



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL CONTROL,
MONITOREO Y DETECCIÓN DE FUGAS DE GAS DOMÉSTICO
MEDIANTE TECNOLOGÍA IOT**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Dispositivo Tecnológico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTOR:

ROLANDO MOROCHO YUQUILEMA

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMATICA Y ELECTRONICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL CONTROL,
MONITOREO Y DETECCIÓN DE FUGAS DE GAS DOMÉSTICO
MEDIANTE TECNOLOGÍA IOT**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Dispositivo Tecnológico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTOR: ROLANDO MOROCHO YUQUILEMA

DIRECTOR: ING. PABLO EDUARDO LOZADA YANEZ

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Rolando Morocho Yuquilema

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Rolando Morocho Yuquilema, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 15 de noviembre de 2023



Rolando Morocho Yuquilema

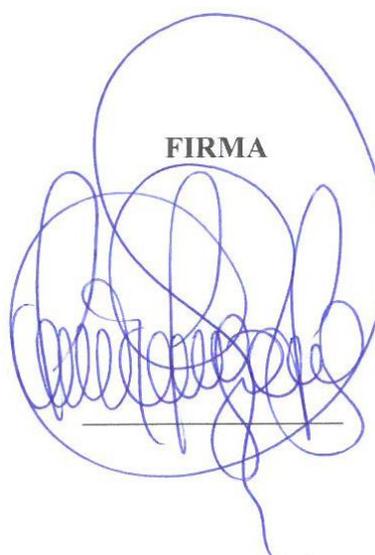
180411628-1

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Dispositivo Tecnológico, **IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL CONTROL, MONITOREO Y DETECCIÓN DE FUGAS DE GAS DOMÉSTICO MEDIANTE TECNOLOGÍA IOT**, realizado por el señor: **ROLANDO MOROCHO YUQUILEMA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

Ing. Jorge Luis Paucar Samaniego
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

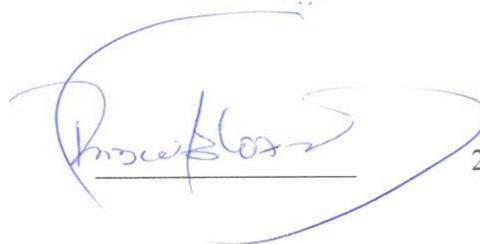
FIRMA



FECHA

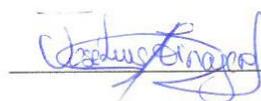
2023-11-15

Ing. Pablo Eduardo Lozada Yáñez
DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



2023-11-15

Ing. José Luis Tinajero León
ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



2023-11-15

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por bendecirme con la vida, conduciéndome hasta este trascendental momento. Agradezco a mis padres, María Antonia y José Alberto, cuyo amor incondicional, esfuerzo y paciencia han allanado el camino hacia la realización de mi sueño. Su inquebrantable guía y transmisión de valores han sido la fuerza propulsora que me ha animado a persistir en la búsqueda de mis anhelos. Asimismo, extendiendo mi gratitud a mis apreciados hermanos, quienes han respaldado cada paso en mi trayectoria profesional con palabras alentadoras y sabios consejos, modelando así una versión más plena de mí mismo.

Rolando

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento se extiende a mi familia en su totalidad, a mis queridos padres y hermanos, y en especial a mi madre, María Antonia Yuquilema Moyolema. Su incansable respaldo a lo largo de mi trayectoria profesional ha sido fundamental, sosteniéndome en los días más difíciles y compartiendo tanto la tristeza como la alegría. Mi hermano Wilmer Morocho Yuquilema merece un reconocimiento especial por su constante apoyo moral y por compartir sus experiencias de vida, actuando como un pilar en los momentos más desafiantes. A él le agradezco por alzarme cuando me encontraba en la adversidad, cada palabra y gesto suyo me brindó la fuerza para creer en mi potencial. Igualmente, extendo mi gratitud al ingeniero Pablo Lozada, cuyo apoyo personal, dedicación de tiempo, valiosas ideas y orientación se han manifestado en cada consulta y preocupación, demostrando un compromiso que valoro profundamente.

Rolando

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
RESUMEN.....	xvii
SUMMARY.....	xviii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	3
1.1	Planteamiento del problema	3
1.1.1	<i>Formulación del problema</i>	4
1.1.2	<i>Sistematización del problema</i>	4
1.2	Justificación.....	4
1.2.1	<i>Justificación Teórica</i>	4
1.2.2	<i>Justificación Aplicativa</i>	5
1.3	Objetivos.....	7
1.3.1	<i>Objetivo General</i>	7
1.3.2	<i>Objetivos Específicos</i>	7

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO.....	8
2.1	Gas Licuado de Petróleo (GLP).....	8
2.1.1	<i>Propiedades del GLP</i>	8
2.2	Cilindro de gas doméstico	9
2.2.1	<i>Características generales del cilindro de gas doméstico</i>	9
2.3	Fugas de gas	11
2.3.1	<i>Aspectos de prevención</i>	11
2.3.2	<i>Detectores de humo</i>	11
2.3.3	<i>Análisis comparativo de los detectores de humo</i>	12
2.4	Sensores de fugas de gas.....	12
2.4.1	<i>Tipos de sensores MQ</i>	12

2.5	Sistema de Control.....	14
2.6	Sistema de Monitoreo.....	14
2.7	Sistema de Detección	14
2.8	Internet de las cosas IOT	14
2.9	Tecnologías de comunicación inalámbrica.....	15
2.9.1	<i>Análisis comparativo de tecnologías inalámbricas.....</i>	15
2.10	Topologías de red.....	16
2.10.1	<i>Arquitectura de los tipos de Topologías de red.....</i>	16
2.11	Tarjetas de desarrollo	17
2.11.1	<i>Análisis comparativo de tarjetas de desarrollo</i>	18
2.12	Celdas de carga (Galga extensiométrica)	18
2.12.1	<i>Análisis comparativo de diferentes tipos de celdas de carga.....</i>	19
2.13	Relé.....	19
2.13.1	<i>Tipos de Relé.....</i>	20
2.14	Elementos de control del flujo de gas.....	21
2.14.1	<i>Electroválvulas.....</i>	21
2.14.2	<i>Análisis comparativo de la Electroválvula.....</i>	22
2.15	Sistemas de alimentación	22
2.15.1	<i>Sistema de respaldo de energía baterías</i>	23
2.15.2	<i>Análisis comparativo de las baterías</i>	23
2.16	Aplicaciones móviles.....	24
2.17	Plataformas para el desarrollo de aplicaciones web.....	24
2.17.1	<i>Tipos de plataformas y sus características.....</i>	24
2.18	Entornos de desarrollo para aplicaciones móviles.....	25
2.18.1	<i>Análisis comparativo de entornos para el desarrollo de aplicaciones móviles.....</i>	26
2.19	Geolocalización	26
2.19.1	<i>GPS (Global Position System).....</i>	27
2.19.2	<i>Módulos de GPS</i>	27
2.19.3	<i>Análisis comparativo de los módulos de GPS.....</i>	28
2.20	Materiales estructurales.....	28
2.20.1	<i>Análisis comparativo de los materiales estructurales.....</i>	29

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO.....	30
3.1	Requerimientos del sistema de monitoreo.....	30

3.2	Concepción de arquitectura del sistema de monitoreo.....	31
3.3	Diagramas de bloques del sistema Antifugas	33
3.3.1	<i>Etapa de adquisición de datos</i>	33
3.3.2	<i>Etapa de control</i>	34
3.3.3	<i>Etapa de visualización de la información</i>	35
3.4	Descripción de los elementos hardware para el sistema de monitoreo	36
3.4.1	<i>Módulo Esp32 DEVKITC</i>	36
3.4.2	<i>WeMos D1 Mini Esp32</i>	38
3.4.3	<i>Detector de humo Ecoey</i>	39
3.4.4	<i>Celda de carga de 50Kg</i>	40
3.4.5	<i>Sensor de gas MQ-5</i>	41
3.4.6	<i>Electroválvula solenoidal 2W-025-08</i>	42
3.4.7	<i>Relé de 5V de un canal con disparador de nivel alto y bajo</i>	43
3.4.8	<i>Módulo de reproductor de MP3-TF-16P</i>	44
3.4.9	<i>Módulo de HX711</i>	45
3.4.10	<i>Pantalla NEXTION NX3224F024 HMI</i>	46
3.4.11	<i>Baterías para el sistema de monitoreo</i>	48
3.5	Esquema de conexión electrónica del sistema de monitoreo.....	51
3.5.1	<i>Esquema de conexión del bloque de alimentación</i>	51
3.5.2	<i>Esquema de conexión electrónica del nodo de gas y peso</i>	52
3.5.3	<i>Esquema de conexión electrónica de nodos de detección de fugas de gas y humo</i> 55	
3.5.4	<i>Esquema de conexión electrónica del nodo central</i>	55
3.6	Software de desarrollo del sistema Antifugas	58
3.6.1	<i>Arduino IDE</i>	58
3.6.2	<i>SolidWorks</i>	58
3.6.3	<i>Nextion Editor</i>	58
3.6.4	<i>Android Studio</i>	59
3.6.5	<i>Firebase Realtime Database</i>	59
3.7	Programación de los nodos del sistema Antifugas.....	60
3.7.1	<i>Diagrama de flujo del nodo de gas y monitoreo de peso</i>	61
3.7.2	<i>Diagrama de flujo de los nodos de detección de fugas de gas y humo</i>	64
3.7.3	<i>Diagrama de flujo del nodo central</i>	66
3.7.4	<i>Diagrama de flujo de notificación a la Aplicación móvil</i>	68
3.8	Interfaz gráfica de visualización de la información.....	69
3.8.1	<i>Interfaz de visualización app móvil</i>	69
3.8.2	<i>Interfaz de visualización de la información HMI</i>	70

3.9	Diseño estructural del prototipo del nodo de gas y peso	71
3.9.1	<i>Recubrimiento interno</i>	72
3.9.2	<i>Recubrimiento externo</i>	74
3.10	Diseño estructural del prototipo de nodos de detención de fugas de gas y humo.....	74
3.11	Diseño estructural del prototipo del nodo central	75

CAPÍTULO IV

4.	PRUEBAS Y RESULTADOS	77
4.1	Consideraciones generales	78
4.2	Validación de sensores.....	79
4.2.1	<i>Validación del sensor de peso de 50Kg</i>	79
4.2.2	<i>Validación del sensor de gas MQ-5</i>	82
4.2.3	<i>Validación del sensor de humo fotoeléctrico</i>	85
4.3	Comunicación.....	87
4.3.1	<i>Comunicación con la plataforma Firebase</i>	87
4.3.2	<i>Datos enviados del nodo de gas y peso</i>	89
4.3.3	<i>Datos enviados del nodo de detección de fugas de gas</i>	91
4.3.4	<i>Datos enviados del nodo central</i>	92
4.4	Comunicación de la aplicación móvil con la base de datos.....	93
4.5	Envío de notificación de aviso al nodo central y aplicación móvil	94
4.5.1	<i>Alerta en el nodo central</i>	94
4.5.2	<i>Mensajes de notificación en la aplicación móvil</i>	95
4.6	Envío de mensaje GSM al proveedor del producto	95
4.7	Consumo de corriente	97
4.7.1	<i>Consumo de corriente del nodo de gas y peso</i>	97
4.7.2	<i>Consumo de corriente del nodo central</i>	99
4.7.3	<i>Consumo de corriente de los nodos de detección de fugas de gas y humo</i>	100
4.8	Prueba de funcionalidad	100
4.9	Análisis económico del sistema Antifugas	102
	CONCLUSIONES	105
	RECOMENDACIONES	107
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Normas técnicas de las propiedades GLP.....	9
Tabla 2-2: Comparativa entre las características de los detectores	12
Tabla 3-2: Modelos de sensores de gas MQ	13
Tabla 4-2: Comparación de las características de las tecnologías inalámbricas	15
Tabla 5-2: Comparativa de las características de las tarjetas de desarrollo	18
Tabla 6-2: Comparativa de las características de celdas de carga.....	19
Tabla 7-2: Comparativa entre las características de las Electroválvulas	22
Tabla 8-2: Comparativa entre los tipos de baterías.....	23
Tabla 9-2: Características de las plataformas para el desarrollo de aplicaciones web.....	25
Tabla 10-2: Comparativa de entornos de desarrollo de aplicaciones móviles	26
Tabla 11-2: Comparativa entre las características de módulos de GPS.....	28
Tabla 12-2: Comparativa entre materiales estructurales.....	29
Tabla 1-3: Especificaciones técnicas de ESP32 DEVKITC	37
Tabla 2-3: Especificaciones técnicas de WeMos D1 Mini ESP32.....	38
Tabla 3-3: Especificaciones técnicas de Ecoey.....	40
Tabla 4-3: Especificaciones técnicas del sensor de peso de 50kg.....	41
Tabla 5-3: Especificaciones técnicas del sensor de gas MQ-5.....	42
Tabla 6-3: Especificaciones técnicas de electroválvula solenoidal 2W-025-08	43
Tabla 7-3: Especificaciones técnicas del Relé de 5V alto y bajo.....	44
Tabla 8-3: Especificaciones técnicas del Módulo MP3-TF16P.....	45
Tabla 9-3: Especificaciones técnicas de Modulo de HX711	46
Tabla 10-3: Especificaciones técnicas de la Pantalla NEXTION	48
Tabla 11-3: Especificaciones técnicas de batería imuto X6G 100W	49
Tabla 12-3: Especificaciones técnicas de la batería Bilitong.....	50
Tabla 13-3: Especificaciones técnicas de la batería Hovxjzk de 9V.....	51
Tabla 14-3: Librerías utilizadas para la programación del sistema.....	61
Tabla 15-3: Medidas de la estructura del prototipo	72
Tabla 16-3: Medidas que constituye la estructura del nodo.....	75
Tabla 17-3: Medidas de la estructura del nodo central	76
Tabla 1-4: Análisis del error absoluto y error relativo de los valores del cilindro de gas de 15Kg.....	81
Tabla 2-4: Análisis del error Absoluto y error Relativo en tiempo detectado de gas GLP.....	84
Tabla 3-4: Análisis del error absoluto y error relativo con cada valor de tiempo detectado por 86	

