje: 3.3 V
- Consumo de corriente: 10 μ A (modo sleep) – 170 mA
- Memoria Flash: 16 MB máx.
- Procesador: Tensilica L106 32 bit
- Velocidad del procesador: 80 – 160 MHz
- 1 entrada analógica con 10 bit de resolución (1024 valores)
- Soporte de 802.11: b/g/n/d/e/i/k/r
- Máximas conexiones simultáneas: 5
- 64 [KB] de memoria RAM para instrucciones, más 96 [KB] de RAM para datos.
- Tecnología Wifi según la norma IEEE 802.11 b/g/n Wifi.
- Hasta 16 pines de propósito general (GPIO).
- Periféricos de comunicación SPI, I²C y UART.
- Pines de reinicio.

Procesador:

El system on a chip (SoC) ESP9266EX usa un microcontrolador Tensilica Xtensa L106, que es un procesador de 32 bit con instrucciones de 16 bit.



Figura 10: Foto ilustrativa ESP9266EX

El SoC describe la tendencia cada vez más frecuente de usar tecnologías de fabricación que integran todos o gran parte de los módulos que componen un computador o cualquier otro sistema informático o electrónico en un único circuito integrado o chip.

a) Arquitectura:

Tiene una arquitectura de Harvard, con lo cual la CPU puede tanto leer una instrucción como realizar un acceso a la memoria de datos al mismo tiempo, incluso sin una memoria caché.

En consecuencia, una arquitectura de computadores Harvard puede ser más rápida para un circuito complejo, debido a que la instrucción obtiene acceso a datos y no compite por una única vía de memoria.

a) Variantes de circuitos comerciales:

Como ya lo hemos dicho el ESP8266 es solo un procesador, pero su versión varía a la hora de construirlo sobre una placa impresa ya que sus características de construcción difieren en diferentes aspectos. Existen diferentes fabricantes que producen estas placas basadas en ESP8266. Entre ellas están, AI-Thinker (China), Wemos (China), Adafruit (EEUU) y SparkFun (EEUU).

Ventajas:

- Permiten, mediante una interfaz serial asíncrona, a cualquier aplicación en microcontrolador conectarse a Internet.
- Pueden funcionar como punto de acceso y comportarse como servidores TCP o UDP.
- Son capaces de funcionar como estaciones, que se conectan a un punto de acceso y conectarse, a un servidor TCP o UDP, como clientes.
- Son muy baratos, el precio de los módulos varía entre 2 USD y 5 USD.
- Son muy pequeños, la versión más pequeña tiene un área de apenas un centímetro cuadrado.
- Existen ejemplos y videos de ciertos módulos ESP8266 estableciendo una conexión con un punto de acceso a más 300 [m] al aire libre usando la antena grabada en el circuito, esta distancia aumenta considerablemente con una antena externa.

- El fabricante Espressif ha liberado un SDK (paquete de desarrollo de software), con lo que el firmware de los módulos se puede modificar, aunque esto aún está en fase de desarrollo.
- En función del firmware grabado en la memoria de los módulos, éstos son capaces de establecer un modo de comunicación transparente, donde los datos transmitidos por su receptor serial son encapsulados según el protocolo TCP y enviados a un servidor, del mismo modo, y los datos transmitidos por el servidor se desencapsulan en el módulo para luego ser reenviados por su transmisor serial. En otras palabras, el módulo se comporta como si de un cable serial se tratara.

Desventajas:

- La información disponible está muy dispersa y la gran mayoría de esta es una mala traducción del chino al inglés.
- Algunos módulos, son enviados con otro firmware diferente al oficial o son versiones piratas vendidas como originales, esto hace que el dispositivo funcione de manera inesperada.
- Para lograr un máximo alcance los módulos pueden llegar demandar hasta 500[mA] a la fuente de alimentación, esto encarece el diseño de dicha fuente.
- Algunos módulos tienen errores en la máscara de serigrafía de la tarjeta, o bien dicen haber obtenido la certificación FCC Ce, lo cual en algunos casos no es verdad.

A continuación, revisaremos cada una de estas variantes que ofrece la compañía AI-Thinker, donde el usado en este proyecto pertenece a esta empresa.



Figura 11: Modelos de Módulos ESP8266

- **ESP8266-01:**
Dimensiones: 14,30 mm × 24,80 mm. Conexiones: 8 pines entre alimentación y GPIO. Antena impresa en la PCB sin apantallar. Alimentación: 3,3 V.
- **ESP8266-02:**
Dimensiones: 14,20 mm × 14,20 mm. Conexiones: 8 pines de superficie. Sin antena en la placa, pero con un conector para antena externa sin apantallar. Alimentación: 3,3 V.

- **ESP8266-03:**
Dimensiones: 17,30 mm × 12,10 mm. Conexiones: 14 pines de superficie. Antena de tipo cerámico sin apantallar. Alimentación: 3,3 V.
- **ESP8266-04:**
Dimensiones: 14,70 mm × 12,10 mm. Conexiones: 14 pines de superficie. Sin antena. Alimentación: 3,3 V.
- **ESP8266-05:**
Dimensiones: 14,20 mm × 14,20 mm. Conexiones: 8 pines. Sin antena en placa, con un conector para antena externa. Alimentación: 3,3 V.
- **ESP8266-06:**
Dimensiones: 14,20 mm × 14,70 mm. Conexiones: 12 pines bajo la placa. Sin antena. Alimentación: 3,3 V.
- **ESP8266-07:**
Dimensiones: 20,00 mm × 16,00 mm. Conexiones: 16 pines de superficie. Antena cerámica u conector para antena externa. Alimentación: 3,3 V.
- **ESP8266-08:**
Dimensiones: 17,00 mm × 16,00 mm. Conexiones: 16 pines de superficie. Sin antena. Alimentación: 3,3 V.
- **ESP8266-09:**
Dimensiones: 10,00 mm × 10,00 mm. Conexiones: 18 pines bajo la placa (6 de las cuales van a masa). Sin antena. Alimentación: 3,3 V.
- **ESP8266-10:**
Dimensiones: 14,20 mm × 10,00 mm. Conexiones: 5 pines de superficie. Sin antena. Alimentación: 3,3 V.
- **ESP8266-11:**
Dimensiones: 14,20 mm × 10,00 mm. Conexiones: 5 pines de superficie. Sin antena. Alimentación: 3,3 V.
- **ESP8266-12:**
Dimensiones: 24,00 mm × 16,00 mm. Conexiones: 16 pines de superficie. Antena impresa en la PCB apantallado. Alimentación: 3,3 V.
- **ESP8266-12-E — ESP8266-12-F:**
Dimensiones: 24,00 mm × 16,00 mm. Conexiones: 22 pines de superficie. Antena impresa en la PCB apantallado. Alimentación: 3,3 V.

- **ESP8266-13:**

Dimensiones: 18,00 mm × 20,00 mm. Conexiones: 18 pines de superficie. Antena impresa en la PCB apantallado. Alimentación: 3,3 V.

- **ESP8266-14:**

Incluye un STM8 que se encarga de controlar el ESP8266 por medio de órdenes AT. Dimensiones: 24,30 mm × 16,20 mm. Conexiones: 22 pines de superficie. Antena impresa en la PCB apantallado Alimentación: 3,3 V.

- **ESP8266-WROOM:**

Dimensiones: 18,00 mm × 20,00 mm. Conexiones: 18 pines de superficie. Antena impresa en la PCB apantallado. Alimentación: 3,3 V.

- **NodeMCU:**

Basado en ESP-12. Posee 30 pines, USB y Antena impresa en la PCB apantallado. Alimentación: 3,3 V y 5 V.

- **ESP8266-201:**

Dimensiones: 26,00 mm × 33,50 mm. Conexiones: 26 pines separadas una décima de pulgada y distribuidas en dos tiras de 11 a cada lado (que encajan en una placa de pruebas). Antena impresa en la placa y conector para una antena externa. Alimentación: 3,3 V.

Después de investigar y evaluar sobre estos módulos, se decidió seleccionar el Módulo WiFi ESP-12F ya que es mínimo en tamaño, contiene antena impresa en la placa, es de los últimos modelos que salió al mercado y aparte se consigue fácilmente en el mercado. A continuación, profundizaremos sobre este módulo utilizado.

Módulo WiFi ESP-12F



Figura 12: Modulo ESP-12F

El módulo WiFi ESP-12F (AI-thinker, 2017) posee un microcontrolador tensilica L106 de ultra bajo consumo de 32 bits, velocidad de reloj de 80 MHz a 160 MHz, es compatible con RTOS, Wi-Fi integrado MAC / BB / RF / PA / LNA, antena impresa.

El módulo admite el protocolo estándar IEEE802.11 b / g / n, una pila completa de protocolos TCP / IP. Los usuarios pueden usar los módulos para un dispositivo existente para agregar redes o construir un controlador de red separado.

ESP8266 es SOC inalámbrico de alta integración, diseñado para diseñadores de plataformas móviles con limitaciones de espacio y energía.

Alternativamente, sirve como un adaptador de Wi-Fi, el acceso inalámbrico a Internet se puede agregar a cualquier diseño basado en microcontrolador con conectividad simple (interfaz SPI / SDIO o I2C / UART).

ESP8266 es uno de los chips WiFi más integrados en la industria; antena integrada, amplificador de potencia, amplificador de recepción de bajo ruido, filtros, módulos de administración de energía, requiere un circuito externo mínimo, está diseñada para ocupar un área mínima de PCB.

2.1.2.5 Selección del Sensor de Temperatura

A continuación, procedemos a evaluar los sensores de temperatura que poseíamos y el porqué de cual se eligió.

Básicamente nos decantaremos por un tipo de sensor u otro en función de algunas de sus características, aunque también tendremos en cuenta qué pines serán los que ocupe dicho sensor, de manera que, en la medida de lo posible, no interfieran con otra serie de elementos o dispositivos que serán conectados a nuestra placa, como pueden ser el módulo Wi-Fi, sensor de humo, sensor de CO, los LEDs, el buzzer, etc.

A continuación, entramos a ver en detalle cada uno de los modelos, evaluando sus principales características.

• Sensor de temperatura analógico “SEN118A2B”

El SEN118A2B es un sensor de temperatura que difiere bastante de los que veremos seguidamente. Su diseño cuenta con una cabeza de acero, y consta de un cable de dos hilos para su conexión. A simple vista parece el más robusto de los tres sensores que presentaremos. Pero para nuestro propósito no nos servirá que contenga cable ya que va a ir montado en la placa.



Figura 13: Sensor de temperatura SEN118A2B

• Sensor de temperatura digital “DS18B20”

Este sensor a diferencia del anterior es digital. En la figura 3.29 se muestra el esquema para el montaje del mismo, donde se debe colocar una resistencia de pull-up.

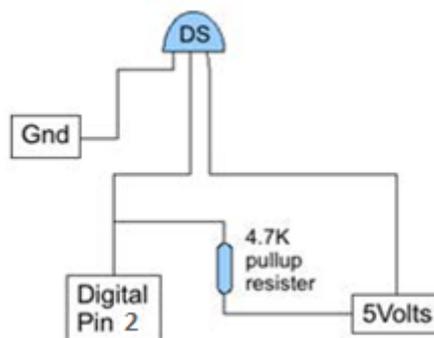


Figura 14: Esquema de montaje del sensor DS18B20

El sensor digital DS1820 (Semiconductor, 2018) proporciona lecturas de temperatura de 9 bits que indican la temperatura del dispositivo. La información se envía a / desde el DS1820 a través de una interfaz de 1 cable, de modo que solo se necesita conectar un cable (y tierra) desde un microcontrolador central a un DS1820. La energía para lectura, escritura, y conversiones de temperatura se pueden derivar de la propia línea de datos sin necesidad de una fuente de alimentación externa.

Debido a que cada DS1820 contiene una dirección de serie única de 64 bits, pueden existir múltiples DS1820 en el mismo bus por el que se transmite el valor digital de temperatura. Esto permite colocar varios sensores de temperatura en el mismo bus. Las aplicaciones donde esta característica es útil incluyen controles ambientales, detección de temperaturas dentro de edificios, equipos o maquinaria, y en el monitoreo y control del proceso.

Debido a que no habíamos trabajado con este sensor y por las características que posee se decidió usarlo para el proyecto y así aprender más acerca de él.

2.1.2.6 Selección de Protocolo de Comunicación para Internet

MQTT (Message Queue Telemetry Transport)

Para dispositivos de Internet de las Cosas (IoT) es necesaria la conexión a Internet. La conexión a Internet permite que los dispositivos trabajen entre ellos y con servicios backend. El protocolo de red subyacente de internet es TCP/IP. MQTT (Message Queue Telemetry Transport), que está construido sobre la pila de TCP/IP, se ha convertido en el estándar para las comunicaciones de IoT. Originariamente, MQTT (Yuan, 2017) fue inventado y desarrollado por IBM a finales de los 90. Su aplicación original era conectar sensores de los oleoductos con satélites. Tal como sugiere su nombre, es un protocolo de mensajería que soporta la comunicación asíncrona entre las partes. Un protocolo de mensajería asíncrona disocia al emisor y al receptor de los mensajes tanto en espacio como en tiempo, y, por lo tanto, es escalable en entornos de red no confiables. A pesar de su nombre, no tiene nada que ver con las colas de mensajería, y, en cambio, utiliza un modelo de publicación y suscripción. Soporta lenguajes de programación populares mediante la utilización de varias implementaciones de código abierto.

Por qué MQTT

MQTT es un protocolo de red liviano y flexible que logra el equilibrio adecuado para los desarrollados de IoT:

- El protocolo liviano le permite implementarse en hardware de dispositivos altamente limitados y en redes con ancho de banda de alta latencia/limitado.
- Su flexibilidad hace que pueda soportar varios escenarios de aplicaciones para dispositivos y servicios de IoT.

Para entender por qué MQTT es tan adecuado para los desarrolladores de IoT, examinemos por qué otros protocolos de red populares han fallado con IoT.

La mayor parte de los desarrolladores ya están familiarizados con los servicios web de HTTP. Así, ¿por qué no hacer que los dispositivos de IoT se conecten con servicios web? El dispositivo podría enviar sus datos como una solicitud HTTP y recibir actualizaciones del sistema como la respuesta de HTTP. Este patrón de solicitud y respuesta tiene algunas limitaciones graves:

- HTTP es un protocolo sincronizado. El cliente espera a que el servidor responda. Los navegadores web tienen este requisito, que trae consigo el costo de una mala escalabilidad. En el mundo de IoT, el gran número de dispositivos y muy probablemente una red no confiable, o de alta latencia, han hecho que la comunicación sincronizada sea problemática. Un protocolo de mensajería asíncrona es mucho más adecuado para las aplicaciones de IoT. Los sensores pueden enviar lecturas y dejar que la red descubra la ruta y el momento óptimos para la entrega de dispositivos y servicios de destino.
- El HTTP tiene una dirección. El cliente debe iniciar una conexión. En una aplicación de IoT los dispositivos y los sensores son normalmente los clientes, lo que significa que no pueden recibir comandos de la red de forma pasiva.
- HTTP es un protocolo 1-1. El cliente hace una solicitud y el servidor responde. Transmitir un mensaje a todos los dispositivos de la red, lo que es un caso de uso habitual en las aplicaciones IoT, es algo difícil y caro.
- HTTP es un protocolo pesado con muchas cabeceras y reglas. No es adecuado para redes congestionadas.