Tabla 4-4: Características de la batería del nodo	98
Tabla 5-4: Consumo de corriente real del nodo	98
Tabla 6-4: Consumo de corriente total del nodo	98
Tabla 7-4: Duración de la batería en el nodo de gas y peso.....	99
Tabla 8-4: Características de la batería del nodo central	99
Tabla 9-4: Consumo de corriente del nodo central	99
Tabla 10-4: Duración de la batería del nodo central	99
Tabla 11-4: Características de la batería Hovxjzk	100
Tabla 12-4: Consumo de corriente de los nodos	100
Tabla 13-4: Duración de la batería de los nodos	100
Tabla 14-4: Evaluación económica del sistema Antifugas	102
Tabla 15-4: Comparativa entre el sistema Antifugas y el dispositivo electrónico.....	104

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2: Dimensiones del cilindro de gas doméstico AGIPGAS.....	10
Ilustración 2-2: Partes del cilindro DURAGAS de 15Kg	10
Ilustración 3-2: Detectores de Techamor y Ecoey	12
Ilustración 4-2: Tipos de sensores MQ.....	13
Ilustración 5-2: Arquitectura de tipos de topologías	17
Ilustración 6-2: Celdas de cargas.....	19
Ilustración 7-2: Funcionamiento de Relé	20
Ilustración 8-2: Tipos de Relés.....	21
Ilustración 9-2: Tipos de electroválvulas	22
Ilustración 10-2: Baterías Forza y Krisdonia	24
Ilustración 11-2: Tipos de plataformas para el desarrollo de aplicaciones web.....	25
Ilustración 12-2: Entornos para el desarrollo de aplicaciones móviles	26
Ilustración 13-2: Módulos de GPS	27
Ilustración 14-2: Tipos de materiales estructurales	28
Ilustración 1-3: Concepción de arquitectura del sistema de monitoreo.....	32
Ilustración 2-3: Diagrama de bloques de la etapa adquisición de datos.....	34
Ilustración 3-3: Diagrama de bloques de la etapa control	35
Ilustración 4-3: Diagrama de bloques de la etapa de visualización de la información.....	36
Ilustración 5-3: ESP32	37
Ilustración 6-3: WeMos D1 Mini ESP32	38
Ilustración 7-3: Detector de humo Ecoey.....	39
Ilustración 8-3: Celda de carga de 50Kg	40
Ilustración 9-3: Sensor de gas MQ-5.....	41
Ilustración 10-3: Electroválvula Solenoidal 2W-025-08.....	42
Ilustración 11-3: Módulo de Relé de 5V	44
Ilustración 12-3: Módulo de reproductor de MP3-TF-16P	45
Ilustración 13-3: Módulo de HX711	46
Ilustración 14-3: Pantalla NEXTION NX3224F024 HMI	47
Ilustración 15-3: Batería imuto X6G 100W	49
Ilustración 16-3: Batería Bilitong.....	50
Ilustración 17-3: Batería recargable Hovxjzk de 9V	50
Ilustración 18-3: Esquema de conexión del bloque de alimentación del prototipo.....	52
Ilustración 19-3: Esquema de conexión electrónica del nodo de gas y peso.....	53

Ilustración 20-3: Esquema de conexión electrónica del nodo de gas y peso.....	54
Ilustración 21-3: Placa PCB del nodo de gas y peso.....	54
Ilustración 22-3: Esquema de conexión electrónica de nodos de detección de fuga de gas y humo	55
Ilustración 23-3: Esquema de conexión electrónica del nodo central	56
Ilustración 24-3: Esquema de conexión electrónica del nodo central	57
Ilustración 25-3: Placa PCB del nodo central	57
Ilustración 26-3: Creación de la base de datos en Firebase.....	59
Ilustración 27-3: Pasos para vincular a la base de datos con.....	60
Ilustración 28-3: Diagrama de flujo de nodo de gas y monitoreo de peso	63
Ilustración 29-3: Diagrama de flujo de los nodos de detección de fugas de gas y humo.....	65
Ilustración 30-3: Diagrama de flujo del nodo central.....	67
Ilustración 31-3: Diagrama de flujo de envío de notificación a la App	68
Ilustración 32-3: Menú de las opciones del.....	70
Ilustración 33-3: Interfaz gráfica creada en Nextion Editor	71
Ilustración 34-3: Diseño del prototipo del nodo de gas y peso	71
Ilustración 35-3: Diseño de la parte superior del prototipo.....	72
Ilustración 36-3: Diseño de inferior y base del prototipo.....	73
Ilustración 37-3: Diseño de la parte de soporte y chapa del prototipo	73
Ilustración 38-3: Unión de la parte inferior y Soporte del prototipo.....	73
Ilustración 39-3: Resultado final del prototipo del nodo de gas y peso.	74
Ilustración 40-3: Diseño de la estructura de los nodos de detección de fugas de gas y humo ..	75
Ilustración 41-3: Dimensiones de la estructura de detección de fugas de gas y humo.....	75
Ilustración 42-3: Diseño de la estructura del nodo central	76
Ilustración 43-3: Dimensiones de la estructura del nodo central.....	76
Ilustración 1-4: Sistema Antifugas	77
Ilustración 2-4: Programación de ajuste para compensar al valor real del peso del cilindro	80
Ilustración 3-4: Colocación el cilindro	80
Ilustración 4-4: Descripción de valores generados en el monitor serial IDE	81
Ilustración 5-4: Procedimientos para obtener datos de muestras del sensor de gas MQ-5.....	83
Ilustración 6-4: Ubicación de los nodos 1 y 2 de detección de fugas de gas y humo.....	83
Ilustración 7-4: Toma de muestras con gas GLP y el dispositivo de	84
Ilustración 8-4: Toma de muestras con inciensos, cartulina de papel	86
Ilustración 9-4: Datos enviados por los nodos del sistema Antifugas, mediante monitor serial	88
Ilustración 10-4: Datos enviados de los nodos del sistema Antifugas y almacenados en la	88
Ilustración 11-4: Datos enviados del nodo de gas y peso, visualizada en IDE del Arduino	89

Ilustración 12-4: Datos del nodo de gas almacenados.....	89
Ilustración 13-4: Datos enviados del nodo a la base de datos	90
Ilustración 14-4: Datos del nodo de gas y peso en la	90
Ilustración 15-4: Datos de los nodos 1 y 2 en el monitor IDE	91
Ilustración 16-4: Datos de los nodos 1 y 2 almacenado en la base de datos	91
Ilustración 17-4: Datos visualizados en el monitor de IDE de	92
Ilustración 18-4: Datos del nodo central almacenados en la base	93
Ilustración 19-4: Creación de la aplicación móvil Antifugas en software Android Studio.....	93
Ilustración 20-4: Comunicación entre la aplicación y la base de datos.....	94
Ilustración 21-4: Alertas de notificaciones en el nodo central	95
Ilustración 22-4: Mensajes de.....	95
Ilustración 23-4: Ingresar el numero	96
Ilustración 24-4: Confirmación	96
Ilustración 25-4: Mensaje GSM recibido	97
Ilustración 26-4: Puesta en marcha del sistema Antifugas	101
Ilustración 27-4: Comprobación de la comunicación del sistema Antifugas	101
Ilustración 28-4: Pruebas de verificación del sistema Antifugas	102

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A:** Hoja de datos del ESP32
- Anexo B:** Hoja de datos del ESP32 Wemos D1 Mini
- Anexo C:** Hoja de datos del detector de humo Fotoeléctrico Ecoey
- Anexo D:** Hoja de datos del sensor de peso de 50Kg
- Anexo E:** Hoja de datos del sensor de gas MQ-5
- Anexo F:** Hoja de datos de la Electroválvula solenoidal 2W-025-08
- Anexo G:** Hoja de datos del Relé de 5V
- Anexo H:** Hoja de datos del módulo del reproductor MP3
- Anexo I:** Hoja de datos del módulo del HX711
- Anexo J:** Hoja de datos del Interfaz NEXTION NX3224F024 HMI
- Anexo K:** Hoja de datos de la batería imuto X6G 100W
- Anexo L:** Hoja de datos de la batería recargable Hovxjzk de 9V
- Anexo M:** Programación de los nodos del sistema de monitoreo
- Anexo N:** Programación de interfaz de visualización de app móvil en Android Studio
- Anexo O:** Programación de interfaz en Nextion Editor para la pantalla HMI
- Anexo P:** Diseño físico del prototipo del nodo de control de peso
- Anexo Q:** Diseño físico de la estructura de los nodos de detección de fugas de gas y humo
- Anexo R:** Diseño físico de la estructura del nodo central de información
- Anexo S:** Medición del peso con la balanza electrónica CAMRY TCS-30S-JE2.
- Anexo T:** Consumo de corriente de nodo gas y del peso del cilindro de gas
- Anexo U:** Consumo de corriente del nodo central
- Anexo V:** Pruebas de funcionamiento

RESUMEN

El presente trabajo de integración curricular tuvo como objetivo principal implementar un prototipo basado en IoT con el propósito de controlar, monitorear y detectar fugas de gas en entornos domésticos. El sistema Antifugas se compone de tres nodos clave: el Nodo de Gas y Peso, encargado de recopilar y enviar datos de peso y fugas de gas a una base de datos mediante WiFi. Dos Nodos de Detección de Fugas de Gas y Humo, responsables de recolectar y transmitir información sobre fugas de gas y humo a la misma base de datos a través de WiFi. Además, el sistema incluye un Nodo Central de Visualización e Información, que muestra los datos almacenados en la base de datos. También se proporciona una aplicación para dispositivos Android que permite visualizar parámetros de los nodos, controlar la Electroválvula, recibir alertas y notificaciones, e incluso enviar mensajes GSM al proveedor para gestionar situaciones de manera eficaz y segura. Se llevaron a cabo pruebas de validación para evaluar la precisión de los sensores de peso, gas y humo, obteniendo resultados con errores absolutos del 0.005% y 0%, respectivamente, que se mantuvieron dentro de los rangos esperados para cada sensor. En cuanto a las pruebas de comunicación, se confirmó una conexión óptima entre los nodos y se verificó que las notificaciones de alerta se enviaron correctamente tanto al Nodo Central como a la aplicación móvil, incluyendo el envío exitoso de mensajes GSM desde la aplicación. En términos de autonomía, se determinó que la batería puede alimentar el Nodo de Gas y Peso durante 158 horas, el Nodo Central durante 8 horas y el Nodo de Detección de Fugas de Gas y Humo durante un máximo de 6 horas. Estos resultados confirman que el sistema Antifugas implementado cumple con los requerimientos previamente establecidos.

Palabras clave: <SISTEMA ANTIFUGAS>, <SENSOR FOTOELÉCTRICO>, <GAS LICUADO DEL PETRÓLEO (GLP)>, <RED INALÁMBRICA>, <WIFI>, <BASE DE DATOS >, <ALERTA DE NOTIFICACIONES>, <SISTEMA GLOBAL PARA LAS COMUNICACIONES MÓVILES (GSM) >.



Arina B.
26-09-2023
1757-DBRA-UPT-2023

SUMMARY

The main objective of this curricular integration research project was to implement a prototype based on IoT to control, monitor, and detect gas leaks in domestic environments. The Anti-Leak system comprises three key nodes: The Gas and Weight Node, responsible for collecting and sending weight and gas leak data to a database using WiFi. Two Gas and Smoke Leak Detection Nodes, responsible for collecting and transmitting information about gas and smoke leaks to the same database via WiFi. In addition, the system includes a Central Display and Information Node, which displays the data stored in the database. An Android device application allows viewing node parameters, controlling the Solenoid Valve, receiving alerts and notifications, and even sending GSM messages to the provider to manage situations effectively and safely. Validation tests were conducted to evaluate the accuracy of the weight, gas, and smoke sensors, obtaining results with absolute errors of 0.005% and 0%, respectively, which remained within the expected ranges for each sensor. Regarding communication tests, an optimal connection between the nodes was confirmed, and it was verified that alert notifications were correctly sent to both the Central Node and the mobile application, including the successful transmission of GSM messages from the application. In terms of autonomy, it was determined that the battery could power the Gas and Weight Node for 158 hours, the Central Node for 8 hours, and the Gas and Smoke Leak Detection Node for a maximum of 6 hours. These results confirm that the implemented Anti-Leak system meets the previously established requirements.

Keywords: <ANTI-LEAK SYSTEM>, <PHOTOELECTRIC SENSOR>, <LIQUEFIED PETROLEUM GAS (LPG)>. <WIRELESS NETWORK>, <WIFI TECHNOLOGY>, <DATABASE>, <NOTIFICATION ALERT>, <GLOBAL SYSTEM FOR MOBILE COMMUNICATIONS (GSM)>.



Lenin Iván Lara Olivo

0602546103

INTRODUCCIÓN

Con el aumento constante de la población, el uso de gas doméstico está en constante crecimiento (Orozco, 2023). El cilindro de gas es esencial en hogares, sectores y barrios. Sin embargo, adquirir este producto puede conllevar inconvenientes y riesgos. Un problema común que enfrentan a diario muchas familias es la carencia de un sistema de monitoreo del peso del cilindro de gas, lo que resulta en la posibilidad constante de quedarse sin gas en momentos cruciales debido a la falta de notificación para su reemplazo. Además, al realizar la entrega del cilindro de gas, los proveedores suelen tener dificultades para ubicar exactamente la vivienda que solicitó el servicio (Morocho, 2023).

En diversos hogares de distintos barrios de la ciudad, se enfrentan a dificultades y riesgos relacionados con las fugas de gas (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2023). Los peligros inherentes a no detectarlas a tiempo pueden derivar en explosiones e incendios. La ausencia de un sistema de detección de fugas de gas impacta tanto directa como indirectamente en el usuario y el proveedor. El usuario carece de conocimiento preciso sobre el peso real del cilindro de gas, el momento adecuado para reemplazarlo y la capacidad para identificar o prevenir fugas en su vivienda (Morocho, 2023).

Considerando los inconvenientes y problemas previamente mencionados asociados al uso de cilindros de gas doméstico, este trabajo se propone implementar un prototipo destinado al control, monitoreo y detección de fugas de gas. El sistema ofrecerá beneficios tanto al usuario como al proveedor, ya que el usuario podrá supervisar constantemente el peso y las posibles fugas de gas en su vivienda.

El prototipo de monitoreo de peso del cilindro permitirá al usuario conocer su peso real en tiempo real. Si el producto está cerca de agotarse, generará una alerta que será notificada al usuario de manera inmediata mediante una aplicación móvil. A través de una interfaz HMI, el usuario podrá acceder a toda la información de los nodos.

Mediante la aplicación móvil, el usuario podrá enviar un mensaje GSM al proveedor solicitando un nuevo cilindro, y en dicho mensaje se incluirá la ubicación exacta del domicilio mediante GPS. Además, en caso de detectar fugas de gas o humo en cualquier parte de la vivienda donde se encuentran los nodos, el actuador Electroválvula se cerrará automáticamente para detener el flujo de gas. La notificación de esta acción se enviará al usuario a través del nodo central y la aplicación móvil, informando sobre la acción realizada por el sistema (Morocho, 2023).

Para llevar a cabo la elaboración de este trabajo de integración curricular, se llevará a cabo una breve investigación relacionada con el tema propuesto. A partir de estos estudios, se procederá a seleccionar los componentes más apropiados para la construcción del prototipo. En consecuencia, el presente trabajo se estructura de la siguiente manera:

Introducción: Se proporciona una breve presentación del trabajo y su enfoque. **Diagnóstico del Problema:** En el primer capítulo, se abordan aspectos fundamentales como antecedentes, formulación y sistematización del problema, justificación teórica y aplicada, así como objetivos generales y específicos. **Marco Teórico:** El segundo capítulo se enfoca en una revisión bibliográfica relacionada con la temática, abordando elementos como la prevención, descripción del producto, normativas, detectores de riesgo de fugas de gas, opciones de comunicación y conexión, análisis de especificaciones y características de componentes y tecnologías. **Marco Metodológico:** El tercer capítulo engloba la fase de desarrollo físico del prototipo. Aquí se detallan los requerimientos del sistema, la concepción de la arquitectura, la descripción de los elementos de hardware y software, y finalmente la implementación del prototipo. **Validación del Prototipo:** El cuarto capítulo se centra en la validación del prototipo. Se describen las pruebas realizadas para confirmar el correcto funcionamiento del sistema Antifugas desarrollado y su cumplimiento de los requerimientos establecidos.

Con esta estructura, se busca presentar de manera coherente y detallada el proceso de investigación, desarrollo y validación del prototipo para el sistema de monitoreo de peso, detección de fugas de gas y humo.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

En el presente capítulo se analiza el planteamiento del problema, la sistematización del mismo, la justificación tanto teórica como aplicada, objetivo general y como los específicos.

1.1 Planteamiento del problema

Después de llevar a cabo una revisión exhaustiva de investigaciones similares al tema propuesto, se observa que a medida que la población aumenta, también lo hace la demanda del producto. El gas de uso doméstico se emplea con diversos propósitos, como el calentamiento de agua y la cocción de alimentos en entornos residenciales y comerciales.

Sin embargo, la adquisición de este producto de gas doméstico podría conllevar ciertos inconvenientes y riesgos si no se dispone de un sistema adecuado para controlar, monitorear y detectar posibles fugas de gas. Estos inconvenientes incluyen la posibilidad de quedarse sin suministro durante períodos prolongados y el peligro latente de fugas de gas no detectadas, que podrían dar lugar a situaciones de explosiones e incendios.

La creación de este prototipo, que se enfoca en el control, monitoreo y detección de fugas de gas doméstico mediante tecnología IoT, tiene el potencial de mitigar los problemas y riesgos asociados a este escenario, tanto para los usuarios como para los proveedores del producto. Esto se logra al proporcionar una ubicación precisa de las viviendas que requieren el suministro. Gracias a este sistema, los usuarios estarán continuamente informados sobre el peso del gas y la presencia de posibles fugas en sus hogares, a través de una aplicación móvil y una interfaz HMI. Además, cuando el usuario se encuentre en casa, tendrá la capacidad de visualizar todos los parámetros esenciales, como el peso, las fugas de gas y el nivel de la batería, mediante una interfaz intuitiva.

Se ha realizado una revisión bibliográfica de investigación similares al tema. En Ecuador, en la Universidad Politécnica Salesiana de Quito, un estudiante desarrolló como tema de titulación la creación de un dispositivo portátil (Weareable) para el monitoreo de gas de uso doméstico en una red IoT y CLOUD. Este dispositivo tiene como objetivo supervisar los cilindros de GLP (Gas

Licuado de Petróleo) utilizados en entornos domésticos, haciendo uso de sensores que proporcionan mediciones precisas de peso y presión (Bastidas Villamarin & Murillo Constante, 2020).

En Quito, Ecuador, estudiantes de la Universidad Israel llevaron a cabo la creación de un sistema integral de monitoreo, detección y control de fugas de gas (GLP) con fines domésticos (Guallichico Iza, 2019). Para este propósito, emplearon sensores de gas catalíticos del modelo MQ-6, diseñados para efectuar mediciones periódicas de la concentración de gas. Esta tecnología posibilita un monitoreo ininterrumpido del entorno (Guallichico Iza, 2019).

En la Universidad de las Fuerzas Armadas, se llevó a cabo un proyecto de titulación bajo la dirección del estudiante Gustavo Andrés Ramírez Patajalo. El enfoque del proyecto consistió en el diseño e implementación de un Sistema de Detección y Monitoreo de la Concentración de gas GLP, utilizando una disposición de sensores específicamente diseñada para aplicaciones residenciales (Ramírez Patajalo, 2016).

1.1.1 Formulación del problema

¿Cómo implementar un prototipo para el control, monitoreo y detección de fugas de gas doméstico mediante tecnología IoT?

1.1.2 Sistematización del problema

¿Cuáles son los requerimientos que tiene que cumplir el prototipo para el control, monitoreo y detección de fugas de gas doméstico?

¿Se podrá dar una solución inmediata al problema planteado?

¿Se logrará poner en práctica este proyecto en nuestro país?

¿Qué elementos de software y hardware permiten implementar el diseño propuesto?

¿Cómo validar que el prototipo automático de monitoreo cumple con los requerimientos del diseño?

1.2 Justificación

1.2.1 Justificación Teórica

La mayoría de los accidentes tienen su origen en instalaciones artesanales de gas, como mangueras, tuberías y válvulas improvisadas. La incorrecta manipulación por parte de los propietarios, así como la falta de mantenimiento en mangueras y válvulas, puede resultar en fugas

de gas. Según la información recopilada en la revisión bibliográfica, el Cuerpo de Bomberos llevó a cabo más de 25,000 intervenciones debido a estas deficiencias en todo el país. Hasta el año 2019, aproximadamente el 30% de los incidentes se registraron en viviendas y establecimientos comerciales (Toranzos, 2021). Además, en la mayoría de los hogares se enfrentan a dificultades para determinar con precisión el peso real de los cilindros de gas, lo que a su vez impide una planificación anticipada del suministro con el proveedor. El presente proyecto tiene como objetivo abordar estas problemáticas a través del desarrollo de un prototipo de monitoreo de peso del tanque. La creación de este prototipo, diseñado para el control, monitoreo y detección de fugas de gas doméstico mediante tecnología IoT, permitirá a los usuarios obtener información sobre el nivel del producto e identificar posibles fugas de gas en distintas áreas del hogar.

La implementación del sistema de control y monitoreo tiene la capacidad de generar ahorros significativos en tiempo y recursos, al tiempo que previene riesgos para la salud y minimiza la posibilidad de incidentes como explosiones e incendios. El sistema de monitoreo de peso se encargará de enviar notificaciones automáticas tanto al usuario como al proveedor cuando el producto esté por agotarse. Asimismo, con el objetivo de mitigar el peligro de explosiones e incendios debido a fugas de gas, se ha incorporado un dispositivo electromecánico que cerrará el flujo de gas de manera automática al detectar cualquier tipo de fuga en la vivienda. Simultáneamente, se enviará una notificación al usuario, proporcionando detalles precisos sobre la ubicación exacta donde se identificó la fuga mediante la tecnología IoT (Morochó, 2023).

1.2.2 Justificación Aplicativa

El objetivo central de esta investigación es la implementación de un prototipo destinado al control, monitoreo y detección de fugas de gas mediante la tecnología IoT. Dada la ausencia de un sistema automatizado para el monitoreo del peso del cilindro de gas y detección de fugas de gas en el entorno doméstico, este proyecto propone la creación de un prototipo con la finalidad de brindar apoyo al usuario en situaciones de emergencia o riesgo. A través de una interfaz conectada al nodo central, estratégicamente ubicado en el interior del domicilio en un lugar visible, el usuario podrá acceder a la visualización de parámetros como el peso, gas, humo de los nodos dispersos en distintas áreas de la vivienda, los cuales se dedican a la detección de fugas de gas y humo. Complementariamente, mediante una aplicación móvil, el usuario estará en capacidad de recibir alertas en tiempo real referentes al peso, fugas de gas y la presencia de humo.

Mediante este sistema, el propietario estará en constante monitoreo y recibirá notificaciones a través de una aplicación móvil, conectada mediante WiFi, junto a una interfaz HMI ubicada en el

nodo central. Además, el nodo central estará equipado con bocinas de alarma y se puede colocar en cualquier parte de la vivienda para supervisar de cerca todos los datos provenientes de la base de datos, los cuales serán transmitidos a través de la red inalámbrica WiFi.

Para llevar a cabo la detección de fugas de gas, humo y el monitoreo del peso, cada uno de los nodos tendrá la capacidad de transmitir datos directamente a la nube, a través de la red inalámbrica WiFi, hacia una base de datos centralizada. Todos los datos generados por los sensores ubicados en diversos puntos de la casa serán enviados hacia esta base de datos, donde quedarán almacenadas todas las variables pertinentes del sistema.

El nodo encargado del monitoreo del gas y del peso se compone de sensores, un módulo de transmisión, una tarjeta de desarrollo y una batería. Esta unidad se encuentra integrada en la estructura del prototipo destinado al seguimiento del peso del cilindro de gas. Su función primordial es detectar el peso del cilindro de gas y remitir los datos correspondientes a la base de datos. Cuando se detecta alguna variación en una de sus variables, el nodo emite una notificación de alerta tanto al nodo central como a un dispositivo inteligente, permitiendo así informar al usuario sobre el proceso que se ha llevado a cabo.

Si el producto está a punto de agotarse, se enviará una notificación al usuario. A través de una opción disponible en la aplicación móvil, el usuario podrá enviar al proveedor del producto un mensaje GSM solicitando la reposición del producto. En dicho mensaje se incluirá la ubicación precisa de la vivienda para facilitar la entrega.

En el mismo nodo de monitoreo de gas y peso, se encuentra conectado y programado el actuador de la electroválvula, encargado del control del flujo de gas. Tanto la programación como los componentes se encuentran alojados en el interior del prototipo. La activación del actuador de la electroválvula se producirá cuando uno de los sensores de cualquier nodo detecte la presencia de fugas de gas y humo. La ubicación de la electroválvula se encuentra en el centro de la manguera de gas, regulando el paso del flujo de gas hacia la cocina.

Los nodos encargados de detectar fugas de gas y humo pueden ser ubicados en diversas áreas de la vivienda debido a su naturaleza inalámbrica. En su composición interna, se incluyen sensores de gas y humo, una batería y una tarjeta de desarrollo diseñada para la comunicación. La totalidad de los datos recopilados será transmitida a la base de datos a través de la comunicación inalámbrica WiFi.

Si se detecta algún cambio en las variables recopiladas por los sensores, se procederá a suspender automáticamente el flujo de gas a la cocina. Al mismo instante, se enviará una notificación tanto a la aplicación del usuario como al nodo central para la visualización de la información. El usuario tendrá conocimiento acerca de qué nodo específico generó la alerta que condujo al cierre del suministro.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Implementar un prototipo para el control, monitoreo y detección de fugas de gas doméstico mediante tecnología IoT.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Investigar los diferentes tipos de sistemas de monitoreo componentes, arquitectura y vulnerabilidad.
- Determinar los requerimientos que debe cumplir el prototipo para control, monitoreo y detección de fugas de gas doméstico.
- Implementar el prototipo para control, monitoreo y detección de fugas de gas doméstico que mejor se adapte a los requerimientos expuestos.
- Seleccionar los componentes de hardware y software que permitan dar cumplimiento a los requerimientos del prototipo para control, monitoreo y detección de fugas de gas doméstico.
- Evaluar si el prototipo desarrollado cumple con los requerimientos del diseño.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo, se lleva a cabo una investigación teórica en relación al Gas Licuado de Petróleo (GLP), abordando sus propiedades, componentes y características fundamentales de los cilindros de gas doméstico. También se analizan en detalle los dispositivos encargados de detectar y medir fugas de gas, explorando diversas topologías de red, protocolos de comunicación y elementos tecnológicos involucrados. Además, se examinan los módulos de actuación, celdas de carga y sistemas de respaldo de energía relevantes en este contexto. Asimismo, se evalúan las plataformas y entornos apropiados para el desarrollo de aplicaciones móviles en este ámbito, junto con la diversidad de materiales estructurales que se pueden ser utilizados para el desarrollo del prototipo.

2.1 Gas Licuado de Petróleo (GLP)

El Gas Licuado de Petróleo (GLP) se configura como un combustible que resulta de la amalgama de dos hidrocarburos preponderantes: el propano y el butano, junto con proporciones menores de otros hidrocarburos. Su obtención se lleva a cabo tanto en el proceso de refinación del petróleo crudo como en la fase de separación del petróleo crudo o del gas natural, siendo extraído de pozos de producción (Salcedo, 2012).

El Gas Licuado de Petróleo (GLP) consiste en una mezcla de hidrocarburos gaseosos, específicamente propano y butano, en su forma natural. En condiciones normales de temperatura, el GLP se manifiesta como un gas y presenta características incoloras. No obstante, al someterlo a enfriamiento o presiones moderadas, experimenta una transición hacia un estado líquido que se vuelve fácilmente transportable utilizando recipientes fabricados en acero o aluminio (Salcedo, 2012).

2.1.1 *Propiedades del GLP*

Las normas técnicas vigentes en Ecuador se encuentran en el documento "NTE INEM 2 260:2015". Estas especificaciones resultan esenciales para comprender los procedimientos y precauciones que deben observarse al manipular dicho elemento (Instalaciones de gases combustibles para uso residencial comercial e industrial, 2021).