Por las razones anteriores, la mayor parte de los sistemas escalables de alto rendimiento utilizan un bus de mensajería asíncrona, en vez de servicios web, para intercambiar datos internamente. De hecho, el protocolo de mensajería que se utiliza más habitualmente en los sistemas de middleware empresarial se llama AMQP (Advanced Message Queuing Protocol). Sin embargo, en entornos de alto rendimiento, el poder de la computación y la latencia de la red no son generalmente una preocupación. AMQP está diseñado para la confiabilidad y la interoperabilidad en aplicaciones empresariales. Tiene un amplio conjunto de funciones, pero no es adecuado para aplicaciones de IoT con recursos limitados.

Además de AMQP, hay otros protocolos de mensajería populares. Por ejemplo, el XMPP (Extensible Messaging and Presence Protocol) es un protocolo de mensajería instantánea (IM) peer-to-peer. Tiene muchas funciones que soportan casos de uso de IM, como los adjuntos de presencia y de medios de comunicación. Comparado con MQTT, requiere muchos más recursos tanto en el dispositivo como en la red.

Así que, ¿qué es lo que hace que MQTT sea tan liviano y flexible? Una de las principales funciones del protocolo MQTT es su modelo de publicación y suscripción. Como con todos los protocolos de mensajería, éste desacopla los datos del consumidor y del publicador.

El modelo de publicación y suscripción

El protocolo MQTT define los tipos de entidades en la red: un intermediario de mensajes y un número de clientes. El intermediario es un servidor que recibe todos los mensajes de los clientes y luego los redirige a clientes de destinos relevantes. Un cliente es cualquier cosa que pueda interactuar con el intermediario para enviar y recibir mensajes. Un cliente puede ser un sensor de IoT en el campo o una aplicación del centro de datos que procesa datos de IoT.

- 1- El cliente se conecta con el intermediario. Se puede suscribir a cualquier "tema" de mensajes de intermediario. Esta conexión puede ser una conexión TCP/IP simple o una conexión TLS cifrada para mensajes confidenciales.
- 2- El cliente publica el mensaje, sobre un tema, enviando el mensaje y el tema al intermediario.
- 3- Después, el intermediario redirige el mensaje a todos los clientes que están suscritos a ese tema.

Ya que los mensajes MQTT están organizados por temas, el desarrollador de aplicaciones tiene la flexibilidad de especificar que ciertos clientes sólo puedan interactuar con determinados mensajes. Por ejemplo, los sensores publicarán sus lecturas sobre tema "sensor_data" y se suscribirán al tema "config_change". Las aplicaciones de procesamiento de datos que guardan datos del sensor en una base de datos backend se suscribirán al tema "sensor_data". Una aplicación de consola de administración puede recibir los comandos del administrador del sistema para ajustar las configuraciones de los sensores, como la sensibilidad y la frecuencia de la muestra, y publicar esos cambios en el tema "config_change". (Vea Figura 1.)

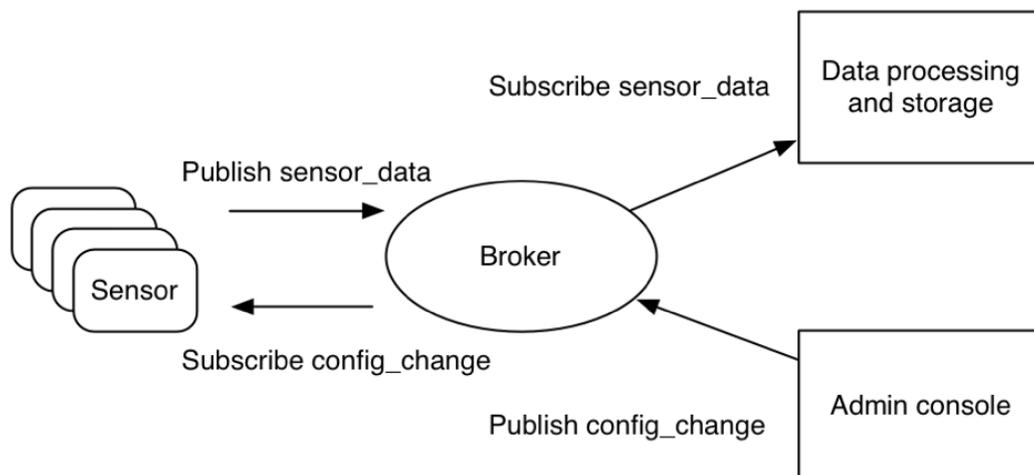


Figura 15: El modelo de publicación y suscripción de MQTT para los sensores de IoT

Al mismo tiempo, MQTT es liviano. Tiene una cabecera simple para especificar el tipo de mensaje, un tema basado en texto y, a continuación, una carga útil binaria y arbitraria. La aplicación puede utilizar cualquier formato de datos para la carga útil, como: JSON, XML, cifrado binario o Base64, siempre que los clientes destino puedan analizar la carga útil.

Seguridad

Los datos de IoT intercambiados pueden resultar muy críticos, por lo que es posible garantizar la seguridad de los intercambios en varios niveles:

- Transporte en SSL/TLS
- Autenticación mediante certificados SSL/TLS
- Autenticación mediante usuario y contraseña

QoS

El MQTT lleva integrada en modo nativo la noción de QoS (Quality of Service, calidad de servicio). En efecto, el publicador tiene la posibilidad de definir la calidad de su mensaje.

Hay tres niveles posibles:

- Un mensaje de QoS nivel 0 se entregará como mucho una vez. Eso significa que el mensaje se envía sin garantías de recepción (el broker no informa al remitente de que ha recibido el mensaje)
- Un mensaje de QoS nivel 1 se entregará al menos una vez. El cliente lo transmitirá varias veces si es necesario, hasta que el broker le confirme que lo ha enviado a la red.
- Un mensaje de QoS nivel 2 será obligatoriamente guardado por el emisor, que lo transmitirá siempre que el receptor no confirme su envío a la red. La principal diferencia radica en que el emisor utiliza una fase de reconocimiento más sofisticada con el broker para evitar la duplicación de los mensajes (más lento, pero más seguro).

En nuestro caso se utilizó un QoS nivel 1 para asegurar la entrega de los datos.

Broker

El Broker es el elemento encargado de gestionar la red y redirigir los mensajes a sus correspondientes suscriptores. Para mantener activo el canal, los clientes mandan periódicamente un paquete (PINGREQ) y esperan la respuesta del broker (PINGRESP). La comunicación puede ser cifrada entre otras muchas opciones. Tiene una capacidad de manejo de hasta 10000 clientes. En nuestro caso, se optó por utilizar cloudmqtt (CloudMQTT, 2018), que posee servidores Mosquitto administrados en la nube. Mosquitto (Eclipse, 2018) es un Broker desarrollado como código abierto, ampliamente utilizado debido a su ligereza frente a otras alternativas como Mosca que al estar escrito en java consume más recursos, lo que nos permite fácilmente emplearlo en gran número de ambientes, incluso si éstos pueden aportar pocos recursos.

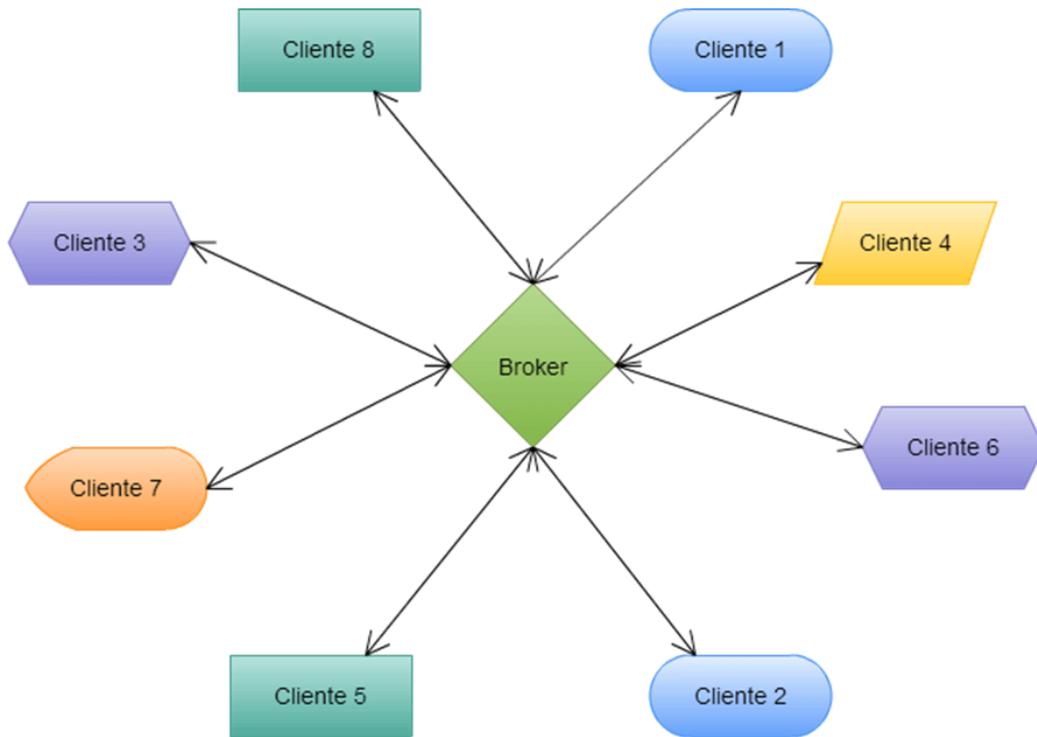


Figura 16: Diagrama de Broker

2.1.3 Propuestas de circuitos y esquemas.

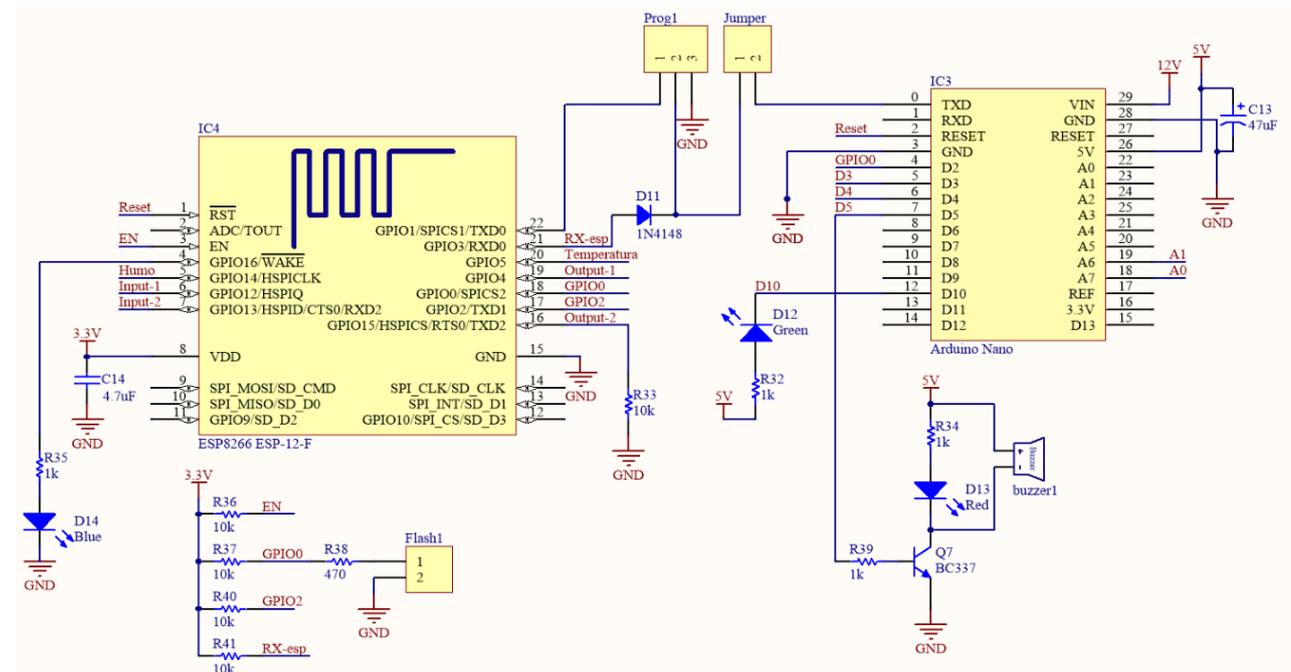


Figura 17: Circuito lógico

En la figura anterior observa a la izquierda el módulo WiFi ESP8266 y a la derecha el Arduino nano. El ESP8266 es el encargado de servir como enlace de comunicación, entre los sensores y el servidor a través de internet. También, se encarga de leer el estado del sensor de humo, leer el estado de las entradas digitales, activar las salidas, censar temperatura y encender el led azul, que indica el estado de conexión con la red wifi. A pesar de que el ESP8266 posee una entrada analógica/digital, esta admite una tensión máxima de entrada de 3.3V y para la utilización del sensor de monóxido de carbono se necesitan dos de estas con un voltaje de hasta 5v, es por esto que se optó por usar el Arduino nano y comunicar estos por el puerto UART.

El Arduino nano tiene como función leer el valor analógico, a través del pin A0, arrojado por el sensor de CO y realizar los cálculos pertinentes para obtener las ppm del gas. También, es el encargado de activar el buzzer y el led rojo en caso de detectar alto contenido de CO, como así también si es detectado humo, donde el otro microcontrolador le avisa a este poniendo en alto el pin digital D2. Posee un led verde, el cual disminuye su brillo a medida que aumentan las ppm del gas, apagándose pasando un valor de 100 ppm.

El jumper prog, es utilizado para la programación y debug del ESP8266; y donde el jumper Flash es para setearlo en modo programación.