Tabla 1-2: Normas técnicas de las propiedades GLP

Propiedades	Gas natural	GLP
Composición	90% Metano	60% Propano 40% Butano
Formula química	CH ₄	C ₄ H ₁₀ C ₃ H ₈
Gravedad específica	0,60	2,05-1,56
Poder calorífico	9 200kcal/m ³	22 224 kcal/m ³ 6 595 kcal/it 11 739 kcal/kilo
Presión de suministro	21 mbar	50 mbar
Estado físico	Gaseoso sin límite de compresión Líquido a -160 °C y la presión atmosférica	Líquido a 20 °C con presión manométrica de 2.5 bar
Color/olor	Incoloro/Inodoro	Incoloro/Inodoro

Fuente: (Salcedo, 2012)

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

2.2 Cilindro de gas doméstico

Los cilindros de gas doméstico representan recipientes altamente seguros y eficientes que satisfacen diversas necesidades, como el suministro de calefones para calentar agua, la preparación de alimentos y diversas tareas cotidianas en el hogar (Gas Licuado de Petróleo en Ecuador, 2016).

2.2.1 Características generales del cilindro de gas doméstico

El cilindro constituye un componente altamente seguro para los consumidores debido a su construcción a partir de diversas piezas. Este dispositivo incorpora una estructura cilíndrica fabricada en acero que incluye asas y una base del mismo material. Además, incorpora una válvula de seguridad y presenta un peso total de 15 kg. Sus dimensiones se caracterizan por una altura de 65 cm y un diámetro de 32 cm, estando equipado con una válvula de seguridad (Fibroacero, 2022).



Ilustración 1-2: Dimensiones del cilindro de gas doméstico AGIPGAS

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

El cilindro de gas doméstico se conforma mediante la unión de diversas piezas, garantizando así la seguridad del hogar y de la familia (Lipigas, 2017) .

Regulador. - Mantiene la presión en los niveles necesarios para los artefactos que la utilizan.

Válvula del cilindro. - Permite introducir y extraer el gas en el interior contiene una válvula de seguridad.

Válvula de seguridad. - Dispositivo de protección que libera el gas cuando aumenta la presión interna.

Goma. - Evita fugas de gas, permite introducir y extraer el gas.

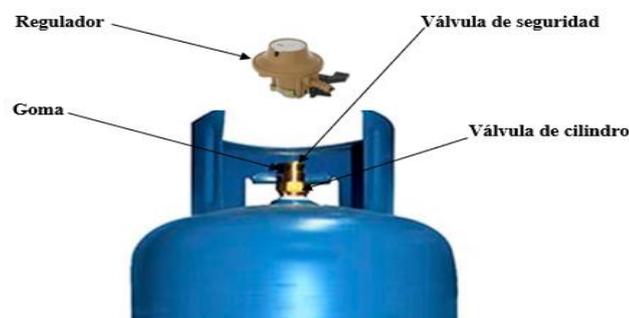


Ilustración 2-2: Partes del cilindro DURAGAS de 15Kg

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

2.3 Fugas de gas

La mayoría de las fugas de gas se originan debido a un mantenimiento insuficiente o a la negligencia en la instalación de los cilindros de gas. En gran parte de los casos, las personas no prestan atención a la elección adecuada de los materiales que deben emplearse durante la instalación de un cilindro de gas para uso doméstico. Entre estos materiales esenciales se encuentran las válvulas, las mangueras, las bombas y otros componentes relevantes (Pérez, 2019).

2.3.1 Aspectos de prevención

Conocer el producto. - El GLP se configura como una combinación de gases en estado líquido, la cual se almacena en tanques de variados tamaños.

Verificar válvulas, mangueras y cilindros. - Es importante verificar la calidad de los materiales, la vida útil que tiene cada material y en el tiempo que debe ser reemplazado.

Verificar la seguridad de las conexiones e instalación. - Es crucial inspeccionar la válvula del cilindro de gas para asegurarse de que cumpla con todas las normas de seguridad. Durante el proceso de conexión, no debe haber ningún material inflamatorio presente, ya que una fuga de gas en el ambiente podría provocar una explosión (Pérez, 2019).

2.3.2 Detectores de humo

Estos dispositivos han sido concebidos con el propósito de identificar fugas de gases de combustión, tales como butano, propano, metano y otros elementos tóxicos y explosivos. Un detector de gas responde a señales o estímulos físicos o químicos de manera específica (Juan 2014).

Detector TECHAMOR. - Sensor de fugas de gas propano está equipado con un sensor semiconductor de alta calidad que puede detectar fugas de gas de forma rápida y precisa y enviar alarma lo antes posible (Gistgear, 2023).

Detector de incendios ECOEY. - Este modelo de detector tiene una alarma fotoeléctrica para humo e incendios que se puede ubicar en cualquier parte del hogar para prevenir cualquier tipo de riesgos (Amazon, -b).



Ilustración 3-2: Detectores de Techamor y Ecoey

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

2.3.3 *Análisis comparativo de los detectores de humo*

En la *Tabla 2-2* se presenta una comparación de las características entre los detectores de humo y los sistemas de prevención de incendios.

Tabla 2-2: Comparativa entre las características de los detectores

Características	Detector TECHAMOR	Detector ECOEY
Fuente de alimentación	12V DC	Con batería
Norma de seguridad	UL 1484	UL 217
Tipo de sensor	Semiconductor	Fotoeléctrico
Alarma	85 dB	85 dB
Batería	No	Si, 9V
Estilo	Morden	No cableado
Peso	0.108Kg	0.158757Kg
Diámetro	6.49 x 2.95 x 0.87 in.	3.3 in.

Fuente: (Gistgear, 2023);(Amazon, -b 2023)

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

2.4 Sensores de fugas de gas

Los sensores de gases han sido diseñados con la finalidad de detectar diversos compuestos químicos presentes en el ambiente. Estos dispositivos cuentan con la capacidad de establecer conexiones con microcontroladores y otros elementos de control (Llamas, 2016).

2.4.1 *Tipos de sensores MQ*

Los sensores MQ se encuentran disponibles en una extensa variedad de modelos, cada uno de los cuales ha sido concebido para detectar de manera específica una o más sustancias (Llamas, 2016).



Ilustración 4-2: Tipos de sensores MQ

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

En la *Tabla 3-2*, se pueden apreciar distintos modelos de sensores MQ, enfocándose principalmente en aquellos que tienen un uso más extendido.

Tabla 3-2: Modelos de sensores de gas MQ

Modelo	Sustancias detectadas	Calentador
MQ-2	Metano, butano, GLP, humo	5V
MQ-3	Alcohol, Etanol, humo	5V
MQ-303A	Alcohol, etanol, humo	0.9V
MQ-4	Metano, gas natural comprimido (GNP)	5V
MQ-5	Gas natural, GLP	5V
MQ-6	Butano, GLP	5V
MQ-306A	Butano, GLP	0.9V
MQ-7	Monóxido de carbono	Alternado 5V y 1.4V
MQ-307A	Monóxido de carbono	Alternado 0.2 y 0.9V
MQ-8	Hidrógeno	5V
MQ-9	Monóxido de carbono, gases inflamables	Alternado 5V y 1.5V
MQ-309A	Monóxido de carbono, gases inflamables	Alternado 0.2 y 0.9V
MQ-131	Ozono	6V
MQ-135	Benceno, alcohol, humo, calidad del aire	5V
MQ-136	Ácido sulfhídrico	5V
MQ-137	Amoniaco	5V
MQ-138	Benceno, tolueno, alcohol, acetona, propano, formaldehido, hidrógeno	5V

Fuente: (Llamas, 2016)

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

2.5 Sistema de Control

La verificación, comprobación, fiscalización o intervención a través de la selección de las entradas de un sistema es lo que se describe. Esto se aplica especialmente cuando se hace referencia a un sistema que controla, dirige o regula un mecanismo, ya sea de manera manual o sistemática (Control, 2023).

Control ON/OFF. - Envía una señal ON (Encendido) cuando la entrada es menor que el nivel de referencia predeterminado, y una señal OFF (Apagado) cuando la entrada es mayor que el nivel de referencia (Electricfor, 2021).

2.6 Sistema de Monitoreo

El término proviene del término monitor, que es un dispositivo que toma imágenes de cámaras o sensores y permite visualizarlas en una pantalla. El monitoreo ayuda a supervisar o controlar un proceso en ejecución (Pérez Porto, 2018).

2.7 Sistema de Detección

Un sistema de detección es un conjunto organizado de componentes y tecnologías diseñado para identificar y captar características específicas de elementos o fenómenos en un entorno dado. Se usan en diversas aplicaciones, como seguridad, industria e investigación, para detectar gases, incendios, intrusos y más. Estos sistemas emplean sensores, procesadores y alertas para reaccionar a las señales captadas por los sensores y tomar medidas apropiadas (S&P, 2019).

2.8 Internet de las cosas IOT

En la actualidad, la mayoría de los dispositivos electrónicos utilizados por las personas contribuyen al desarrollo de la tecnología IOT. El concepto de Internet de las Cosas (IOT) se relaciona con contextos en los cuales la conectividad de red y la capacidad de procesamiento se expanden a lo largo de todos los dispositivos tecnológicos, sensores y objetos cotidianos. Esto permite que dichos dispositivos generen, intercambien y utilicen datos con una intervención humana mínima (Rose, Eldridge y Chapin, 2015).

2.9 Tecnologías de comunicación inalámbrica

La comunicación inalámbrica representa una revolución tecnológica reciente que abarca una diversidad de dispositivos sin cables, entre los que se incluyen teléfonos móviles, televisores satelitales y otros equipos.

Wifi. – Se trata de un protocolo de comunicación inalámbrica que se basa en el estándar IEEE 802.11. Tiene una velocidad de transmisión máxima de 54 kbps y opera en un rango de frecuencia de 2,4 GHz y 5 GHz. Se caracteriza por su flexibilidad debido a su bajo costo y facilidad de implementación. En términos de seguridad, incorpora protocolos de encriptación WPA2-AES y WPA3-AESS (Feandalucia, 2010).

Bluetooth. - Una tecnología utilizada para conexiones de corta distancia entre dispositivos como computadoras, teléfonos móviles, módems, impresoras y proyectores. Se caracteriza por la comunicación maestro/esclavo. Basado en el estándar IEE 802.15.1 con velocidad de 24 Mbps, operando en la banda de frecuencia de 2,4 GHz, bajo consumo de energía y muy económico (Feandalucia, 2010).

Zigbee. - Es un estándar de red de área personal inalámbrica (WPAN). El estándar 802.15.4 proporciona comunicaciones seguras con velocidades de datos bajas, duración optimizada de la batería, bajo costo, seguridad y confiabilidad. Puede funcionar en 2,4 GHz (funcionamiento estándar), 868 MHz (Europa), 915 MHz (EE. UU.). USA), ideal para redes domóticas, control industrial, etc (Feandalucia, 2010).

2.9.1 Análisis comparativo de tecnologías inalámbricas

En la *Tabla 4-2* muestra un análisis comparativo de las características de las tecnologías de comunicación inalámbrica.

Tabla 4-2: Comparación de las características de las tecnologías inalámbricas

Características	Wifi	Bluetooth	Zigbee
Estándar	IEEE 802.in	EEE 802.15.1	IEEE 802.15.4
Ancho de banda	2.4GHz y 5 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz
Tasa de transferencia	450Mbps	700 kbps	20 a 250 Kbps
Alcance	100m	10-100 m (Bluetooth Le)	70-100m
Latencia	1ms	14ms	15ms
Red de aplicación	WLAN	WPAN	WPAN

Velocidad	54Mbps	24 Mbps	250 kbps
Seguridad	Protocolos de cifrado: - WEP - 802.1x - WPA	Claves de verificación bajo estándar AES.	Protocolos de cifrado: - AES - CCM - 128
Topología	-Punto a punto. - Punto a multipunto. - Mesh	-Punto a punto. - Punto a multipunto.	- Punto a punto - Estrella – Mesh – Árbol.
Velocidad y calidad de transferencia de datos	- Más rápido. - Mejor calidad de audio.	- Lento por su ancho de banda. - Bajo calidad de audio.	- Baja velocidad

Fuente: (Feandalucia, 2010), (Mujica & Sequera, 2022)

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

2.10 Topologías de red

La organización de los elementos que constituyen una red de comunicaciones y la disposición física de los equipos y el cableado de red son aspectos fundamentales a considerar (Digital, 2018).

2.10.1 Arquitectura de los tipos de Topologías de red

Topología en bus. - Bus o lineal, en esta red todos los dispositivos se conectan directamente a un canal y no existe otro vínculo entre nodos.

Topología de anillo. - Se configuran en un patrón circular con estructura de anilla.

Topología de árbol. - La red tiene un punto de enlace troncal y a partir de aquello se extienden los demás nodos, el eje central es similar al tronco de árbol.

Topología de estrella. - En este tipo de topología los dispositivos se conectan a un punto central que actúa como servidor.

Topología de Malla. - Todos los componentes o nodos están directamente conectados entre sí y están conectados por caminos separados. Tiene caminos alternos para enviar información a través de diferentes rutas.

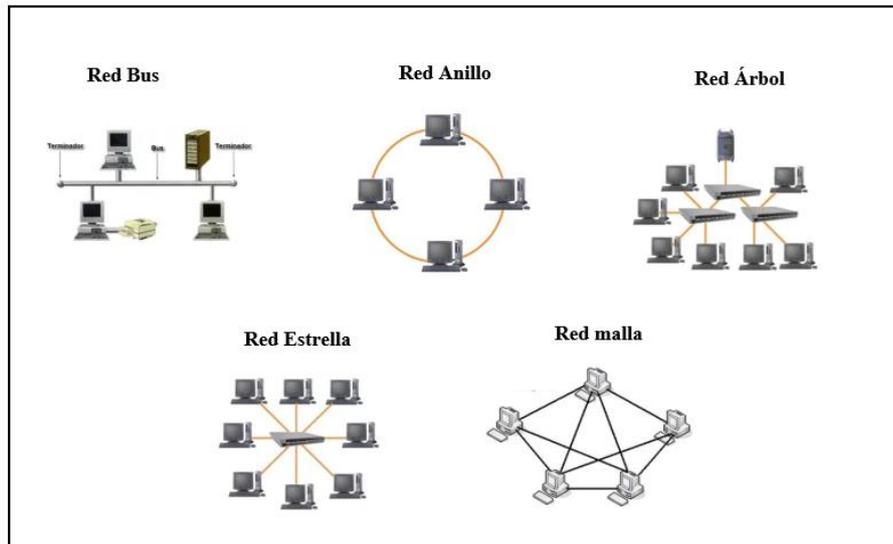


Ilustración 5-2: Arquitectura de tipos de topologías

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

2.11 Tarjetas de desarrollo

En la actualidad, hay diversas herramientas disponibles para la creación de sistemas analógicos o digitales. Estos tipos de herramientas varían en términos de tamaño, velocidad de procesamiento, funcionalidad y otras características. A continuación, se describen las características generales de diferentes microcontroladores de cada una de estas categorías.

Arduino. - Una plataforma de desarrollo de código abierto que comprende un microcontrolador programable y un conjunto de buses diseñados para enlazar el microcontrolador con diversos sensores y actuadores. Los microcontroladores ATMEL son dispositivos integrados que pueden ejecutar instrucciones codificadas en un lenguaje de programación apto para su uso en el entorno de desarrollo integrado (IDE) de Arduino (Arduino, 2023).

Raspberry PI. - El módulo Raspberry puede comunicarse con la red TCP/IP a través del conector RJ45. El Raspberry Pi es un dispositivo de memoria SD de 4 GB que contiene el sistema operativo y las aplicaciones necesarias para un sistema de alarma doméstico. El módulo se comunica con el teclado y el mouse a través del puerto USB, la pantalla se puede conectar a través del conector RCA a señales de video analógicas o digitales a través del puerto HDMI (Raspberry Pi, 2023).

ESP32.- Se trata de una placa que incorpora conectividad WIFI y Bluetooth, siendo completamente compatible y programable con Arduino. Integra un procesador Tensilica LX6 y dispone de un conector micro USB que permite tanto la alimentación como la programación.

Además, es posible programarla utilizando el entorno de desarrollo integrado (IDE) de Arduino (Valle Hernández, 2022).

ESP8266.- Estas placas se destacan por su facilidad de uso, lo que trasciende más allá del ámbito del Internet de las Cosas (IoT); en consecuencia, el ESP8266 está estableciendo nuevas tendencias en múltiples sectores. Es un chip integrado que cuenta con conectividad Wi-Fi y es compatible con el protocolo TCP/IP (Del Valle, 2016).

2.11.1 Análisis comparativo de tarjetas de desarrollo

En la *Tabla 5-2* presenta una comparación de las características de las tarjetas de desarrollo más frecuentes disponibles en el mercado en general. Se incluyen detalles sobre las características específicas, modelos y versiones de cada tarjeta de desarrollo.

Tabla 5-2: Comparativa de las características de las tarjetas de desarrollo

Parámetros	Arduino	Raspberry PI	ESP32	ESP8266
Consumo de energía	19mA-85mA	140mA-320mA	80mA-500mA	80mA-225mA
Voltaje de entrada	3.3V-12V	5V	3.3-12V DC	2.5V-3.6V
Procesador	Atmel AVR	ARM CórteX	Tensilica Xtensa	Tensilica Xtensa LX106
Almacenamiento	EEPROM de 1 KB – 4 KB	MicroSD	Flash 4MB	Flash 4 MB
Peso	7-50gr	16-50gr	12-17gr.	6.8-20gr
RAM	2 KB-32 KB	512 MB-4 GB	448 KB de ROM -520 KB de SRAM	160 KB
Dimensiones	Min: 48x18 mm Max: 102x54 mm	Min: 65x56.5 mm Max: 85.6x56.5 mm	Min 30x 39,8mm Max 55x28	Min: 26x35 mm Max: 84.3x85.5 mm

Fuente: (Rodrigo, 2022)

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

2.12 Celdas de carga (Galga extensiométrica)

Es un transductor que puede medir el peso o la fuerza de un objeto y convertirlo en una señal eléctrica. Una celda de carga resistiva es ideal para medir los cambios de presión en la superficie cuando una pieza está en contacto con el equipo. La tensión deforma la galga extensométrica dentro de la galga extensométrica provocando un cambio en su resistencia (Guemisa, 2020).



Ilustración 6-2: Celdas de cargas

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

Las celdas de carga tienen aplicaciones en tanques y recipientes con diversas cargas. Gracias a los materiales de construcción utilizados, estas celdas pueden resistir y adaptarse a altas presiones.

2.12.1 Análisis comparativo de diferentes tipos de celdas de carga

La *Tabla 6-2* se presenta una comparativa de las diversas características de las celdas de carga.

Tabla 6-2: Comparativa de las características de celdas de carga

Parámetros	Celda de carga 10Kg	Celda de carga 20Kg	Celda de carga 30Kg	Celda de carga 50Kg
Capacidad	10Kg	20Kg	30Kg	50Kg
Alimentación	5V DC	3-12V DC	10-15V	10 -15V
Presión	120% FS.	0.02% FS.	0.020%, 0.010% F. S	0,03% FS No Linealidad
Temperatura	-20 ° C ~ + 65 ° C.	-10°C a 50°C.	- 10 a +40 °C	-35 a +80 °C.
Salida	4 cables	4 cables	4 cables	3 cables
Longitud de cable	25cm	16cm	15cm	15cm
Material	Aleación de aluminio	Aluminio	Aleación de aluminio	Aluminio

Fuente: (Tipos de Celdas, 2020)

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

2.13 Relé

Se trata de un dispositivo electromecánico compuesto por interruptores automáticos gestionados a través de un circuito eléctrico, en el cual se emplea una bobina y un electroimán para influir en uno o varios contactos. Este dispositivo se compone de una bobina, una armadura de metal y un conjunto de contactos que pueden ser alterados por el campo magnético que la bobina genera (Areatecnología, 2022).

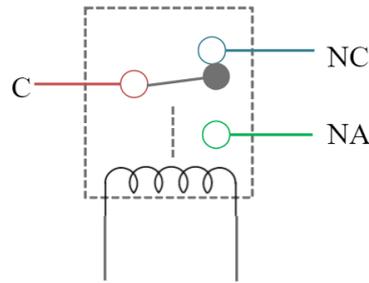


Ilustración 7-2: Funcionamiento de Relé

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

En la *Ilustración 7-2* muestra el funcionamiento del Relé, al ingresar la corriente los contactores abiertos (NO) se cierran y los contactores cerrados (NC) se abren. El contactor (C) es el que hace cambiar de posición de los contactores NA y NC.

2.13.1 Tipos de Relé

A continuación, se detallarán los tipos y la estructura de los relés.

Relés Electromecánicos. - Se trata de un dispositivo industrial diseñado para interrumpir conexiones eléctricas. Su funcionamiento se basa en un voltaje inferior al voltaje de operación, y está compuesto por un electroimán con una bobina enrollada alrededor de un núcleo que induce el movimiento de un componente en forma de herradura (Reptil, 2021).

Relés polarizados. – En su extremo inferior, es capaz de girar alrededor de los polos del electroimán, mientras que en el otro extremo se encuentra un contacto. Al energizar el electroimán, la armadura se pone en movimiento y provoca el cierre de los contactos. Al cambiar la polaridad, la armadura girará en la dirección contraria, efectuando la apertura de un interruptor o el cierre de otro circuito (Volutione, 2023).

Relés de estado sólido. – Igual que los relés convencionales, la única distinción radica en que en lugar de emplear bobinas, estos relés incorporan circuitos electrónicos internos destinados a la apertura y cierre de los contactos (Volutione, 2023).



Ilustración 8-2: Tipos de Relés

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

2.14 Elementos de control del flujo de gas

Estos dispositivos permiten regular el flujo del fluido de gas GLP. En caso de detectar cualquier tipo de alerta o anomalía en el entorno, el dispositivo cerrará de manera inmediata el conducto que transporta el gas, previniendo así accidentes como incendios o explosiones en el área.

2.14.1 *Electroválvulas*

Los dispositivos electromecánicos están diseñados para gestionar el flujo dentro de una tubería en reacción a pulsos eléctricos. La válvula es capaz de ser activada o desactivada mediante la corriente que circula a través del solenoide. Al permitir que la corriente atravesase el solenoide, se genera un campo magnético que atrae el núcleo y luego lo retorna a su posición al concluir la operación (Distritec, 2021).

Electroválvula Solenoide. – Formadas por una bobina eléctrica que se conecta a una fuente de alimentación para controlar el movimiento (SeoClick, 2023), se usa especialmente para la parada de emergencia de gas inflamable. Se puede conectar a cualquier sensor de detector de gas, lo que le permite apagarse automáticamente cuando el detector se activa por una fuga de gas enviando un pulso de activación eléctrica al dispositivo de electroválvula (Airevital, 2019).

Electroválvula de acción directa. - Estos dispositivos operan mediante una bobina que se conecta directamente a la válvula, lo cual posibilita el control de su movimiento. Estas válvulas encuentran aplicación en la regulación de diversos tipos de fluidos (SeoClick, 2023).



Ilustración 9-2: Tipos de electroválvulas

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

2.14.2 Análisis comparativo de la Electroválvula

Se analiza las características de las electroválvulas en relación al desarrollo del sistema Antifugas. A través de este análisis, se busca asegurar la seguridad y la eficacia de cada componente para cumplir con los requisitos establecidos.

En la *Tabla 7-2* muestra las principales características de las electroválvulas.

Tabla 7-2: Comparativa entre las características de las Electroválvulas

Especificación Técnica	Electroválvula Solenoide	Electroválvula de acción directa
Voltaje de operación	9-20V DC 110-220V AC	12- 24V DC 110-220VAC
Material	Cobre	Bronce
Dimensiones	7.4 x 5.83 x 4.13 in.	6x6.5x2.4x2.5in.
Tipos de gas	Gas natural, GLP, Carbón	Aire, Agua, Aceite
Temperatura de operación	-20°C a 60°C	-5°C a 80°C
Presión de trabajo	0-145psi	0-101psi
Peso	5.86 libras	0.467 libras
Modo de funcionamiento	Normalmente cerrado	Normalmente cerrado

Fuente: (Amazon, 2023), (Qairlattice, 2023)

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

2.15 Sistemas de alimentación

Se trata de un sistema que proporciona energía eléctrica a todos los dispositivos eléctricos o electrónicos que están conectados al sistema de suministro eléctrico.

2.15.1 Sistema de respaldo de energía baterías

Batería Li-Po. – Las baterías de polímero de litio son unidades recargables que, en ocasiones, se componen de múltiples celdas conectadas en paralelo para incrementar la capacidad de corriente. Estas baterías encuentran aplicación en situaciones que demandan más de 1 A de corriente, caracterizándose por su peso reducido y su tamaño compacto. Estas celdas no se pueden descargar por debajo de 3,20 V y cargar por encima de 4,22 V (Leon, 2019).

Batería Li-ion. - Conocidas como batería de iones de litio, es un dispositivo diseñado para almacenar energía eléctrica y utiliza sal de litio como electrolito para proporcionar los iones necesarios para las reacciones electroquímicas entre el ánodo y cátodo (securame, 2014).

Batería AGM. – La sigla en inglés corresponde a Absorbent Glass Mat, que se refiere a alfombras fabricadas con vidrio. Esta tecnología representa la última innovación en la fabricación de baterías, ofreciendo propiedades ácidas mejoradas que contribuyen a extender la vida útil de la batería. Estas baterías también se caracterizan por ser herméticas, duraderas y libres de mantenimiento (Archilla, 2016).

2.15.2 Análisis comparativo de las baterías

En la *Tabla 8-2* muestra una comparativa de las características fundamentales entre distintos tipos de baterías.

Tabla 8-2: Comparativa entre los tipos de baterías

Parámetros	Batería Li-Po	Batería Li-ion	Batería DGM
Tiempo de carga	1-5 horas	2-4 horas	2-4 horas
Voltaje	3.7V	3.7V	2-24V
Energía	100-130Wh	110-160Wh	168-336Wh
Autodescarga por mes	10%	25%	<2%

Fuente: (Leon, 2019);(securame, 2014);(Archilla, 2016)

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

Batería FORZA. – Esta fuente de alimentación emplea la innovación en tecnología de plomo-ácido para crear una batería excepcionalmente versátil y de gran utilidad en una amplia variedad de aplicaciones (Forza, 2023).

PowerBank Krisdonia. - Es una batería portátil que se utiliza para cargar dispositivos tecnológicos modernos como teléfonos inteligentes, parlantes y relojes inteligentes (Amazon, 2023).



Ilustración 10-2: Baterías Forza y Krisdonia

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

2.16 Aplicaciones móviles

Están concebidos para operar en dispositivos inteligentes, como teléfonos y tablets, entre otros. Las aplicaciones móviles posibilitan que los usuarios lleven a cabo una amplia variedad de tareas, incluyendo monitorización, gestión, educación y entretenimiento, además de brindar acceso a diversos servicios. Estas aplicaciones pueden ser desarrolladas para distintos sistemas operativos móviles, tales como Android, iOS, BlackBerry OS y otros (Applicatta, 2020).

2.17 Plataformas para el desarrollo de aplicaciones web

Estas plataformas disponen de un conjunto de herramientas que incluyen diseño, codificación, integración y pruebas, con el propósito de facilitar la creación de aplicaciones web destinadas a diversos tipos de sistemas operativos.

2.17.1 Tipos de plataformas y sus características

Firestore. - Es una plataforma de desarrollo de aplicaciones web y móviles basada en la nube fundada en 2001. Su función principal es simplificar el desarrollo de aplicaciones web y móviles. Es una plataforma muy completa y con muchas prestaciones (Presta, 2021).

Back4App. - Es una plataforma de desarrollo de aplicaciones de backend como servicio que permite crear aplicaciones con gran eficacia (Presta, 2021).

Appy Pie. - Plataforma de desarrollo de aplicaciones sin código, es utilizado para crear chatbots, aplicaciones móviles y automatización de tarea (Presta, 2021).

Apple CloudKit. – Una plataforma de desarrollo de aplicaciones BaaS(Backend as a Service) (Sydle, 2021) para la creación de aplicaciones web, tvOS macOS y watchOS (Presta, 2021).



Ilustración 11-2: Tipos de plataformas para el desarrollo de aplicaciones web

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

En la *Tabla 9-2* muestra las características de las plataformas utilizadas para el desarrollo de aplicaciones móviles, así como para el almacenamiento de información en la nube.