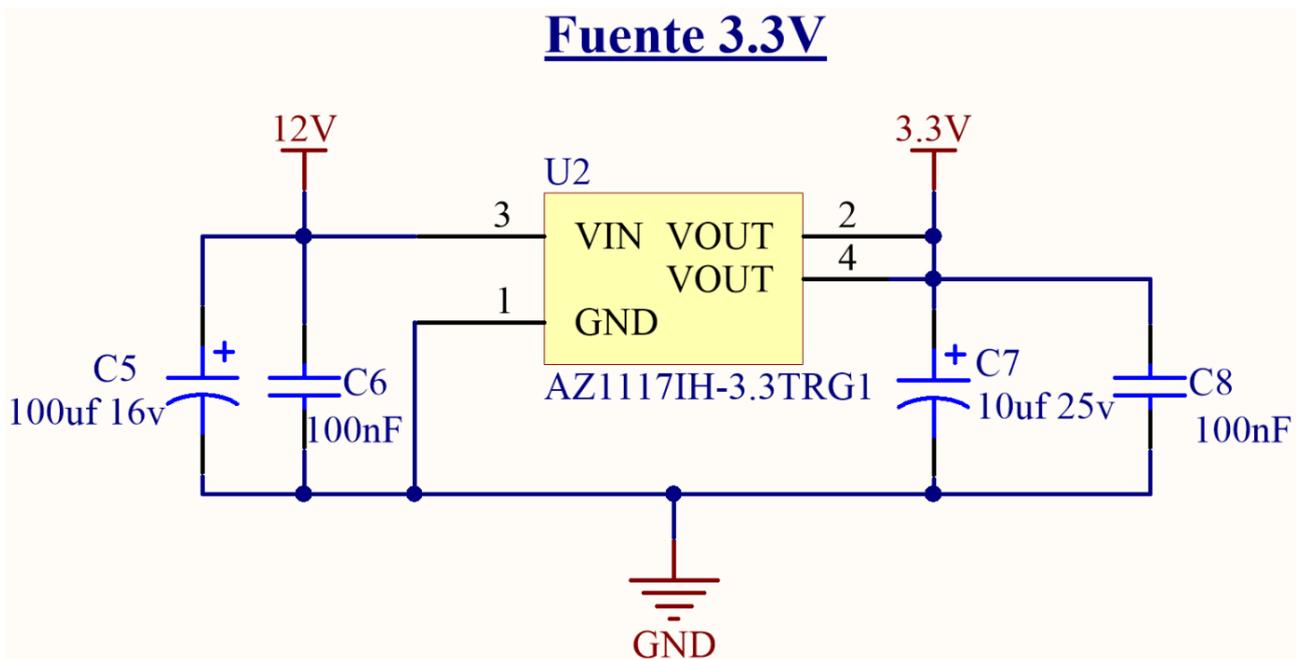


Figura 18: Fuente 3.3V

Esta etapa corresponde al circuito de alimentación para el módulo WiFi ESP8266. Ya que el mismo es alimentado por 3.3V se prosiguió a realizar un circuito regulador reductor de tensión con el integrado AZ1117IH-3.3, con combinación de capacitores para filtrar las tensiones. Los 12V de entrada provienen de una fuente externa, que alimenta todo el circuito.

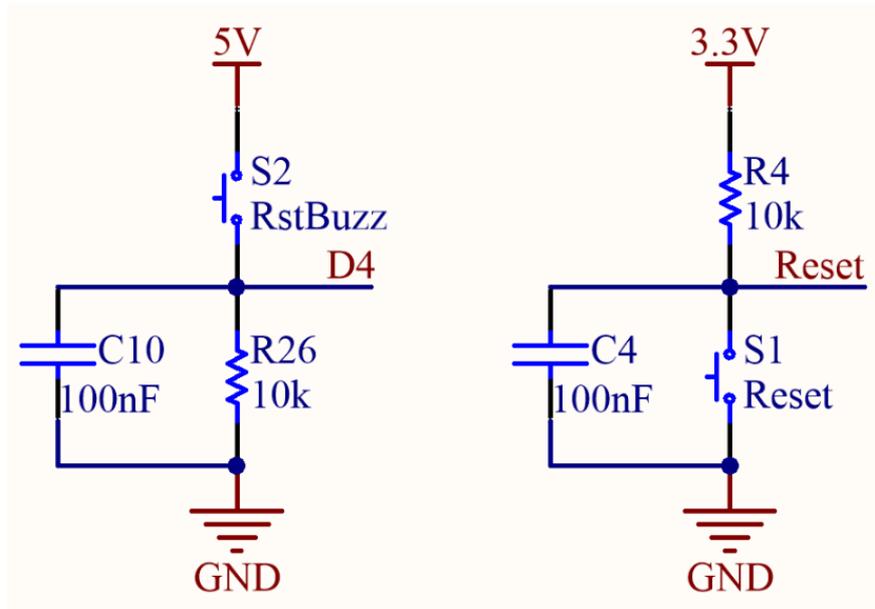


Figura 19: Circuito de botones

Estos dos switch que se ven en la imagen poseen un circuito antirebote para eliminar la serie de pulsos que se producen al presionar a estos. El switch de la izquierda de la imagen, va conectado a un pin digital del Arduino nano, este tiene dos funciones:

- Presionando más de 1 segundo, apagar el buzzer en caso de estar activado.
- Presionando más de 10 segundos, resetea a valores de fabrica los datos de red que fueron guardados, activándose el modo Access point para ingresar nuevos datos.

El otro switch tiene como función resetear todo el dispositivo.

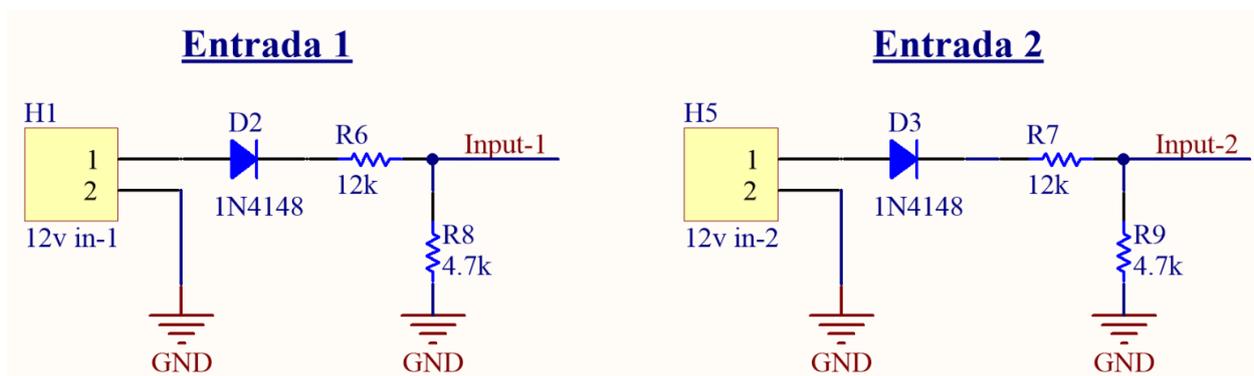


Figura 20: Circuito de entradas digitales

Esta etapa del circuito corresponde a las entradas que tiene el equipo las cuales toleran un pulso de 12v en continua, están conformadas por un borne de dos pines para cada una. La terminal 2 corresponde referencia a masa o GND y la terminal 1 corresponde a la entrada 12v positivo. Estas mismas cuentan con un diodo y dos resistencias cada una. La función del diodo es evitar una

inversión de polaridad en la entrada. Con las resistencias se realizó un divisor resistivo para obtener una tensión de 3.3V, que es la tolerada por el microcontrolador.

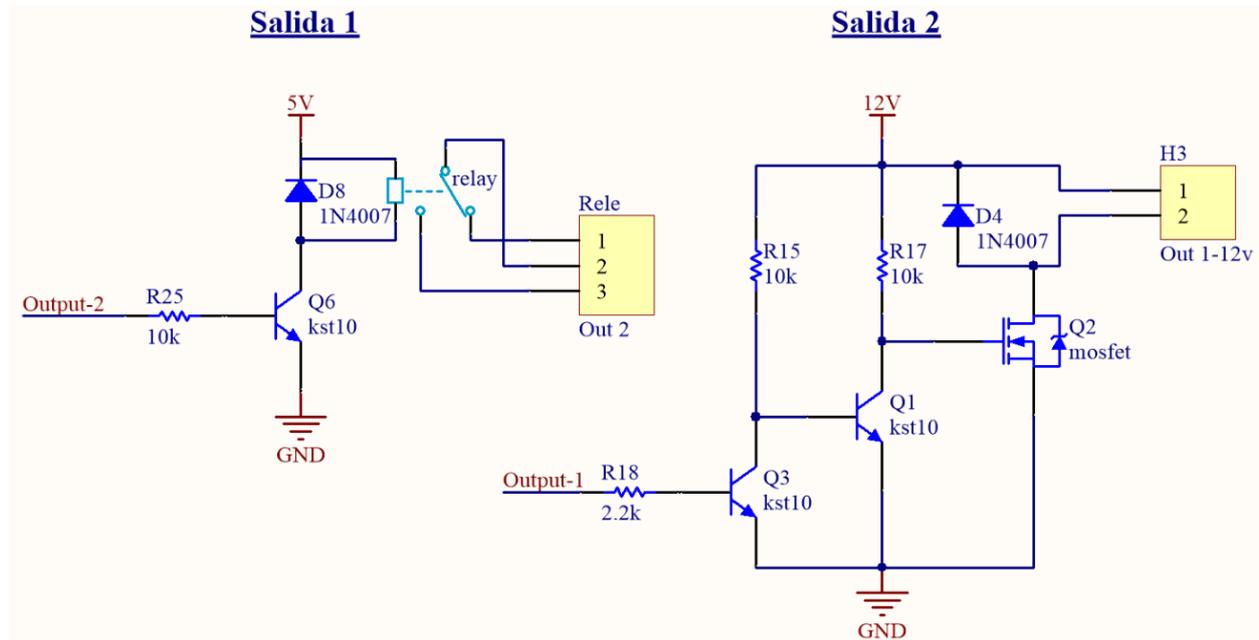


Figura 21: Circuito de salidas

En esta etapa tenemos los circuitos de las 2 salidas con las que cuenta el equipo. La salida 1 cuenta con un rele de 5[V], el cual es activado cuando se polariza el transistor Q6 aplicando un pulso positivo en output-2, polarizándolo y dejando circular una corriente por el bobinado del rele.

Los rele contienen bobinas que son componentes que al hacer circular a través de ellas una corriente actúan generando un campo magnético y almacenando energía en él. Debido a esto, las bobinas presentan una característica básica de su comportamiento y es que no permiten la variación instantánea de la corriente que circula a través de ellas y eso se traduce en un transitorio de corriente, es decir, si se varia de manera brusca la corriente, las bobinas intentarán mantenerla constante hasta que se descargue la energía almacenada. Debido a su comportamiento transitorio con la corriente, si la bobina está en serie con un elemento de corte como un interruptor o un transistor, como en este caso, que pasa de conducir a corte de manera casi instantánea, cuando se produce en cambio en el transistor, se corta inmediatamente la circulación de corriente a través de la bobina, llegado este momento la bobina (que se encuentra cargada) intentará mantener la circulación de corriente y lo hará convirtiéndose en la fuente, para mantener el mismo nivel de corriente, la bobina tendrá que aumentar la tensión en sus terminales y es aquí donde reside el problema.

Para solucionar este problema y proteger el transistor, la bobina del rele cuenta con diodo conectado en antiparalelo (cátodo al punto mayor de tensión y el ánodo al punto menor de tensión) de esta manera y gracias a que la bobina invierte la dirección de la corriente, esta misma circulará a través del diodo. Gracias a este flujo el inductor se descargará de forma controlada y no aparecerán

sobre tensiones en el transistor. Y una vez estabilizado el circuito no circula más corriente a través del diodo.

La salida 2 permite tener una salida de 12[v] continua, el componente encargado de conmutar para entregar la potencia de salida es el mosfet como se ve en la figura. En el gate de este se colocaron dos transistores para mantenerlo normalmente apagado, y cuando se polariza el transistor Q3 con la señal output-2 entra en conducción el mosfet.

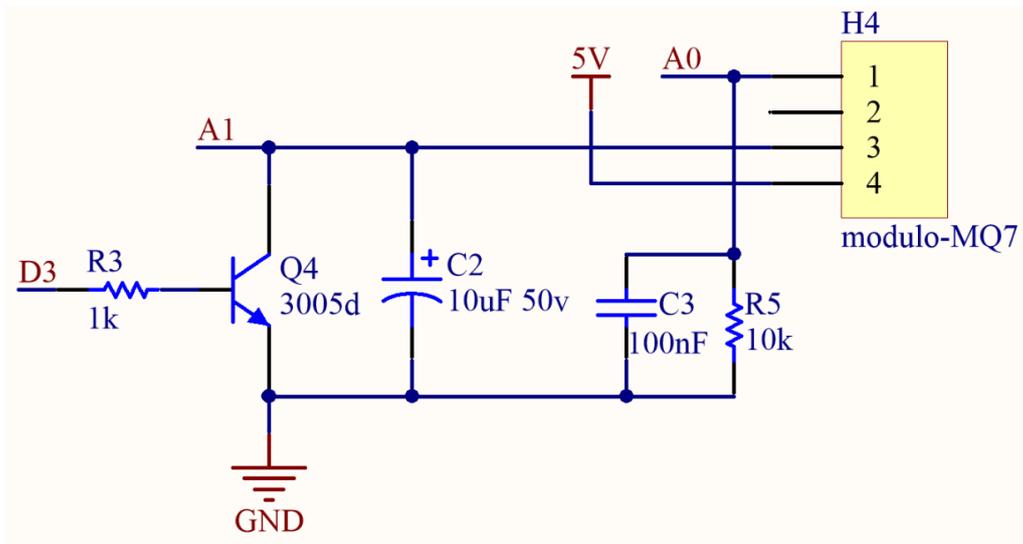


Figura 22: Circuito de excitación del módulo MQ7

En esta etapa del circuito el pin D3, correspondiente al Arduino nano, tiene una salida de hardware Timer2 conectada, para proporcionar una PWM para el transistor de control de voltaje. La resistencia R3 se usa para limitar la corriente de base del transistor. La resistencia R5 se usa en serie con la placa del sensor para crear un divisor de voltaje. El voltaje en la salida del sensor es igual a

$$\frac{R5 * 5V}{(R5 + Rs)}$$

donde Rs es la resistencia del sensor de corriente. La resistencia del sensor depende de la concentración de CO, por lo que la tensión cambia en consecuencia. Esta tensión se lee con la entrada analógica A0 del Arduino.

El condensador C2 se utiliza para suavizar la tensión PWM de la entrada en el sensor MQ7. El condensador C3 se usa para suavizar la salida analógica del sensor, ya que el voltaje de salida depende del voltaje de entrada, y al tener un PWM bastante alto (62.5 KHz) genera ruido en la señal. El transistor NPN (Q4) tiene dos modos de funcionamiento dependiendo del ciclo de medición en el que se encuentre el firmware del microcontrolador. En el modo de calentamiento, el transistor proporciona una tensión de 5 [v] y cuando se encuentra en el modo de medición se aplica un PWM sobre el y este baja la tensión del sensor a 1,4[v], reduciendo así la corriente de calentamiento.

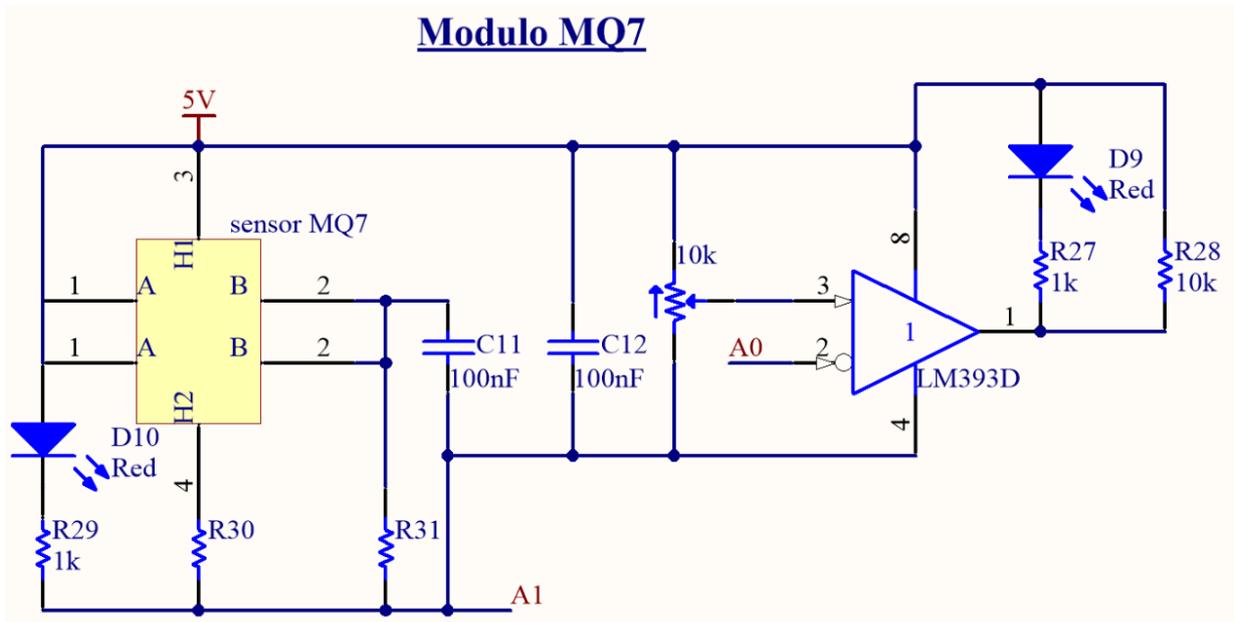


Figura 23: Circuito modulo MQ7

En la figura x se ve el circuito del módulo sensor de CO utilizado. Este posee un comparador con un preset para setear un valor analógico, para que pasado ese umbral active la salida digital que posee. Este pin no fue utilizado ya que es de nuestro interés calcular las ppm, por lo que se utilizó solamente la salida analógica (A0) del mismo.

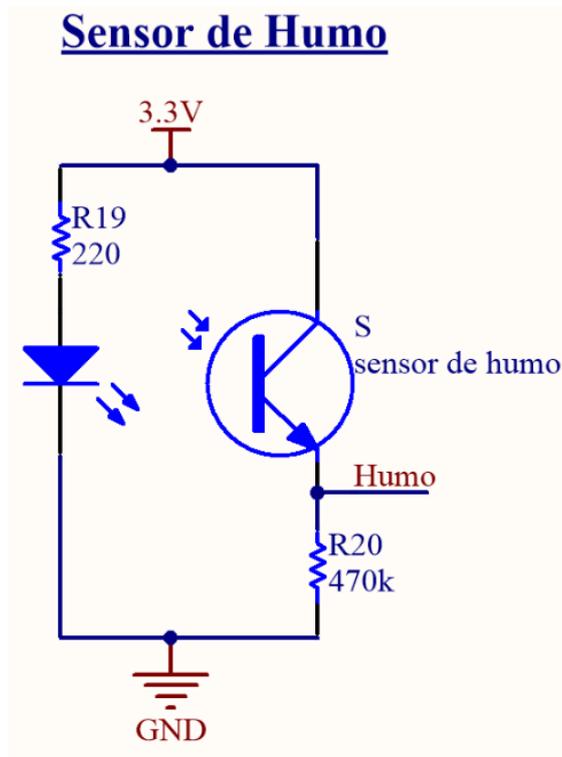


Figura 24: Circuito sensor de Humo

Esta etapa muestra el circuito del sensor de humo. El mismo cuenta con un diodo infrarrojo y un fototransistor que funciona como un interruptor sensible a la luz. El fototransistor está EN

CORTE antes de aplicar la radiación, y por tanto no circula corriente de emisor por R20 y la salida es ≈ 0 V. Con una iluminación adecuada, que se genera por la reflexión de los rayos del led infrarrojo sobre el humo que ingresa, el fototransistor CONDUCE generando una corriente de emisor, donde esta es leída por el microcontrolador ESP8266.

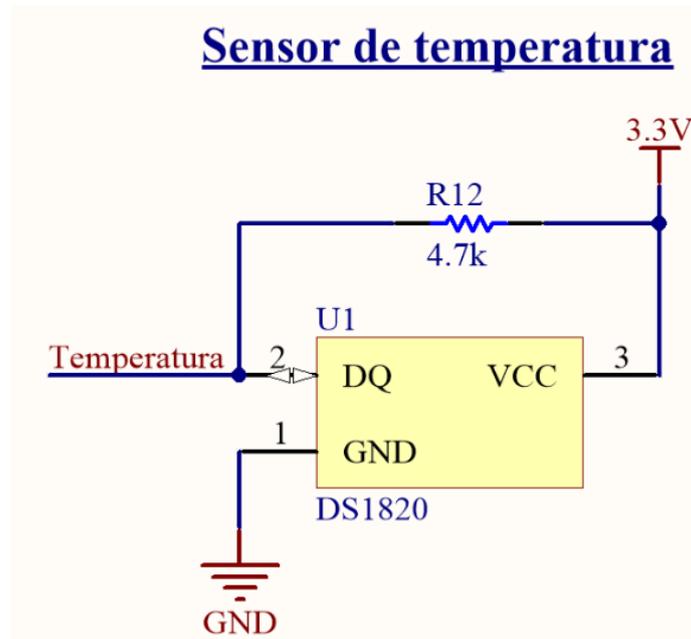


Figura 25: Circuito sensor de Temperatura

Por último, tenemos el circuito del sensor de temperatura, que está compuesto por un sensor de temperatura digital (DS1820) y una resistencia R12 de pull up. El motivo de esta resistencia es debido a la electrónica para controlar el bus de comunicación. Cuando el sensor conectado al bus no envíe datos, la línea de datos será igual a la tensión que suministremos (3.3V) debido a la resistencia pull-up. En el momento que un sensor empieza a transmitir, la línea cambia de estado y ya sabemos que el sensor está transmitiendo datos.

2.1.4 Desarrollo del software

Para este desarrollo se utilizaron dos microcontroladores, por lo que se tuvo que desarrollar dos firmwares. Ambos fueron desarrollados con el entorno de programación Arduino. Uno de ellos es el encargado de leer el sensor de humo y conectarse a la red wifi, por la que se recibirán y enviarán datos por internet a la aplicación móvil. El otro firmware se encarga de leer el sensor de monóxido de carbono, como así también activar el buzzer y led de emergencia. También se desarrolló una aplicación Android nativa, la que permite monitorear la placa, recibir alertas y tomar acción sobre las salidas que posee el equipo.

A continuación, se explicarán los software.

2.1.4.1 Firmware ESP8266

Este programa en su inicio lee en la memoria EEPROM los datos de red de la última conexión en caso de que se hubiese reseteado o apagado el equipo, luego configura el servidor web y la

última configuración es con el servidor MQTT donde se indica la dirección y puerto del servidor, también se instancia una función (call-back) que se ejecuta cuando llegan mensajes desde la aplicación a través del servidor, donde este es el intermediario para el enlace M2M(máquina a máquina) entre la placa y la app. Los mensajes que recibe solicitados por la app pueden ser los siguientes:

- Estado general de la placa: responde con el estado de los sensores, entradas, salidas.
- Activación de salidas: recibe la orden de activación o desactivación de las salidas.
- Configuración de las salidas ante eventos: permite configurar las salidas para que se activen de manera automática al detectar humo o monóxido de carbono.

Luego de esto entra en un bucle infinito donde verifica el estado de conexión con la red WiFi. En caso de no estar conectado verifica si con los datos de red guardados se logra conectar a la red WiFi guardada, en caso de que no se conecte se activa el modo access point, donde generara una red wifi a la que se podrá acceder por medio de la app para configurar los datos de red a la que se quiera conectar. En caso de que se conecte a la red se activa el modo estación y se enciende el led azul.

Luego de que esté conectado a la red wifi, entra en un bucle constante donde verifica la conexión con el servidor. En caso de esta conectado verifica el estado de las entradas digitales donde estas cambian de estado por interrupciones externas.

La función de censar humo una vez que detecta humo espera 3 segundos para evitar falsos positivos, esto es para no tener falsas detecciones. Si se detectó humo activa el buzzer y el led rojo mandado la orden al otro microcontrolador de que realice esta acción. En caso de haberse configurado la activación automática de alguna salida, esta se activará. Una vez que detecta humo vuelve a censar a los 30 segundos. En caso de que se apreté el botón de apagar buzzer, el otro microcontrolador le enviará una orden por el puerto de comunicación UART, que deje de mandar la orden de activación de alarma. En caso contrario, la alarma seguirá activada hasta que deje de detectar humo.

Luego de la etapa de censado de humo, se lee el puerto serie por donde le estará llegando cada 2,5 minutos el valor de monóxido medido en PPM. En caso de ser mayor a 100 PPM se activará la alarma, y será desactivada cuando disminuya por debajo de 70 PPM.

La función publicar datos es la encargada de mandar la notificación de alerta en caso de haber detectado humo, monóxido de carbono por encima de los 150 ppm, o si alguna entrada fue activada. Por último, se verifica si fue enviada la orden de borrar los datos de red, para ser nuevamente configurados.

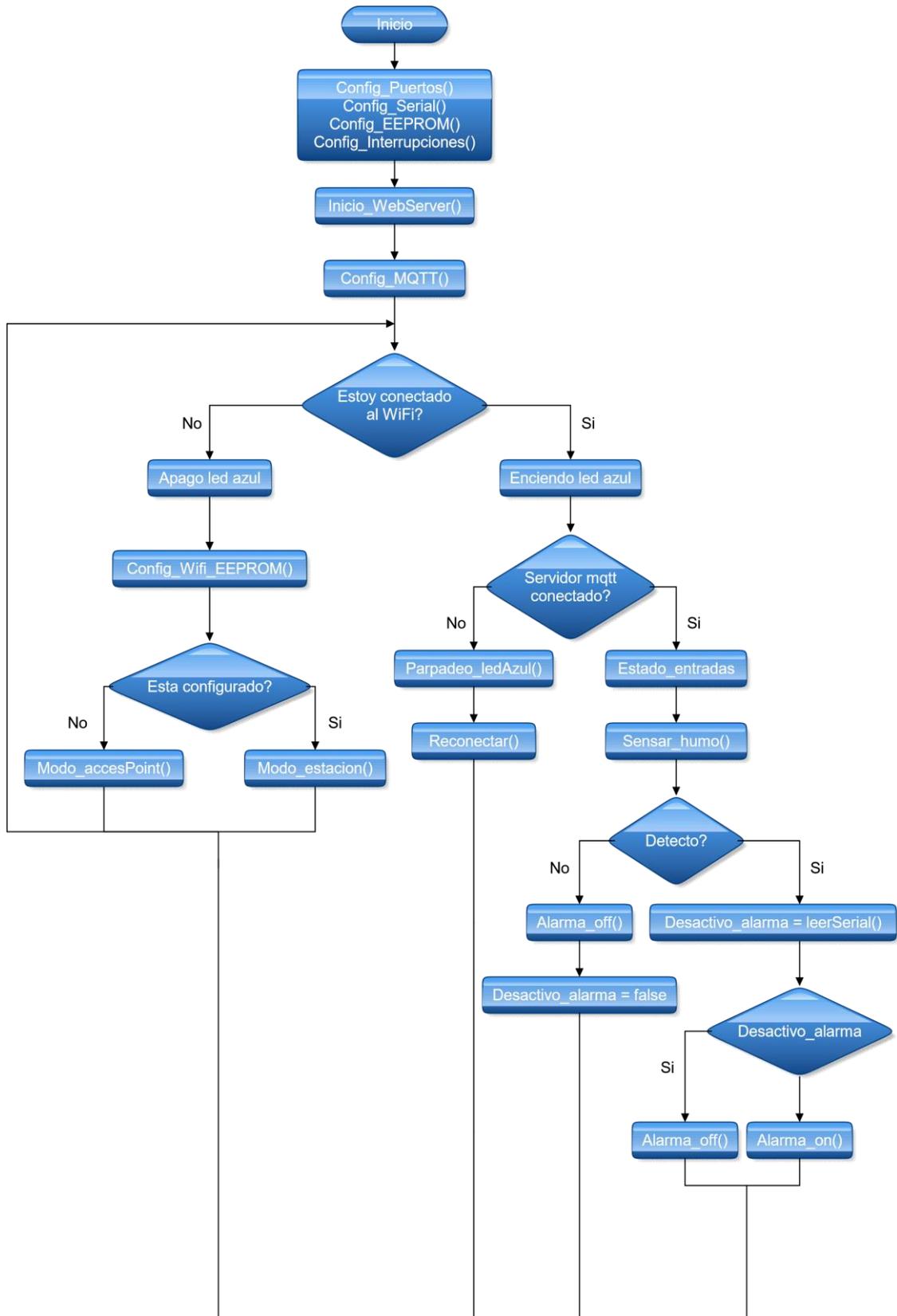


Figura 26: Parte 1: Diagrama de flujo ESP8266

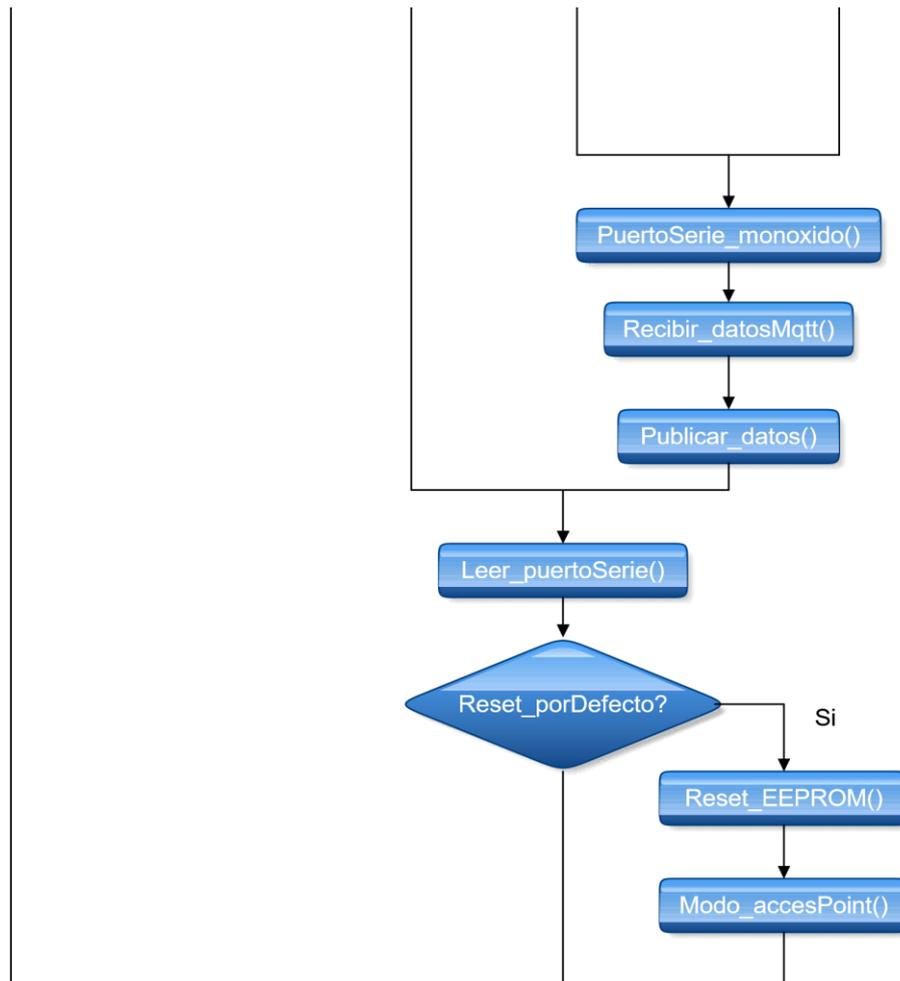


Figura 27: Parte 2: Diagrama de flujo ESP8266

2.1.4.2 Firmware Arduino nano

Este microcontrolador tiene por objetivo leer el sensor de CO y de realizar las rutinas necesarias para procesar los valores analógicos leídos y calcular las partes por millón (PPM) del gas en cuestión. De acuerdo con la hoja de datos del sensor MQ-7, este tiene que pasar por ciclos de alta y baja temperatura para obtener las medidas adecuadas. Durante 90 segundos se lleva a cabo la fase de baja temperatura aplicando mediante pwm un voltaje de 1.4V al sensor, el CO se absorbe en la placa, produciendo datos significativos. Luego durante 60 segundos la fase de alta temperatura donde se aplican 5V, el CO absorbido y otros compuestos se evaporan de la placa del sensor y lo limpian para la próxima medición.