Tabla 9-2: Características de las plataformas para el desarrollo de aplicaciones web

Características	Firebase	Back4App	Appy Pie	Apple CloudKit
Base de Datos	NoSQL-Cloud	SQL	Cloud	NoSQL.
Almacenamiento	Nube hasta 1GB	Dropbox-SkyDrive-OneDrive	Cloud Storage	iCloud
Compatibles	Android, iOS, JavaScript, C++ Python	Android, iOS, JavaScript, React Native	iOS y Android.	iOS
Alojamiento seguro	SSD-SSL	API	HIPAA, PCI y SOC.	iCloud

Fuente: (Presta, 2021)

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

2.18 Entornos de desarrollo para aplicaciones móviles

Android Studio. – Es una interfaz de desarrollo de la plataforma Android, basada en el lenguaje de programación Java, permite la creación de aplicaciones amigables para los desarrolladores, gracias a su IDE (Entorno de Desarrollo Integrado) (Developer, 2023).

Flutter. - El código fuente abierto creado por Google para la creación de aplicaciones móviles compatibles con sistemas operativos como Android e iOS. También puede crear aplicaciones web y de escritorio para Windows y Mac (Flutter, 2023).

Visual Studio Code. - Es un editor de código fuente desarrollado por Microsoft para Windows, Linux y macOS. Donde los desarrolladores pueden editar, ejecutar y depurar el código fuente de la aplicación. *Visual Studio Code* admite varios lenguajes de programación, compatibilidad entre plataformas, un entorno de código abierto, compatibilidad con aplicaciones web y más (Reclu IT, 2021).



Ilustración 12-2: Entornos para el desarrollo de aplicaciones móviles

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

2.18.1 Análisis comparativo de entornos para el desarrollo de aplicaciones móviles

En la *Tabla 10-2* muestra un análisis comparativo de las características entre los diferentes entornos de desarrollo de aplicaciones móviles.

Tabla 10-2: Comparativa de entornos de desarrollo de aplicaciones móviles

Características	Android Studio	Flutter	Visual Studio Code
Sistema de compilación	Gradle	Dart	IntelliJ IDEA
Lenguaje de programación	C y C++	C, C++ y Dart	C y C++
Compatibles	Windows, Mac OS, Linux	Windows y Mac	Windows, Linux y macOS.

Fuente: (Developer, 2023);(Flutter, 2023);(Reclu IT, 2021)

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

2.19 Geolocalización

Se define como la capacidad de detectar y registrar la ubicación de un lugar o un punto específico en un sistema de coordenadas geográficas. La geolocalización se puede realizar desde dispositivos móviles, portátiles, etc (Armetrics, 2020).

2.19.1 GPS (Global Position System)

Un Sistema de posicionamiento global (GPS) es un sistema de navegación que utiliza satélites, receptores y algoritmos para sincronizar los datos de ubicación. El sistema de satélites consiste en una constelación de 24 satélites en seis planos orbitales centrados en la Tierra (Kyes, 2020).

2.19.2 Módulos de GPS

A través de las señales enviadas por estaciones espaciales y satélites de estaciones terrestres para determinar su ubicación exacta en la Tierra. Módulo para la comunicación con un microcontrolador o terminal de computadora (Gps 2019).

Módulo GPS NEO-6M. Módulo GPS diseñado para Arduino y microcontroladores. El módulo incluye una antena cerámica y una memoria EEPROM integrada para su montaje en el PCB. Ofrece una alta precisión en la ubicación. La comunicación se lleva a cabo a través de un puerto serial, y consta de 4 pines: VCC, RX, TX y GND (Dualtronica, 2023).

DIYmalls BN-220 Dual GPS. - El módulo tiene memoria flash para guardar la configuración, por lo que no es necesario restablecer los datos. El LED TX parpadeante significa que el módulo GPS está funcionando correctamente. El LED PPS parpadeante indica que el módulo GPS ha encontrado la ubicación. No se necesita controlador para la placa de desarrollo Raspberry Pi, solo software (Amazon, -c, 2023).



Ilustración 13-2: Módulos de GPS

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

2.19.3 Análisis comparativo de los módulos de GPS

En la *Tabla 11-2* muestra las principales características de los módulos de GPS.

Tabla 11-2: Comparativa entre las características de módulos de GPS

Características	Modulo GPS NEO-6M	Modulo Geekstory BN-220 Dual GPS
Consumo de energía	<30mA a 3V DC 40mA TBD	50mA a 5V DC
Límites de operación	Max 18,000m Menor a 4g	Max 18,000m Menor a 4g
Peso	9g	5g
Dimensiones	30mm x20mm x 11.4mm	0.79 x 0.79 x 0.87 pulgadas

Fuente: (Dualtronica, 2023);(Amazon, -c, 2023)

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

2.20 Materiales estructurales

Para la construcción del prototipo en el contexto del estudio e investigación de prototipos en el mercado, se observa que está compuesto por una variedad de materiales. A continuación, en la *Ilustración 14-2*, se proporciona un detalle de los principales tipos de materiales más empleados.

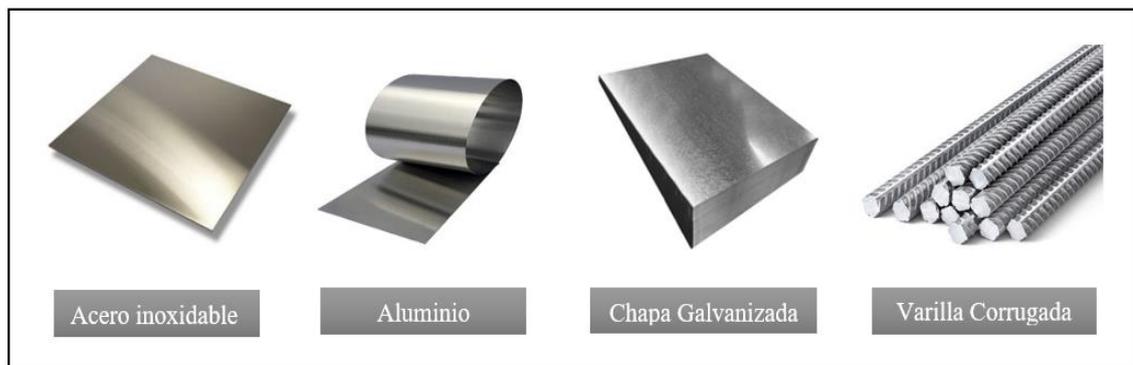


Ilustración 14-2: Tipos de materiales estructurales

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

Acero inoxidable. – Es una aleación de hierro, cromo, carbono, molibdeno y níquel, gracias a la adición del cromo evita oxidación y corrosión (MIPSA, 2023).

Aluminio. – Es un metal muy ligero de bajo peso y dúctil. Un elemento más común en la corteza terrestre y gracias a su capa de óxido que lo hace muy resistente a la corrosión (Weerg, 2020).

Chapa Galvanizada. – Se trata de un metal revestido de "zinc", lo cual previene la corrosión del metal. La galvanización se presenta en forma de placas destinadas a ser instaladas en áreas constantemente húmedas, cuando no hay otras opciones disponibles. Debido a la naturaleza galvanizada de estas placas, cuentan con un sistema de chapa capaz de resistir todos los efectos adversos, contrarrestando eficazmente las tensiones que podrían surgir en su superficie debido a dichos factores negativos (Mert Krom, 2023).

Varilla Corrugada. – varillas de acero corrugado DIPAC, diseñadas con una sección circular que incorpora salientes transversales estratégicos. Estos salientes no solo aseguran una adhesión excepcional al hormigón, sino que también fortalecen de manera significativa la estructura en la que se utilizan. Estas varillas experimentan un proceso de laminado en caliente seguido de un tratamiento térmico, lo que conduce a un aumento notable en su ductilidad y seguridad en comparación con el acero convencional. Están en conformidad con los estándares de la normativa ASTM A36 y se ajustan a las especificaciones precisas del Código de Construcción Ecuatoriano (NEC), lo que las habilita para ser soldadas y empleadas en la construcción interna del prototipo con total confianza y fiabilidad(DIPAC, 2022).

2.20.1 Análisis comparativo de los materiales estructurales

En la *Tabla 12-2* muestra una comparativa entre diversos tipos de materiales para construcción. A través de este análisis, se busca identificar un material que satisfaga todos los requisitos necesarios tanto para el desarrollo del prototipo como para proporcionar el soporte requerido.

Tabla 12-2: Comparativa entre materiales estructurales

Parámetros	Acero inoxidable	Aluminio	Chapa Galvanizada	Varilla Corrugada
Peso	Alto	Bajo	Bajo	Alto
Resistencia	Alto	Bajo	Alto	Alto
Dureza	250HB	15HB	400HB	90HB
Costo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo
Susceptibles a erosión	si	si	si	si

Fuente: (Alsimet, 2022)

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo, se detallan los requisitos que el prototipo debe cumplir con el fin de realizar el control, monitoreo y detección de fugas de gas. Se presenta una descripción exhaustiva de la arquitectura concebida, incluyendo los bloques que la componen y los componentes de hardware y software involucrados. Además, se abordan las conexiones necesarias, diseño, los algoritmos a emplear y se presentan los diagramas de flujo que resultan esenciales para llevar a cabo la implementación exitosa del sistema Antifugas.

3.1 Requerimientos del sistema de monitoreo

Basándose en la investigación realizada en el capítulo previo, se formularon los requisitos indispensables para la implementación de un prototipo destinado al control, monitoreo y detección de fugas de gas doméstico a través de la tecnología IoT. A continuación, se detallan los requerimientos del sistema:

- El sistema posibilitará el monitoreo del peso del cilindro de gas, así como la detección de fugas de gas y humo a través de los nodos situados en diversas áreas de la residencia.
- El sistema contará con cinco etapas de proceso que son las siguientes: adquisición de datos, control, almacenamiento, ejecución y presentación de la información.
- En la etapa de adquisición de datos dispondrá de sensores de: peso, humo y gas GLP
- El sensor de peso realizará la medición de la cantidad de producto presente en el cilindro de gas, dentro de un rango que abarca del 0% al 100%, dependiendo del contenido del producto. Se establecerán valores de referencia de 0 kg para un tanque vacío y de 30 kg para un tanque con su capacidad de contenido completa.
- El sensor fotoeléctrico estará encargado de identificar la existencia de humo en el entorno, mientras que el sensor de gas GLP se encargará de la medición de las concentraciones de partículas presentes en el aire.
- La etapa de control al detectar fugas de gas suspenderá el paso del flujo de gas mediante la electroválvula.
- La etapa de visualización de información permitirá reflejar mediante una interfaz gráfica los datos adquiridos de los sensores de: peso, humo, fuga de gas y nivel de batería en diferentes nodos.

- El sistema estará compuesto por tres nodos. Habrá un nodo específico encargado de la medición del gas y el peso, situado en una sección de la estructura. Además, se dispondrán dos nodos adicionales destinados a la detección de fugas de gas y humo, estos se ubicarán en puntos estratégicos dentro de la vivienda. Finalmente, se incorporará un nodo central que posibilitará la visualización de la información mediante una interfaz HMI.
- Los nodos contarán con la capacidad de establecer conexión a internet con el propósito de transmitir los datos de las variables hacia la base de datos. Para llevar a cabo la transmisión de datos, se utilizará la tecnología WiFi, empleando los módulos ESP32 DEVKITC y WeMos D1 Mini ESP32.
- El nodo central y nodo de peso estará equipado con una fuente de respaldo mediante batería para afrontar eventuales cortes de energía eléctrica. Por otro lado, las baterías de los nodos destinados a la detección de fugas serán recargables.
- La aplicación móvil es desarrollada en el software de Android Studio y es compatible especialmente para el sistema operativo Android.
- La aplicación móvil deberá ser fácil de instalación y manejo.
- Con el propósito de iniciar y acceder a los datos del sistema Antifugas, será necesario conectar todos los nodos a la red inalámbrica WiFi mediante una contraseña específica. A través de la aplicación, será factible visualizar los parámetros correspondientes a todos los nodos del sistema, tales como el peso, nivel de gas, detección de humo y el estado de la batería de los nodos de detección.
- Cuando el usuario reciba una notificación indicando que el tanque está por agotarse, tendrá la capacidad de enviar un mensaje directamente al proveedor mediante su aplicación móvil.
- El sistema de Antifugas deberá ser de fácil construcción e instalación.

3.2 Concepción de arquitectura del sistema de monitoreo

En la *Ilustración 1-3* se puede visualizar las cinco etapas fundamentales del sistema Antifugas: adquisición de datos, control, almacenamiento, actuación y visualización de la información.

Etapas de adquisición de datos. – El sistema está compuesto por sensores diseñados para medir variables como el peso, humo y gas. La totalidad de los datos recopilados se remite a la etapa de control, donde el módulo ESP32 se encarga de su procesamiento.

Etapas de control. – Cumple la función de receptor, procesar e interpretar toda la información obtenida de los sensores.

Al identificar modificaciones en las variables captadas por los sensores y considerando que todas estas variables se encuentran almacenadas en la base de datos, el actuador se activará de forma inmediata. Su función consistirá en gestionar el flujo de gas, al mismo tiempo que se generará una notificación para informar sobre la acción llevada a cabo.

Etapa de almacenamiento. – Cumple la función de registrar y almacenar toda la información de las variables adquiridas por los sensores en la plataforma de Firebase.

La información del sistema como: todas las variables registradas por los sensores, niveles de baterías, ubicación del domicilio y fecha.

Etapa de actuación. – Recibe la orden de la etapa de control, la etapa de control recibe los datos de las variables y envía toda la información a la base de datos mediante la tarjeta de desarrollo ESP32.

En caso de que se presente algún cambio o se detecte la posibilidad de una fuga de gas o humo en las variables que se encuentran guardadas en la base de datos, se procederá a activar la Electroválvula.

Etapa de visualización de la información. - La tarea asignada a esta etapa consiste en exhibir los datos almacenados, que abarcan información sobre el peso, fuga de gas y humo. Esto se logrará a través de una interfaz HMI y una aplicación móvil.

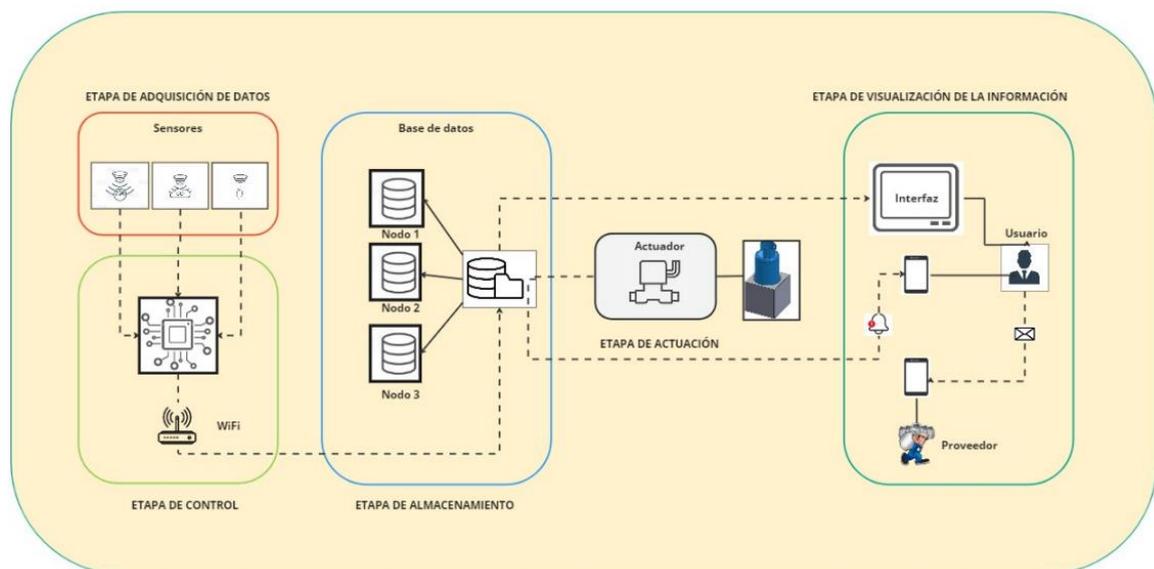


Ilustración 1-3: Concepción de arquitectura del sistema de monitoreo

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

3.3 Diagramas de bloques del sistema Antifugas

A continuación, se detallan los diagramas de bloques que conforman el sistema Antifugas.

3.3.1 Etapa de adquisición de datos

En la *Ilustración 2-3* se puede observar el diagrama de bloques de la etapa de adquisición de datos. Este diagrama está compuesto por cinco bloques estructurales.

Bloque de adquisición de datos: Compuesto por sensores: peso, humo y gas.

Bloque de sistema de respaldo de energía: El sistema posee un sistema de respaldo de batería en caso de una posible desconexión de la energía eléctrica.

Bloque de alimentación: Encargo de suministrar energía a los dispositivos electrónicos del prototipo.

Bloque de sensores: Encargados de detectar y responder a cualquier cambio en el entorno físico y enviar información al microcontrolador ESP32.

Bloque de procesamiento de información: A través de un microcontrolador ESP32 receptara lo datos emitidos por los sensores y procesara la información para su transmisión.

Bloque de transmisión de datos: Al procesar los datos estos serán envidos mediante conexión WiFi a la base de datos para su almacenados en la nube.

Bloque de visualización: Esta conformado por una interfaz HMI y aplicación móvil en la cual se mostrará los parámetros del sistema emitidos por los sensores.



Ilustración 2-3: Diagrama de bloques de la etapa adquisición de datos

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

3.3.2 *Etapa de control*

Como se puede observar en la *Ilustración 3-3* la etapa de control está conformado por las siguientes etapas:

Bloque de alimentación: Encargada de suministra energía eléctrica a los dispositivos electrónicos y eléctricos, en caso de que haya un corte de energía eléctrica cuanta con un respaldo de batería.

Bloque de Adquisición de datos: Encargada de recibir información de los sensores mediante microprocesador ESP32 DEVKITC-32D.

Procesamiento de información: Recibí la información mediante la tarjeta de desarrollo ESP32 Mini, para después ser enviada a la nube de la base de datos.

Bloque de envió de datos: Los datos recolectados de la etapa de procesamiento de información serán enviados directamente a la base datos para su almacenamiento.

Bloque de visualización: Se mostrará la información almacenada mediante un interfaz y aplicación móvil.

Bloque de almacenamiento: Encargado de registrar y guardar todos los datos recopilados de la adquisición de datos. Todos los nodos pueden conectar y acceder a los datos almacenados en la nube en la plataforma de *Firebase* mediante tarjeta de desarrollo ESP32.

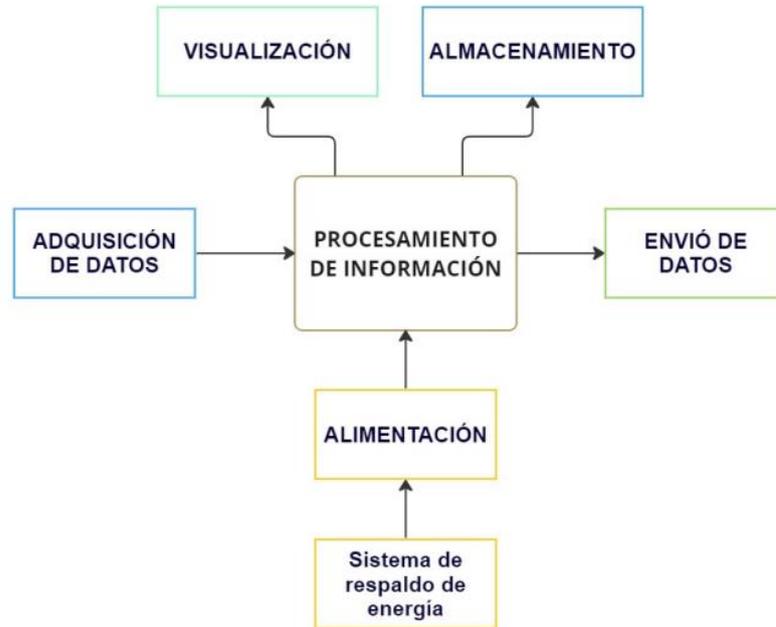


Ilustración 3-3: Diagrama de bloques de la etapa control

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

3.3.3 Etapa de visualización de la información

Como se puede observar en la *Ilustración 4-3*, el diagrama de bloques ha sido estructurado en base a seis bloques, los cuales se describen en detalle a continuación:

Bloque de proveedor de servicios de internet: Encargado de comunicar toda la información receptada a la base de datos para su respectivo almacenamiento.

Bloque de nube: Encargada de recolectar y almacenar los datos obtenidos de la adquisición de datos.

Bloque de alimentación: Encargado de suministrar energía eléctrica al nodo del prototipo.

Bloque de interfaz HMI: Se muestra toda la información obtenida y almacenadas en la nube mediante un interfaz HMI.

Bloque de aplicación móvil: Se presentan los datos obtenidos y almacenados en la nube a través de una aplicación móvil.

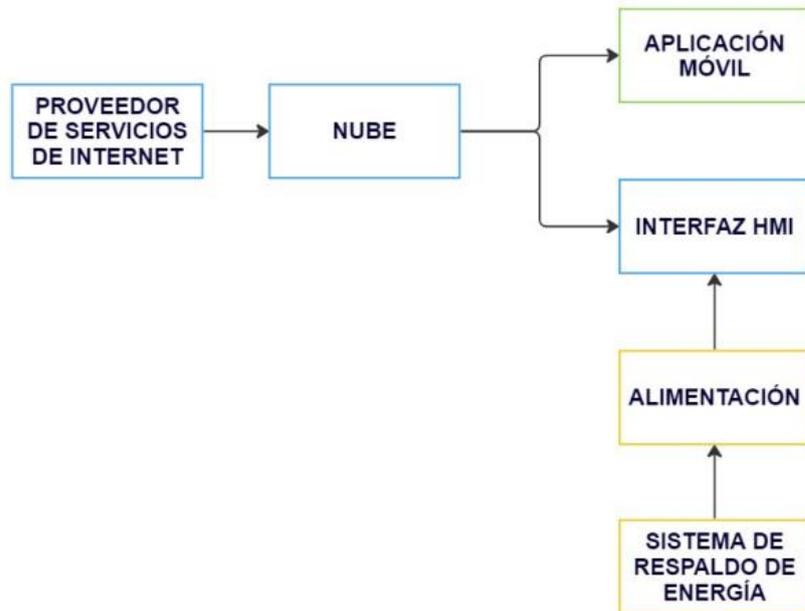


Ilustración 4-3: Diagrama de bloques de la etapa de visualización de la información

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

3.4 Descripción de los elementos hardware para el sistema de monitoreo

En esta sección, se describen todos los componentes que serán utilizados para el desarrollo del prototipo del sistema Antifugas. Cada uno de estos componentes se presenta junto a sus respectivas descripciones y especificaciones técnicas.

3.4.1 Módulo Esp32 DEVKITC

Un microcontrolador que presenta una arquitectura de 32 KB, está equipado con dos opciones de conectividad, Wi-Fi y Bluetooth, lo que habilita la supervisión y control eficiente y económico de una variedad de sensores y actuadores. Su suministro de energía es proporcionado directamente a través de un puerto USB de 5V. En términos de programación, es posible emplear el software IDE de Arduino. Este tipo de microprocesador resulta ideal para la integración de un módulo MP3 y una Pantalla HMI, ya que la tarjeta de desarrollo dispone de 2 entradas seriales para facilitar la conexión.

Esta placa de microcontrolador se encuentra en la parte del nodo central del sistema, junto con los elementos de alarma y interfaz de HMI para la visualización de la información.

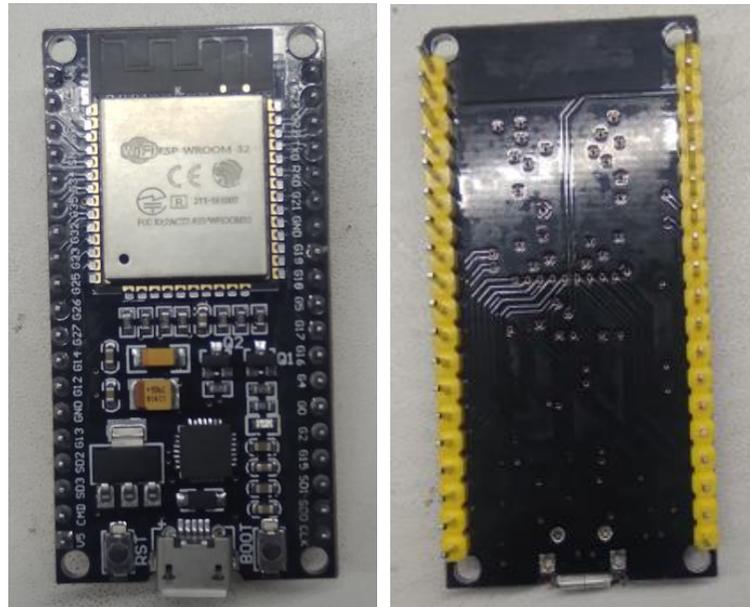


Ilustración 5-3: ESP32

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

En la *Tabla 1-3* se describen las especificaciones técnicas concernientes al funcionamiento de la tarjeta de desarrollo ESP32 DEVKITC. Para obtener detalles adicionales, se recomienda consultar el **Anexo A**, donde se proporciona información técnica detallada.

Tabla 1-3: Especificaciones técnicas de ESP32 DEVKITC

Especificaciones técnicas	Valor
Voltaje de operación	5V
Consumo de corriente	5uA modo suspensión
Microprocesador	WROOM-32 SMD
Pines Digitales GPIO	24
Convertor Analógico Digital	2 ADC de 12bits tipo SAR
Conectividad de Wifi	802.11 b/g/n
Conectividad de Bluetooth	4.2 BR/EDR y BLE
Frecuencia de Reloj	80 a 240Mhz
Chip USB-Serial	CP2102/04
Antena	PCB
Seguridad	EEE 802.11, WFA, WPA/WPA2
Dimensiones	55x27mm
Peso	10g

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

3.4.2 WeMos D1 Mini Esp32

Se trata de un microcontrolador de alta potencia que ofrece una conectividad Wi-Fi y una arquitectura basada en WROOM de 32 bits. La programación se puede llevar a cabo utilizando el software Arduino IDE. Este microcontrolador posee una frecuencia de reloj ajustable que varía desde 80MHz hasta 240MHz. Además, está equipado con un puerto Micro SD y un convertidor serial. Es importante destacar su eficiente consumo de energía, que se mantiene en niveles muy bajos. Este tipo de módulo ha sido específicamente diseñado para su implementación en dispositivos móviles, dispositivos electrónicos portátiles y diversas aplicaciones en el ámbito de Internet de las Cosas (IoT).

El módulo WeMos Esp32 Mini se encuentra en el nodo central y nodo de detección de fugas de gas y humo.

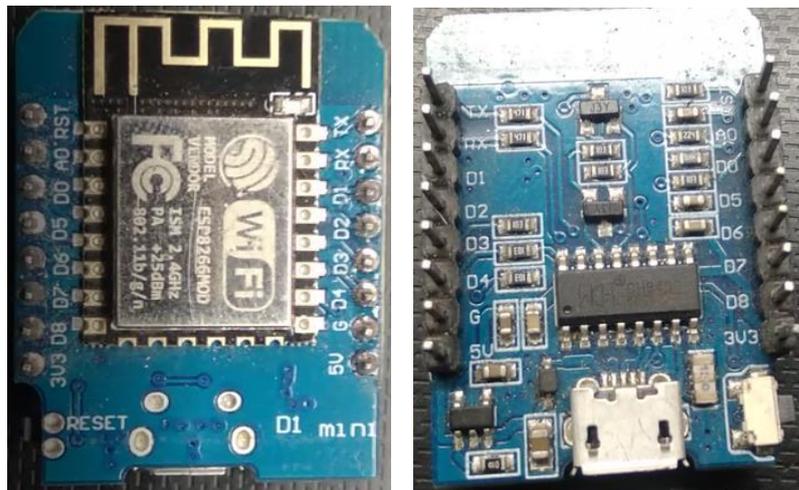


Ilustración 6-3: WeMos D1 Mini ESP32

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

En la siguiente *Tabla 2-3* se describen las principales especificaciones técnicas del funcionamiento de WeMos D1 Mini ESP32. Para más información véase el **Anexo B** donde se presenta su información técnica.