Al momento de prender el dispositivo, el programa ejecuta primero la función Ajuste_pwm() que descubre el ancho adecuado del ciclo PWM para lograr 1.4V durante la fase de medición. Luego, suena el buzzer para indicar que el sensor está listo, iniciando la fase de medición para luego comenzar el ciclo principal.

En el inicio del ciclo se verifica si el ultimo valor medido en ppm es menor que 100 ppm, en caso de serlo se regula el brillo del led verde donde este será más intenso cuanto menos concentración halla. En caso de superar los 100 ppm el led verde se apagará para indicar que se

excedió la concentración donde ya empieza a ser perjudicial para una persona. Seguido de esto, se vuelve a comprar el último valor ppm para ver si es mayor que 150 ppm. En caso de serlo se activará el buzzer y se prenderá el led rojo. Si se detecta menos que la concentración indicada se apaga el buzzer, luego de que la concentración baje a menos de 70 ppm se volverá a activar la alarma en caso de superar los 150 ppm.

La función Estado humo() verifica si el otro microcontrolador, encargado de censar humo, manda la orden de activar la alarma. Luego de esto se verifica en qué fase del proceso de medición se encuentra y el tiempo transcurrido. En caso de que se encuentre en fase de calentamiento, donde se aplican 5V al sensor, simplemente se espera a que pase los 60 segundos para dar comienzo a la fase de medición de 90 segundos. Una vez estando en fase de medición y pasados los 90 segundos se lee el valor analógico del sensor por unos 5 segundos para sacar un promedio de este y así luego entrar en la función que realiza los cálculos matemáticos para calcular las ppm del gas censado, donde se enviará este valor al otro microcontrolador encargado de evaluar si envía la notificación a la app. Para calcular las ppm se utilizó la Ecuación “3” descrita en la página 16. Terminada esta fase se inicia nuevamente la fase de calentamiento.

Por último se ejecuta la función EstadoBoton_reset(), donde tiene estas dos funciones, la de apagar el buzzer en caso de estar sonando la alarma y si se mantiene presionado por más de 10 segundos se borran los datos de red configurados y se establece el módulo wifi en modo access point para poder volver a configurar los datos de red a la que se quiera conectar.

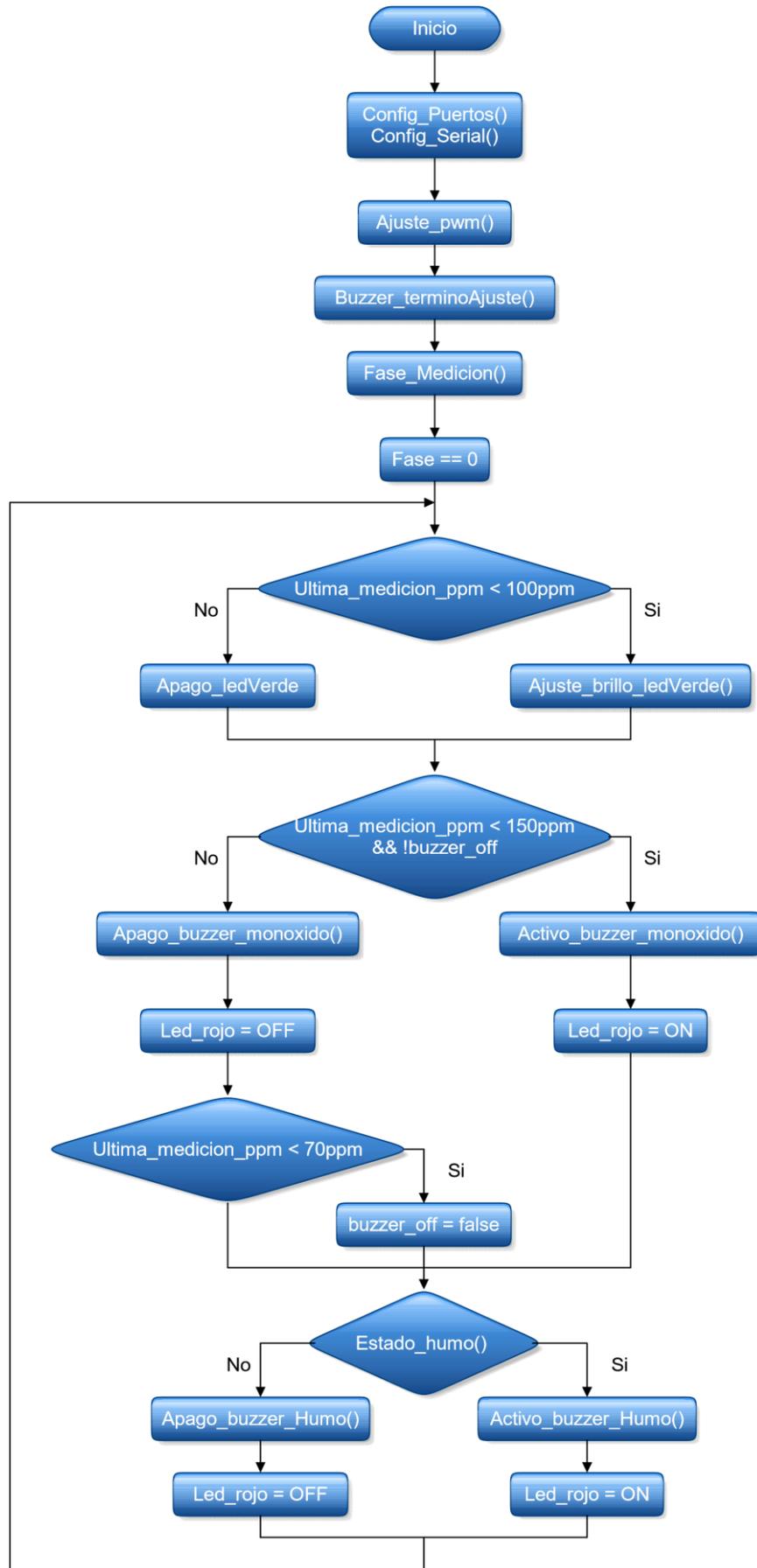


Figura 28: Parte 1: Diagrama de flujo Arduino Nano

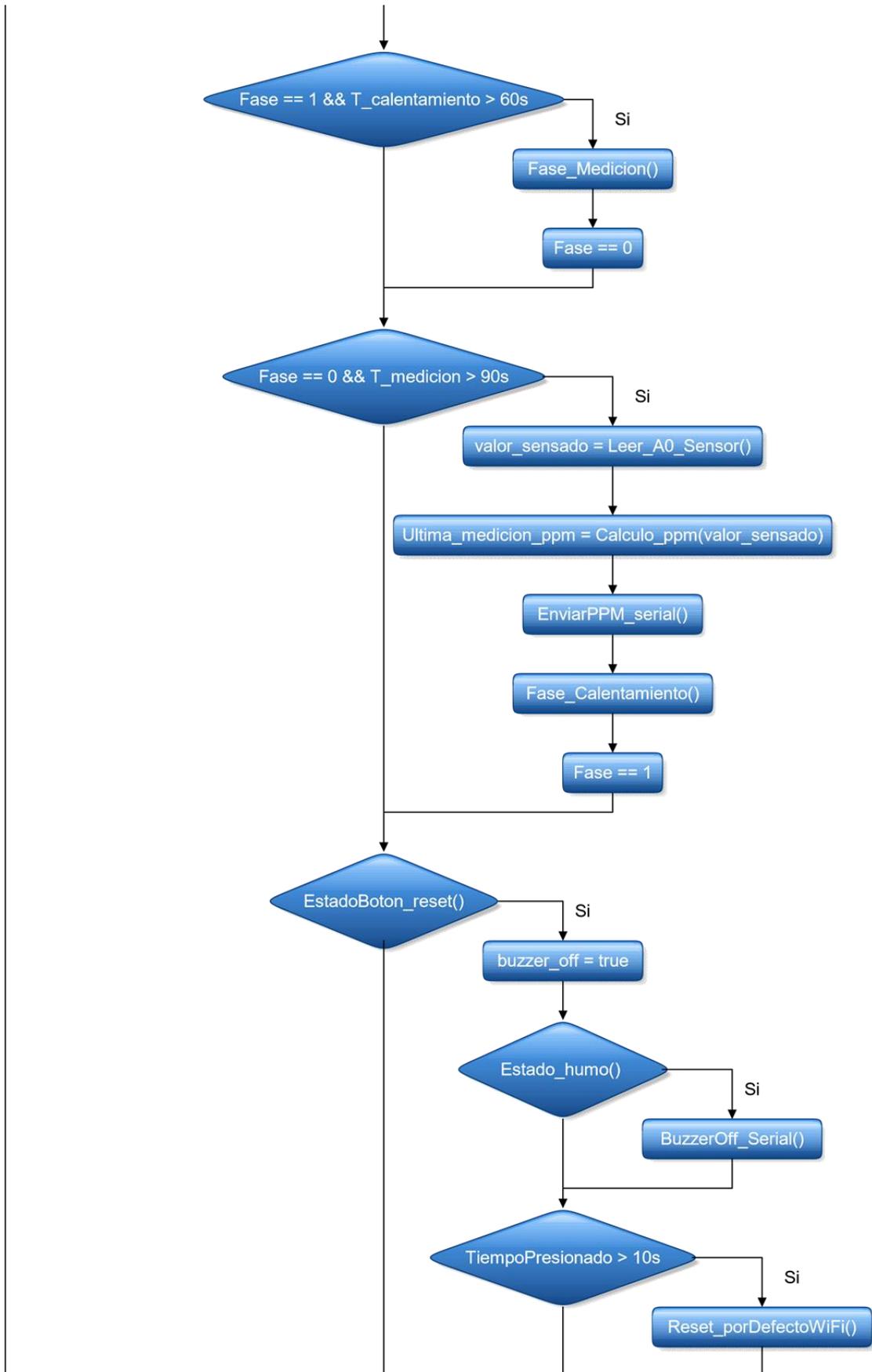


Figura 29: Parte 2: Diagrama de flujo Arduino Nano

2.1.4.3 Aplicación móvil

Esta aplicación se realizó con Android Studio el cual es el entorno de desarrollo integrado oficial para la plataforma Android. Para el desarrollo de la misma hubo que investigar sobre el lenguaje de programación Java y su implementación en este entorno de desarrollo, ya que se programa en ese lenguaje. Se utilizó un paradigma de programación orientada a objetos. Se aplicaron técnicas como ser: herencia, abstracción, polimorfismo y encapsulamiento.

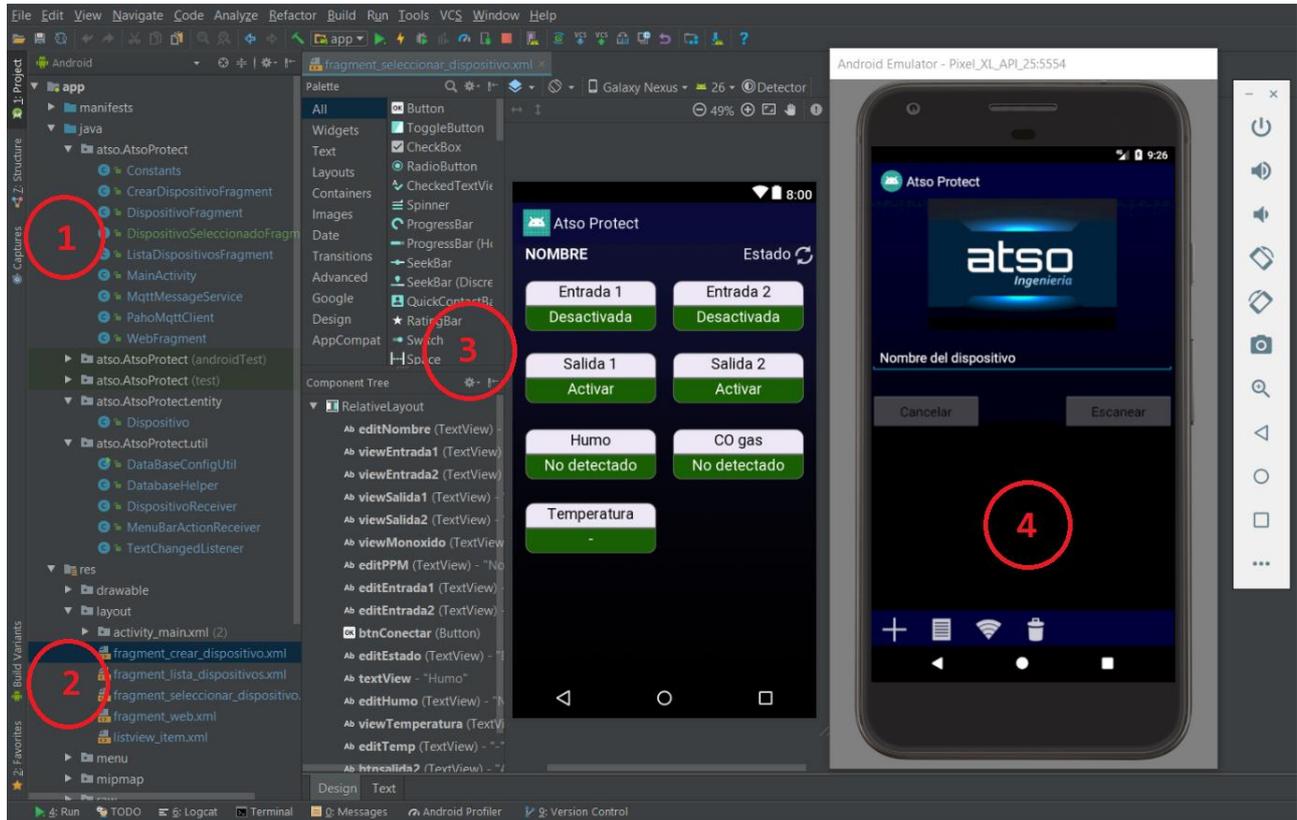


Figura 30: Entorno de desarrollo Android studio (Developers, 2018)

En la figura 30 se puede ver el entorno de desarrollo, en el punto 1 tenemos las clases implementadas, en el punto 2 las ventanas creadas (layout) y en el punto 3 se observa donde se diseña la interfaz gráfica, en este caso se está viendo la ventana donde se presenta el estado del detector, donde posee etiquetas de visualización y botones para mandar órdenes al dispositivo seleccionado. En el punto 4 se puede ver el emulador, donde se encuentra mostrando la ventana donde se carga un nuevo dispositivo.

De las clases más relevantes se pueden nombrar las siguientes:

- **Constants:** contiene la IP y el puerto del servidor, también contiene los topics a los que se suscribe y publica la aplicación. Se creó un topic para cada elemento que se ve en la interfaz de la figura 30.
- **CrearDispositivoFragment:** esta clase es la encargada de agregar un nuevo dispositivo, para esto se implementa un lector de código QR, donde este contiene un serial único que identifica el dispositivo y es el que se utiliza para conectarse al servidor MQTT alojado en la nube. La clase se ejecuta cuando se hace clic en el símbolo "+", y abre la ventana que se ve en la

imagen del emulador. Al momento de agregar un dispositivo este se almacena en la memoria del celular en una base de datos.

- `DispositivoSeleccionadoFragment`: esta clase se ejecuta cuando se ingresa a un dispositivo almacenado, al ingresar al dispositivo se conecta automáticamente con el servidor. Entre sus funciones más importantes se encuentran las siguientes, actualizar las mediciones de los sensores y entradas digitales, solicitar la activación de las salidas, configurar la activación automática de las salidas en caso de detectar humo o monóxido de carbono.
- `MainActivity`: se encarga de administrar la carga de las ventanas a través de la barra menú que se encuentra en la parte inferior de la aplicación, se observa esto en el emulador de la figura 30.
- `MqttMessageService`: esta clase es un servicio que se lanza en segundo plano y se encuentra a la espera de recibir un mensaje desde el servidor, donde dependiendo del mensaje que recibe manda una notificación push en caso de que haya alguna alerta por parte del detector.
- `PahoMqttClient`: esta clase es la encargada de configurar la comunicación con el servidor. Contiene una librería (Eclipse, 2018) que permite el manejo del protocolo mqtt. Primero lee los datos del detector que se seleccionó, que son los que permiten conectar la aplicación con el detector, mediante el servidor. También se encarga de publicar y suscribirse a los topic.
- `WebFragment`: encargada de cargar la página de configuración de los parámetros de red del detector.
- `DataBaseConfigUtil`: encargada de administrar la base de datos interna, donde se almacenarán los datos de los detectores agregados a la app.

Interfaz Hombre – Maquina:

A continuación, se detallarán las funciones que posee la aplicación desarrollada Atso protect y su utilización.

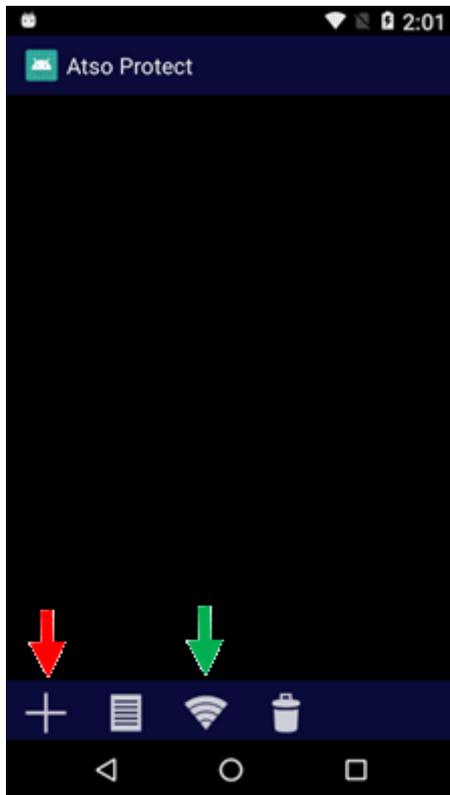


Figura 31: Ventana principal de app

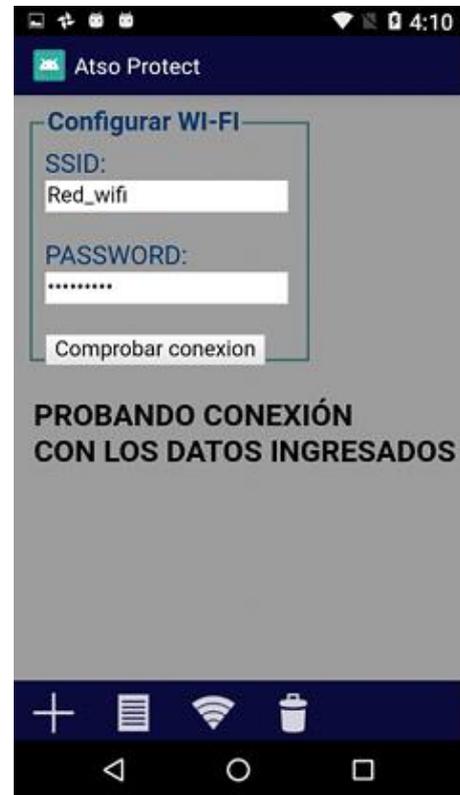
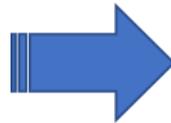


Figura 32: Ventana de configuración de red WiFi

Al ingresar a la aplicación se abrirá la ventana principal que contiene la lista de detectores agregados. Lo primero que debemos hacer es conectarnos a la red wifi que crea el dispositivo y luego tocar sobre el icono de red wifi que se indica con la flecha verde en la figura 31 y se abrirá la ventana que se ve en la figura 32, una vez dentro ingresamos los datos de la red wifi deseada y si los datos son correctos se encenderá el led azul del detector, confirmando la conexión exitosa.



Figura 33: Ventana de agregar dispositivo

Terminada la configuración de red del dispositivo, se procede a agregarlo a la aplicación. Al apretar el símbolo “+” que se indica en la figura 32 con flecha roja, se abrirá la ventana (figura 33) que permite agregar nuevos detectores. Primeramente, se debe agregar un nombre identificador del detector, esto habilitará el botón para realizar el escaneo del código QR que viene en la carcasa del equipo.



Figura 34: Escaneando código QR

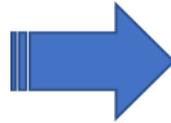


Figura 35: Resultado de escaneo de código QR

En la figura 34 se puede observar el momento de escaneo del código y en caso de que sea correcto saldrá una ventana de alerta, como el de la figura 35, diciendo que el detector fue agregado satisfactoriamente. En caso de no ser correcto el QR, indicará que se vuelva a escanear,

Luego clickeando el icono que se encuentra a la derecha del símbolo “+”, nos dirigimos a la ventana principal donde se encuentra el dispositivo agregado como se ve en la figura 36. En caso de que queramos eliminar el dispositivo, procedemos a tildar el checkBox que indica la flecha amarilla y luego el icono del “cesto”. En caso de que queramos ingresar al dispositivo, accedemos mediante el botón que indica la flecha roja. En la ventana que se ilustra en la figura 37 tenemos un botón para sincronizarse con el servidor, a la izquierda de este dónde dice “Estado”, indicará si se encuentra conectado o desconectado con el servidor. Como podemos ver en la ventana se indica el estado de las entradas digitales; de las salidas; donde estas son dos botones que permiten activarlas manualmente, al ser activadas cambiará de color e indicará que se encuentra activada; el estado del sensor de humo que indica si fue detectado; el gas CO censado que indica las partes por millón (ppm) y la temperatura en que se encuentra la placa.

Otra función que incorpora es la de configurar la salida que se quiera para activarse de forma automática en caso de detectar humo o altos niveles de monóxido de carbono. Al presionar sobre el recuadro de humo o CO gas se despliega un menú contextual, como se ve en la figura 38, donde se da la opción de seleccionar una de las salidas o las dos. Esto le agrega autonomía al dispositivo en

caso de que el usuario no advierta que el sensor este detectando un momento de peligro, donde se necesita actuar a la brevedad.

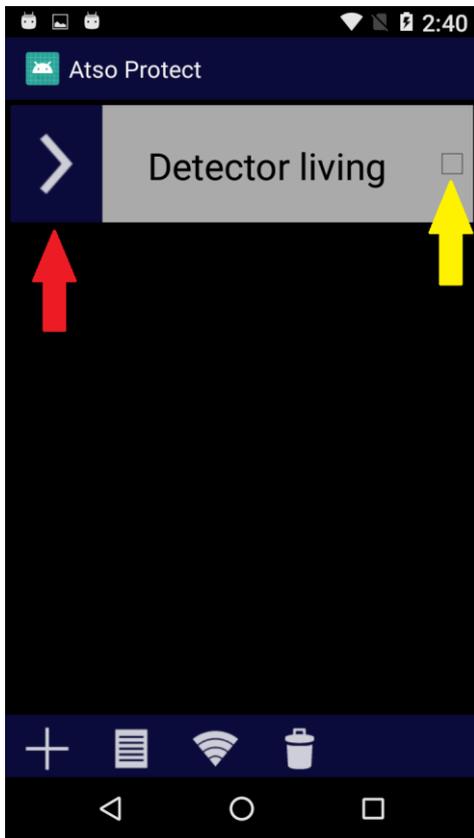


Figura 36: Ventana principal, lista de detectores

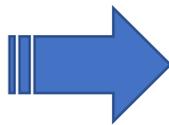


Figura 37: Ventana de estado del detector



Figura 38: Configuración automática de las salidas

2.2 Diseño Completo

2.2.1 Prestaciones

Este cuenta con las siguientes prestaciones:

- Alimentación: 12 [V]
- Potencia máxima: 6 [W]
- Conectividad: Wi-Fi - 802.11 b/g/n
- Rango de temperatura: -20 [°C] – 90 [°C]
- Sensor de humo
- Sensor de CO (monóxido de carbono): 20 ppm – 2000 ppm
- Sensor de temperatura
- Entradas: 2 entradas digitales 12 [V]
- Salidas: -1 salida de 12 [V] y 500 [mA]; - 1 salida a relay 250 [vca] 10 [A]

2.2.2 Esquemático final

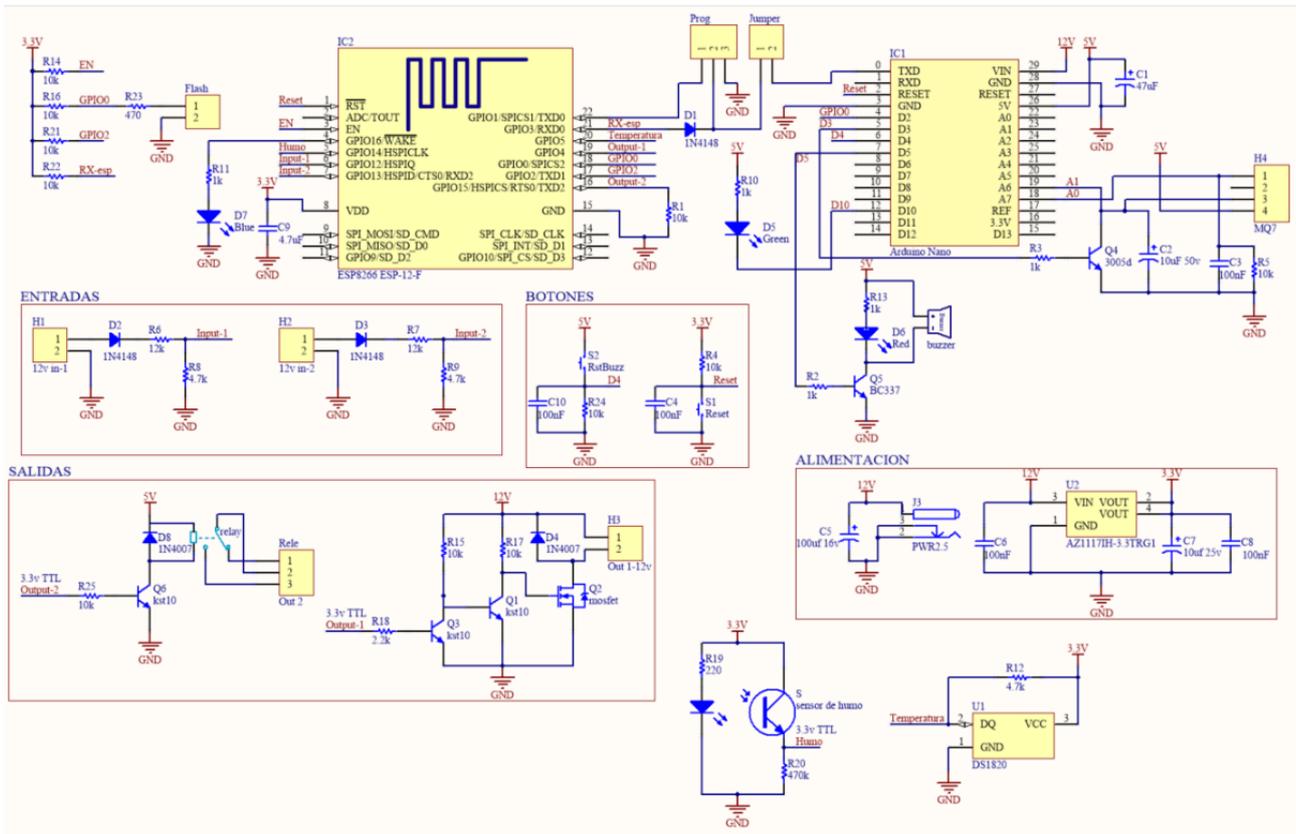


Figura 39: Esquemático completo del diseño final de la placa

2.2.3 Fotos del hardware

En las siguientes imágenes observamos capturas 3D de la placa del equipo.

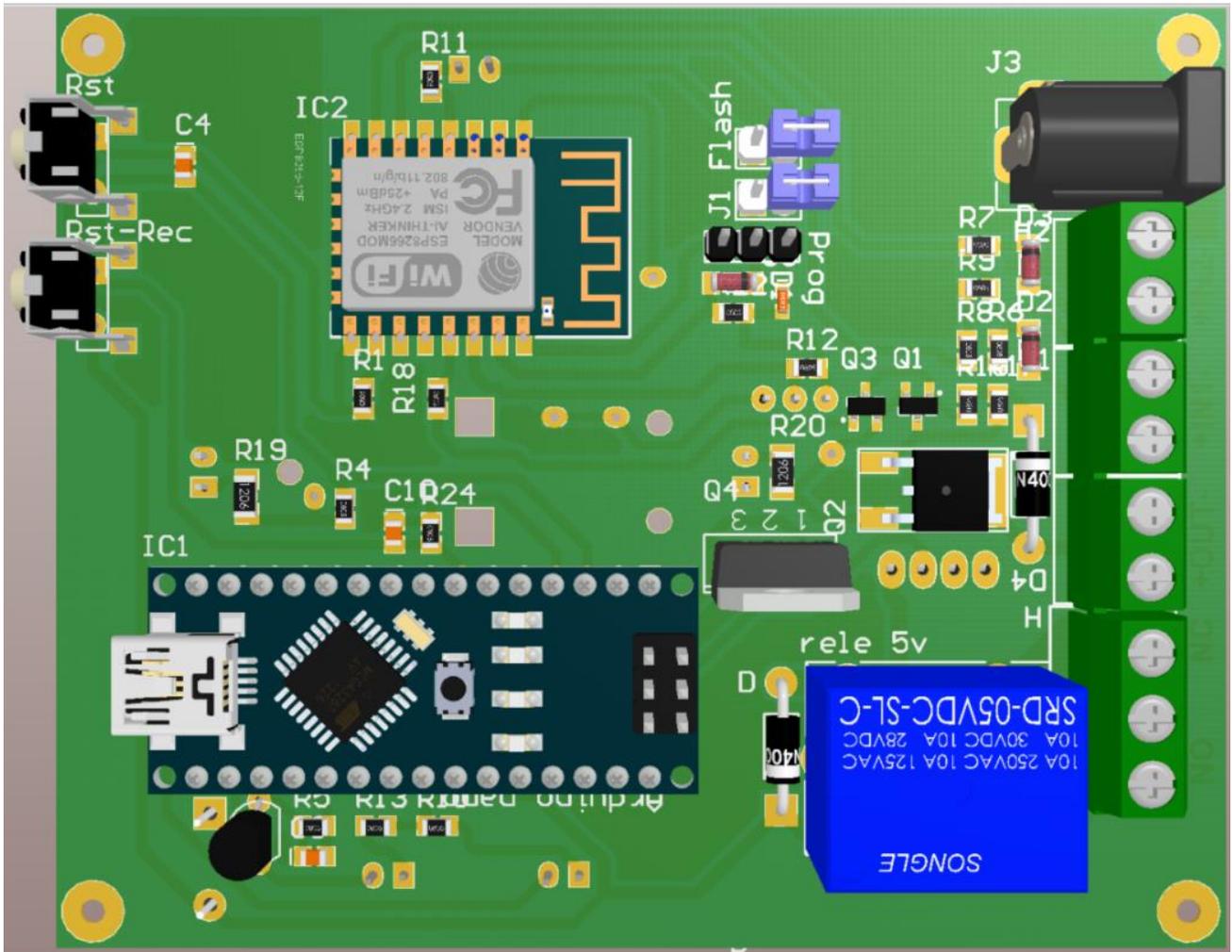


Figura 40: Vista Inferior de la Placa

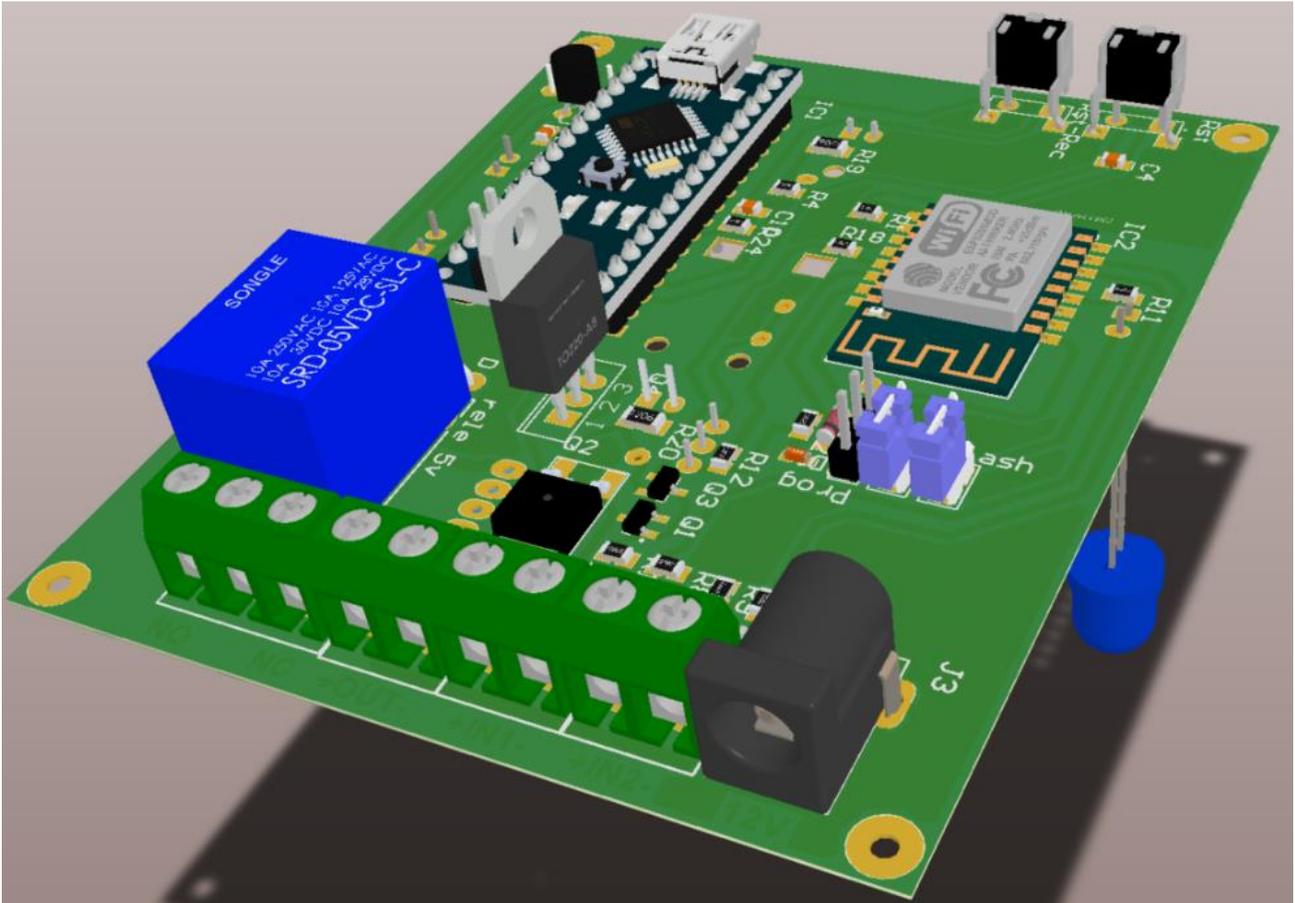


Figura 41: Vista lateral inferior de la placa

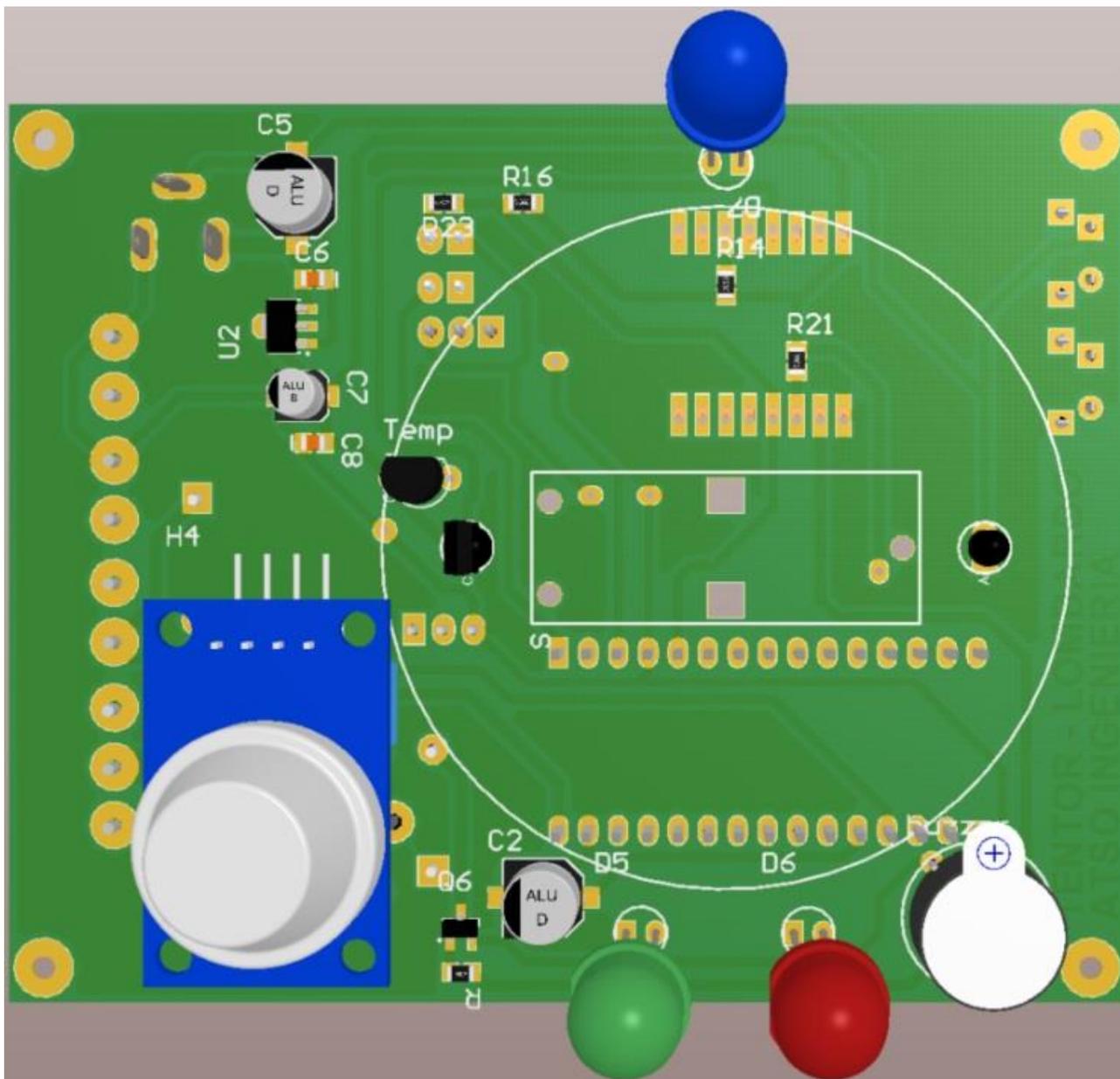


Figura 42: Vista superior de la placa

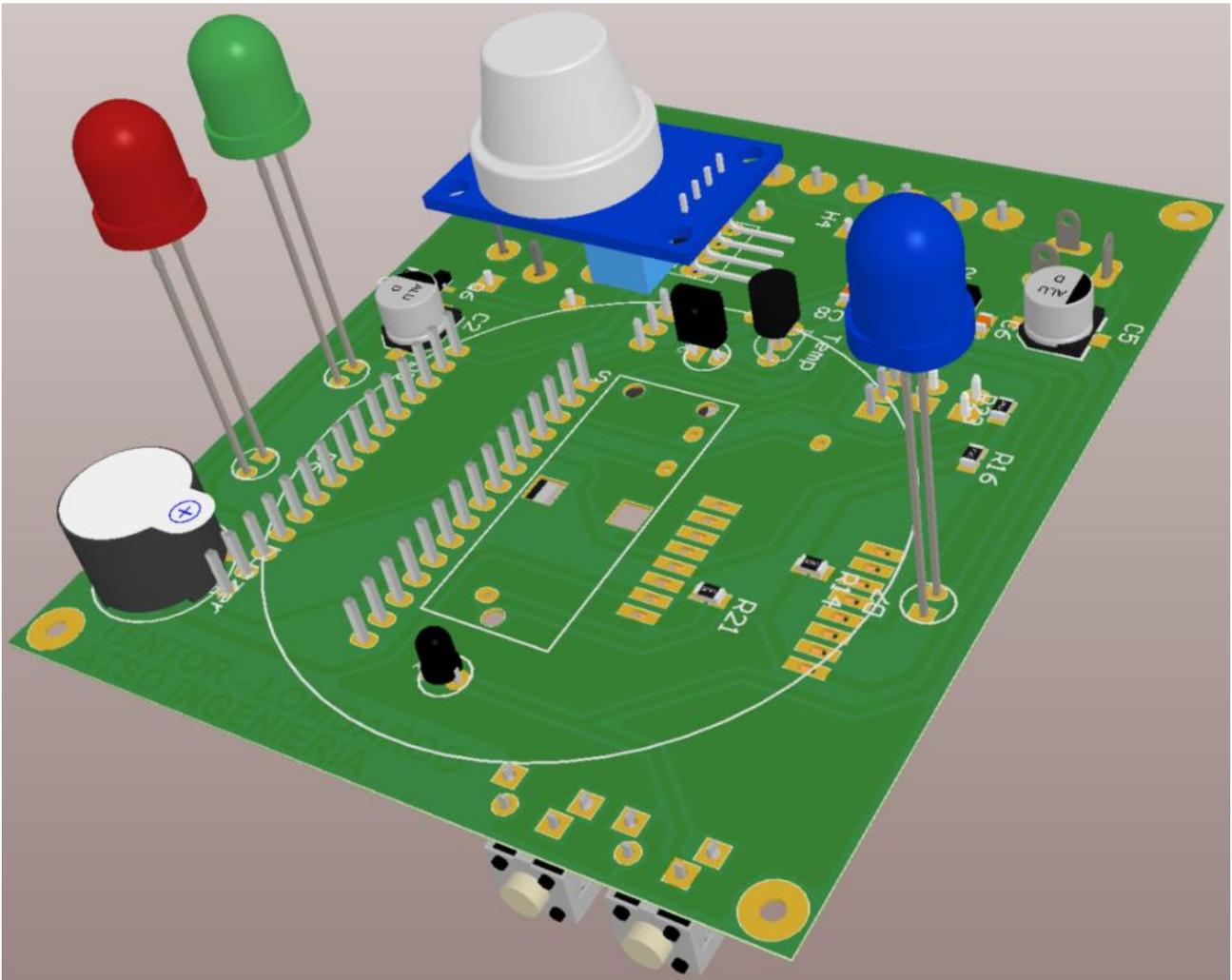


Figura 43: Vista lateral superior de la placa

A continuación, vemos el producto terminado.



Figura 44: Vista trasera del detector



Figura 45: Vista frontal del detector

A continuación, se ilustran distintas capturas de la aplicación móvil con el detector conectado:



Figura 46: Vista del estado del detector con de sensor de humo activado



Figura 47: Notificación de alerta por humo detectado

3 Capítulo 3: Resultados

En este capítulo se muestra los resultados obtenidos al realizar pruebas del equipo terminado. Para poder llevar a cabo las pruebas controladamente y que no altere el resultado ningún agente exterior, se construyó una caja totalmente hermética con un solo orificio de entrada ya bien sea para suministrar humo de incendio o colocar un mechero para la generación de monóxido de carbono dentro de la caja. Las dimensiones de esta son 50x52x75 [cm] obteniendo 0,195 [m³].

3.1 Medición CO comparando con dataset del sensor

La primera prueba que realizamos para saber si el equipo está bien calibrado, es comparar las lecturas que toma el sensor de monóxido de carbono con los datos que presenta datasheet del sensor MQ7, para conocer si el sensor está operando en niveles adecuados. Se comparo las PPM arrojado por el detector con la relación (R_s/R_0), donde R_s es la resistencia del sensor que varía con la concentración de los gases que entren en contacto con el sensor y R_0 es la resistencia del sensor en aire limpio.

Se comenzó la prueba midiendo la concentración de CO dentro de la caja cerrada, luego se procedió a encender el mechero regulando la llama en un color amarillo que nos indica que se está generando CO.



Figura 48: Caja construida inyectando monóxido de carbono con garrafa

Se empezó a tomar lectura controlando la temperatura de la caja y el tiempo de la prueba. La temperatura de inicio fue 21 grados terminando la prueba con una temperatura de 32 grados.

Tiempo min	No.	Sensor MQ-7 calibrado		Datasheet MQ-7		Error absoluto	Error Absoluto
		Rs/R0	PPM	Rs/R0	PPM	Rs/R0	PPM
2,5	1	4,28	13,8	4	13	7,00%	6,15%
5	2	2,77	24,8	2,6	25	6,54%	0,80%
7,5	3	1,8	43,5	1,7	46	5,88%	5,43%
10	4	1,25	72,3	1,3	70	3,85%	3,29%
12,5	5	0,96	109,7	0,95	110	1,05%	0,27%
15	6	0,93	123,1	0,93	125	0,00%	1,52%
17,5	7	0,9	135,4	0,9	130	0,00%	4,15%
20	8	0,8	155,5	0,8	150	0,00%	3,67%
22,5	9	0,59	223,3	0,56	225	5,36%	0,76%
25	10	0,55	261,6	0,52	260	5,77%	0,62%
27,5	11	0,46	341,3	0,43	340	6,98%	0,38%
30	12	0,42	412	0,39	400	7,69%	3,00%
32,5	13	0,38	471	0,35	450	8,57%	4,67%

Tabla 5: Calculo de error a partir de comparativa entre medición y datasheet

La exactitud del sensor en condiciones ideales es del +-5% sobre el valor medido, los resultados que muestra la tabla anterior indican el error absoluto obtenido en condiciones reales de las pruebas. Comparando la relación de lectura de los valores reales con los valores ideales tanto para el parámetro (Rs/R0) como para el parámetro (PPM) se visualiza que el equipo está cerca del nivel adecuado teniendo en cuenta un error absoluto bajo.

En la siguiente grafica muestra que las lecturas de (Rs/R0) y (PPM) en condiciones reales se asemejan al valor de las lecturas ideales del sensor, presentando una ligera variación en las concentraciones.

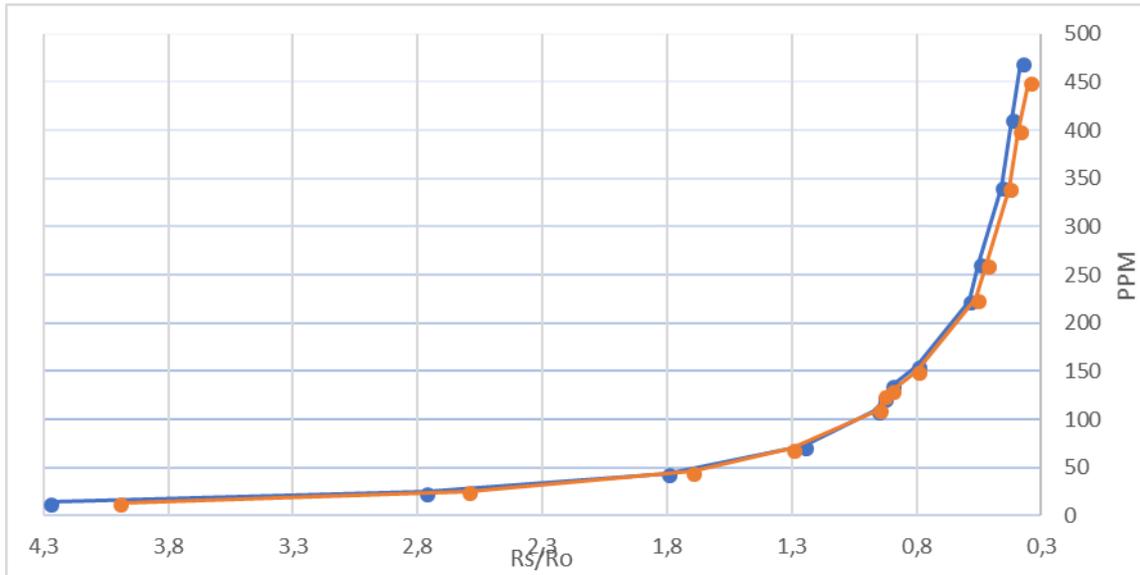


Figura 49: Curvas comparativa Rs/Ro y PPM de la tabla 5

3.2 Medición de Humo

En la siguiente prueba realizada se utilizó el mismo aparejo, pero se le fue inyectando humo con un ahumador hasta lograr la detección del sensor el cual resulto tener una velocidad de reacción de 28 segundos luego de comenzar a inyectar humo.

En ese momento se registró un valor de 234 PPM de monóxido de carbono, las cuales aumentan con rapidez al inyectar humo. Lo cual confirma una alerta real de humo, y no una falsa alarma. Se logro un sensor de humo efectivo y confiable, el cual no posee falsas alarmas ya que la cavidad donde se almacena el humo que producirá la activación del mismo, tiene que llenarse para lograr detectarlo, esto hace que no se generen falsas alarmas por una pequeña cantidad de humo.

Otro punto importante de este producto es la aplicación móvil que se diseñó, que facilita al usuario el manejo del mismo.

Es de fácil instalación y no requiere mantenimiento. Otro punto a destacar es el precio del mismo ya que está muy por debajo de los pocos productos similares que existen en el mercado.

4 Capítulo 4: Análisis de Costos

4.1 Costo de materiales

Cada PCB del equipo cuesta alrededor de 14 USD

Para la placa se utilizaron:

Comentario	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Buzzer	Buzzer 12v	1	USD 0,97	USD 0,97
47uF	Capacitor Tantalio 1206	1	USD 0,79	USD 0,79
10uF 50v	Capacitor electrolítico smd	1	USD 0,15	USD 0,15
capacitor	Capacitor cerámico (cap-0805)	5	USD 0,02	USD 0,12
100uf 16v	Capacitor electrolítico smd	1	USD 0,18	USD 0,18
10uf 25v	Capacitor electrolítico smd	1	USD 0,16	USD 0,16
Capacitor	Capacitor cerámico (cap-0603)	1	USD 0,02	USD 0,02
1N4148	Diodo Rectificador	3	USD 0,06	USD 0,19
1N4007	Diodo Rectificador	2	USD 0,03	USD 0,06
Green	Led verde 8mm	1	USD 0,33	USD 0,33
Red	Led rojo 8mm	1	USD 0,19	USD 0,19
Blue	Led azul 8mm	1	USD 0,24	USD 0,24
BC337	Transistor amplificador NPN	1	USD 0,07	USD 0,07
header	Header 1x2-Jumper	1	USD 0,29	USD 0,29
Out relay	Bornera-x2	1	USD 0,29	USD 0,29
12v in-1	Bornera-x2	1	USD 0,29	USD 0,29
12v in-2	Bornera-x2	1	USD 0,29	USD 0,29
Out 1-12v	Bornera-x2	1	USD 0,29	USD 0,29
MQ7	MQ7 Sensor	1	USD 6,24	USD 6,24
Arduino Nano	Arduino Nano	1	USD 7,60	USD 7,60
ESP8266 ESP-12-F	Modulo Wifi Arduino	1	USD 7,41	USD 7,41
Jumper	Header 1x2 Jumper	1	USD 0,04	USD 0,04
PWR2.5	Conector dc power	1	USD 3,68	USD 3,68
Header x3	Header x3	1	USD 0,18	USD 0,18
kst10	Transistor	3	USD 0,97	USD 2,90
mosfet	Transistor Mosfet canal N	1	USD 5,08	USD 5,08
3005d	Transistor de Potencia	1	USD 1,89	USD 1,89
150	Resistencia smd 0.1 W	1	USD 0,01	USD 0,01
10k	Resistencia smd 0.1 W	10	USD 0,01	USD 0,06
1k	Resistencia smd 0.1 W	5	USD 0,01	USD 0,03
12k	Resistencia smd 0.1 W	2	USD 0,01	USD 0,01
4.7k	Resistencia smd 0.1 W	3	USD 0,01	USD 0,02

2.2k	Resistencia smd 0.1 W	1	USD	0,01	USD	0,01
220	Resistencia smd 0.1 W	1	USD	0,05	USD	0,05
470k	Resistencia smd 0.1 W	1	USD	0,05	USD	0,05
470	Resistencia smd 0.1 W	1	USD	0,01	USD	0,01
Relay	Relay 5v	1	USD	2,96	USD	2,96
Reset	tact switch 90°	1	USD	0,19	USD	0,19
RstBuzz	tact switch 90°	1	USD	0,19	USD	0,19
Sensor de humo	Led infrarrojo, Fototransistor	1	USD	0,71	USD	0,71
DS1820	Sensor de temperatura	1	USD	0,58	USD	0,58
AZ1117IH-3.3TRG1	Regulador 3.3V	1	USD	1,45	USD	1,45
			Total		USD	46,26

Tabla 6: Costo de componentes de PCB (Elemon, 2018)

Costo de materiales del equipo:

- PCB= 14 USD
- Componentes= 46,26 USD
- Carcasa del equipo= 2,74 USD
- Total= 63 USD

4.2 Costo de desarrollo

El Trabajo de un técnico en electrónica en Argentina (Neuvco, 2018) se paga \$108 la hora, si se trabaja 8hs por día, en un mes tenemos aproximadamente \$17622.

Si trabajaron 2 personas durante 3 meses nos da un total:

Costo de desarrollo: $2 \times 3 \times \$17622 = \105732

A un dólar de 25 nos da un costo de desarrollo de 4229,28 U\$D

Con un costo de materiales de 62,62 USD y una competencia muy similar en prestaciones, que es el modelo Nest 2da Generación con un valor de 235 U\$D, nuestro equipo se vendería en un precio 120 U\$D

Con una ganancia de 57 USD por equipo, se necesita vender 75 equipos para cubrir gastos de desarrollo y 14 equipos más para cubrir la mano de obra de ensamble de los PCB y carcasa.

4.3 Idea de comercialización

Hoy en día se consigue gran variedad de financiamientos para proyectos de desarrollo. Obteniendo uno de estos préstamos podemos tener la idea de realizar una producción inicial de 1000 equipos para la venta, esto reduce significativamente los costos de materiales y fabricación.

Costo de equipo terminado por 1000 unidades:

- PCB + ensamblado = 8 USD
- Componentes= 24 USD
- Carcaza = 1,4 USD
- Total= 33,4
- Nuevo Precio de venta= 108 USD
- Ganancia= 74,6 USD

El costo de cada equipo terminado será de unos 33,4 USD con una inversión de unos 33400 USD (\$835000 aproximadamente a un dólar \$25).

Al ser un producto muy bueno en relación precio/prestaciones y con una competencia en el mercado nacional casi nula, ya que la competencia se importa de EE UU, se puede decir que la venta de estas unidades se puede dar al cabo de uno o dos años.

- Ganancia: 74600 USD / 12 meses = 6216,7 USD por mes
- Ganancia: 74600 USD / 24 meses = 3108.35 USD por mes

A estos montos hay que restarles distintos tipos de gastos, como son la publicidad, la comercialización, el transporte, la distribución, el packaging, el servicio post venta, impuestos, entre otros; con los cuales no contamos para cuantificar su valor, pero se puede observar a simple vista que hablamos de cantidades y márgenes de ganancia muy grandes.

5 Capítulo 5: Discusión y Conclusión.

En este proyecto se propuso realizar un sistema que cense monóxido de carbono y humo y que sea capaz de notificar por internet a través de una conexión wifi a una aplicación móvil.

Pudimos obtener:

- Un equipo confiable, robusto que se adecua a cualquier tipo de instalación, ya sea independiente o en conjunto con otros sistemas.
- Una aplicación móvil de fácil uso con una simple visualización de datos para poder observar el estado del sistema y poder controlarlo remotamente de ser requerido.
- Un firmware que controla en tiempo real el funcionamiento de los sensores del equipo como así también las entradas para la utilización de otro tipo de dispositivos de censado o de protección contra incendio, y las salidas digitales y analógicas para la activación de otros dispositivos manualmente o dándole total control de realizar operaciones autónomas si el usuario no responde sus peticiones.

En el mercado local se pueden conseguir detectores de humo o monóxido de carbono individuales para ser conectados a una central de alarma o de incendio. Esto hace que sea costoso para pequeños hogares y dichos equipos tampoco brindan todas las características de nuestro equipo ya que la mayoría de los sensores son cableados y las centrales solamente hacen reportes y no toman control de la situación.

Otra ventaja es la conexión a una red LAN para enlazarse y conectar varios simultáneamente, ya que los comercializados inalámbricos trabajan por RF y no tienen mucho alcance a grandes distancias.

Respecto a los inconvenientes encontrados en el proceso de desarrollo, fue al momento de censar monóxido de carbono ya que es un gas peligroso y difícil de generar, logramos sortear esto utilizando una garrafa y ajustándola para que largue una llama amarilla, para simular el evento que se da cuando no se quema la totalidad del gas.

Analizando las mejoras para una versión futura podemos mencionar:

- Utilizar solo el microcontrolador que tiene el Arduino nano utilizado, descartando los componentes que contiene este que no son necesarios para la placa en conjunto. Reduciendo así también el tamaño del PCB.
- Desarrollar una aplicación móvil multiplataforma, para que esté disponible también para los sistemas operativos de Windows phone e IOS.
- Certificar el dispositivo con normas internacionales.

En un futuro estos detectores posiblemente sean de uso obligatorio por ley, ya que cada año se pierden muchas vidas debido a la intoxicación por monóxido de carbono, como así también las pérdidas materiales por los incendios no alertados a tiempo.

Con este proyecto se aplicaron muchos conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, y estos también ayudaron a saber a dónde buscar la información que se precisaba, quedando muy conformes con el dispositivo creado.

6 Capítulo 6: Literatura Citada.

6.1 Bibliografía

AI-thinker. (2017). Obtenido de <https://www.ai-thinker.com>

Arduino. (2018). Obtenido de <https://www.arduino.cc>

Arduino. (2018). Obtenido de <https://store.arduino.cc/usa/arduino-nano>

CloudMQTT. (2018). Obtenido de <https://www.cloudmqtt.com/>

Developers. (2018). Obtenido de <https://developer.android.com/studio/>

Eclipse. (2018). Obtenido de <http://mosquitto.org>

Eclipse. (2018). Obtenido de <https://www.eclipse.org/paho/>

Elemon. (mayo de 2018). *Elemon*. Obtenido de <http://www.elemon.net/Cotizar.aspx>

Espressif. (2018). Obtenido de <https://www.espressif.com/en/support/download/documents>

HANWEI ELECTRONICS. (1998). Obtenido de <http://www.hwsensor.com>

Microchip. (2018). Obtenido de <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega328P>

Neuvco. (mayo de 2018). *Neuvco*. Obtenido de <https://neuvoo.com.ar/salario/salario-Tecnico-Electronico>

Semiconductor, D. (2018). *Systronix*. Obtenido de www.systronix.com/Resource/ds1820.pdf

Sierra, E. T. (1988). *NTP 215: Detectores de humos*.

sparkfun. (2003). Obtenido de <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-7.pdf>

Yuan, M. (2017). *IBM*. Obtenido de <https://www.ibm.com/developerworks/ssa/library/iot-mqtt-why-good-for-iot/index.html>