Tabla 2-3: Especificaciones técnicas de WeMos D1 Mini ESP32

Especificaciones técnicas	Valor
Voltaje de operación	3.3V-5V
Consumo de corriente	80mA
Rango de frecuencia	2.4-2.5GHz
Timers	16bits

PWM	16 canales
Protocolo	802.11 b/g/n/e/i
Bluetooth	4.2 BR/EDR and BLE
Memoria flash	4MB (32 Mbit)
Dimensiones	0,79 x 0,79 x 0,39in.
Peso	6g

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

3.4.3 *Detector de humo Ecoey*

Se presenta un dispositivo que incorpora tecnología fotoeléctrica diseñado para la detección de humo. Gracias a su estructura, se facilita su instalación en cualquier rincón de la vivienda, sin necesidad de llevar a cabo un cableado complejo. En el interior del dispositivo, se encuentra un detector de humo basado en tecnología fotoeléctrica.

Para mejorar sus capacidades, se ha mantenido el sensor original y se ha creado un prototipo que integra componentes destinados a la detección de fugas de gas y humo. La estructura del producto alberga los siguientes elementos esenciales: un sensor fotoeléctrico para humo, un sensor de gas, una batería recargable de 9V y un módulo WeMos Esp32 Mini encargado de la comunicación y el envío de datos a una base de datos centralizada.

El dispositivo puede ser instalado en diversos puntos de la vivienda, incluyendo la cocina, la zona donde se ubica el cilindro de gas y otros lugares que demanden su presencia.



Ilustración 7-3: Detector de humo Ecoey

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

En la *Tabla 3-3* se describen las especificaciones técnicas principales del detector de humo Ecoey . Para más información véase el **Anexo C** donde se presenta información técnica.

Tabla 3-3: Especificaciones técnicas de Ecoey

Especificaciones técnicas	Valor
Marca	Ecoey
Estilo de conexión	No cableado
Fuente de alimentación	Con batería
Tipo de sensor	Fotoeléctrico
Dimensiones	1,38 x 3,52 x 3,52 pulgadas
Peso	241g

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

3.4.4 Celda de carga de 50Kg

Se trata de un sensor diseñado para medir cambios en la presión ejercida sobre una superficie cuando entra en contacto con el sensor y el objeto que se desea medir. Este dispositivo transforma una fuerza aplicada en una señal eléctrica. La lámina metálica del sensor experimenta deformaciones que varían en función de la presión ejercida por el elemento en cuestión.

El sensor se encuentra ubicada en el nodo de gas y peso, dentro de la estructura del prototipo en cada extremo en total 4 celdas de carga, dentro de la estructura se encuentran elementos como: ESP32 DEVKITC-32D, módulo de conversor HX711, rele y la batería de respaldo.

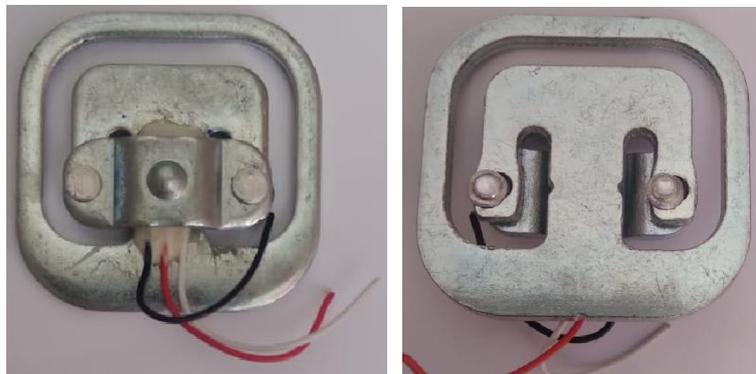


Ilustración 8-3: Celda de carga de 50Kg

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

En la *Tabla 4-3* se describen las principales especificaciones técnicas del funcionamiento del sensor de peso de 50Kg. Para más información véase el **Anexo D** se presenta su información técnica.

Tabla 4-3: Especificaciones técnicas del sensor de peso de 50kg

Especificaciones técnicas	Valor
Voltaje de operación	3-10V DC
Sensibilidad de salida	1.0 ± 0.1mv/v
No linealidad, Repetibilidad E Histéresis	0.03%FS
Tolerancia de error	0.05
Resistencia de entrada y salida	10000Ω ± 20
Temperatura de funcionamiento	0 °C ~ 50°C
Material	Aluminio
Dimensiones	35x35mm
Peso	55Kg

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

3.4.5 Sensor de gas MQ-5

Se presenta un sensor destinado a la identificación de gases naturales y GLP (Gas Licuado de Petróleo), que encuentra aplicación tanto en entornos particulares como industriales. Su diseño y conexiones de pines permiten la integración fluida con placas de desarrollo. El dispositivo dispone de salidas tanto analógicas como digitales. Sus capacidades abarcan la detección precisa de la concentración de GLP dentro de un espectro que va desde 200 hasta 10,000 ppm (partes por millón).

Estos sensores son ubicados en el interior de los nodos de detección de gas y peso, así como en los nodos de detección de gas y humo, en compañía de otros elementos.

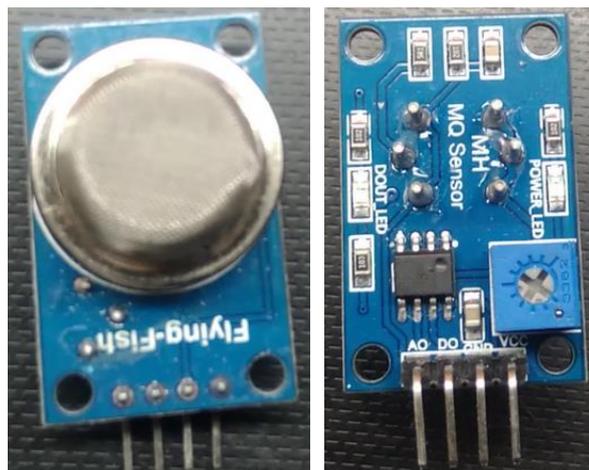


Ilustración 9-3: Sensor de gas MQ-5

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

En la *Tabla 5-3* se describen las especificaciones técnicas del funcionamiento del sensor de gas MQ-5. Para más información véase el **Anexo E**.

Tabla 5-3: Especificaciones técnicas del sensor de gas MQ-5

Especificaciones técnicas	Valor
Voltaje de operación	5V DC
Corriente de operación	160mA
Temperatura de operación	-10 °C a 50°C
Consumo de potencia	900mW
Rango de detección	200 a 10000ppm
Alta sensibilidad	Gas LP, Metano, Gas natural
Resistencia de detección R_s	10K Ω -60K Ω /5000ppm
Pines	4
Dimensiones	32mm x 20mm x 21.4mm
Peso	9g

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

3.4.6 *Electroválvula solenoidal 2W-025-08*

Se presenta una válvula electromecánica especialmente diseñada para su aplicación en sistemas de gas. Esta válvula incluye salvaguardias en sus bobinas para prevenir cualquier contacto con sustancias gaseosas. Es una válvula de dos posiciones, con un diámetro de 1/4", y se alimenta con una tensión de 12V CC.

El mecanismo de accionamiento se encuentra situado en una estructura de derivación (Bypass), junto con una llave de paso de emergencia. Esta estructura está ubicada en el centro de una tubería de 1/2", por donde fluye el gas desde el cilindro hasta la cocina. La gestión del control de la electroválvula se programa en la placa ESP32 DEVKITC-32D, que forma parte integral de la configuración del prototipo en el nodo de gas y peso.



Ilustración 10-3: Electroválvula Solenoidal 2W-025-08

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

En la *Tabla 6-3* se describen las principales especificaciones técnicas del funcionamiento de la Electroválvula Solenoidal 2W-025-08. Para más información véase el **Anexo F**.

Tabla 6-3: Especificaciones técnicas de electroválvula solenoidal 2W-025-08

Especificaciones técnicas	Valor
Voltaje de operación	12V DC
Potencia de consumo	2W
Consumo de corriente	0.167mA
Presión de trabajo	0.0-22.0 lbs/cm ²
Modo de funcionamiento	Normalmente cerrado
Posiciones	2 vías
Material	Metal
Frecuencia	50/60H
Tubo de conexión	1/4"
Peso	204.12g

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

3.4.7 *Relé de 5V de un canal con disparador de nivel alto y bajo*

Un módulo electrónico de relé de 5V de un canal, con disparadores de nivel alto y bajo, ha sido diseñado para su gestión mediante una señal eléctrica, incorporando terminales de tornillo destinados a dispositivos conmutados. Este módulo dispone de 6 salidas con disparadores tanto de nivel alto como bajo. Sus contactos normalmente cerrados garantizan un flujo constante de energía; sin embargo, en caso de detectar una fuga de gas, cambian a la posición normalmente abierta para interrumpir el suministro eléctrico.

El relé establecerá conexión con la electroválvula y estará ubicado internamente en la estructura. A través del módulo ESP32 DEVKITC-32D, recibirá datos desde la nube. Cuando se detecte cualquier indicio de fugas de gas o presencia de humo en los nodos del sistema Antifugas, el relé activará la electroválvula mediante su conexión electrónica. El relé opera en modo normalmente abierto y cerrado, enviando una señal de pulso para cerrar la electroválvula y así interrumpir el flujo de gas a través del conductor correspondiente.

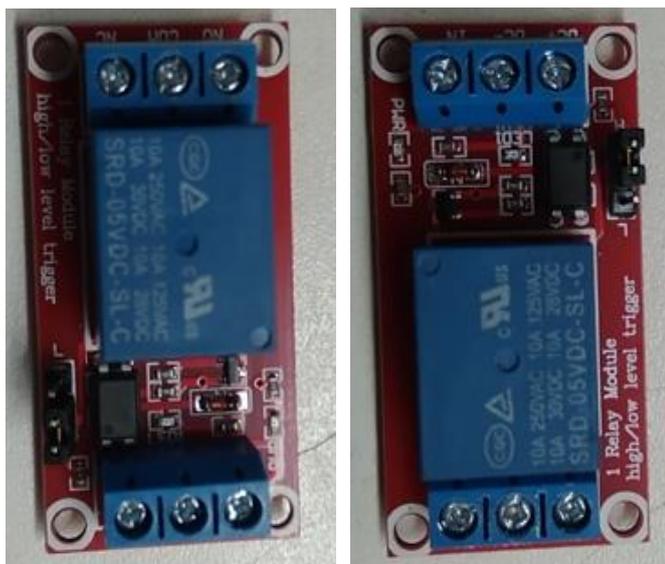


Ilustración 11-3: Módulo de Relé de 5V

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

En la *Tabla 7-3* se describen las principales especificaciones técnicas del funcionamiento del módulo Relé de 5V. Para más información véase el **Anexo G** se presenta su información técnica.

Tabla 7-3: Especificaciones técnicas del Relé de 5V alto y bajo

Especificaciones técnicas	Valor
Voltaje de operación	5V
Corriente de disparo	5mA
Indicador de advertencia	si
Módulos	6 de 5V
Disparos	Alto/bajo
Dimensiones	Largo 50mm x26mm x18.5mm
Peso	140g

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

3.4.8 Módulo de reproductor de MP3-TF-16P

Se presenta un reproductor de audio con la capacidad de reproducción de archivos provenientes de una tarjeta de memoria SD, en formatos compatibles con FAT16 y FAT32. Los formatos de audio que admite incluyen MP3, WAV y WMA. El dispositivo en cuestión dispone de un modo de control manual, así como un control digital TX/RX para una gestión más precisa de la reproducción.

El módulo se encuentra en el nodo central junto con los componentes como: interfaz HMI, módulo ESP32, batería y dos bocinas para alertas.

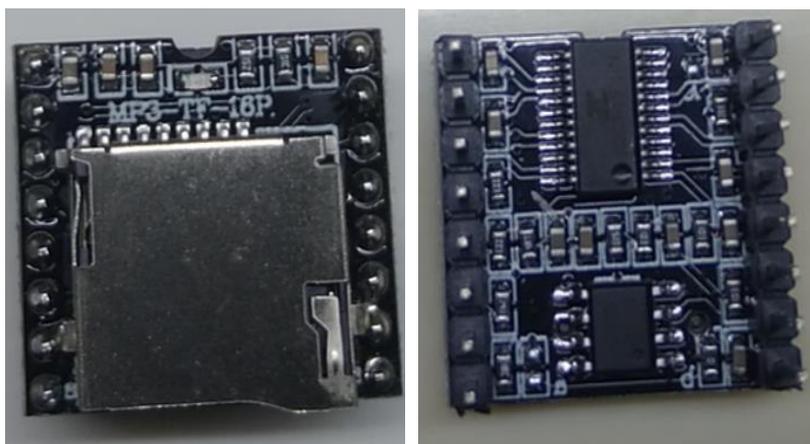


Ilustración 12-3: Módulo de reproductor de MP3-TF-16P

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

En la *Tabla 8-3* se describen las principales especificaciones técnicas del funcionamiento del Módulo de reproductor de MP3-TF-16P. Para más información véase el **Anexo H**.

Tabla 8-3: Especificaciones técnicas del Módulo MP3-TF16P

Especificaciones técnicas	Valor
Voltaje de operación	3.2-5V DC
Potencia máxima de altavoz	3W
Capacidad	32GB
Decodifica	MP3, WAV, WMA
Control de volumen	30 niveles
Control de ecualización	6 niveles
Memoria externa	SD
Dimensiones	21 mm x 21 mm x 12mm
Peso	3g

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

3.4.9 Módulo de HX711

El dispositivo en consideración actúa como un transmisor que conecta una celda de carga a un microcontrolador. En su estructura interna, incorpora un chip de conversión A/D de 24 bits destinado a la lectura del puente Wheatstone. Se encuentra la posibilidad de establecer una comunicación con el microcontrolador mediante una interfaz serial de 2 pines, compuesta por señales de reloj y datos. Este transmisor es compatible con distintos tipos de celdas de carga, tales como aquellas con capacidades de 1 kg, 5 kg, 20 kg y 50 kg.

El módulo HX711 está ubicado dentro de la estructura del prototipo en el nodo de gas y peso junto con los elementos de: ESP32 DEVKITC-32D, sensor peso, batería y entre otros elementos.

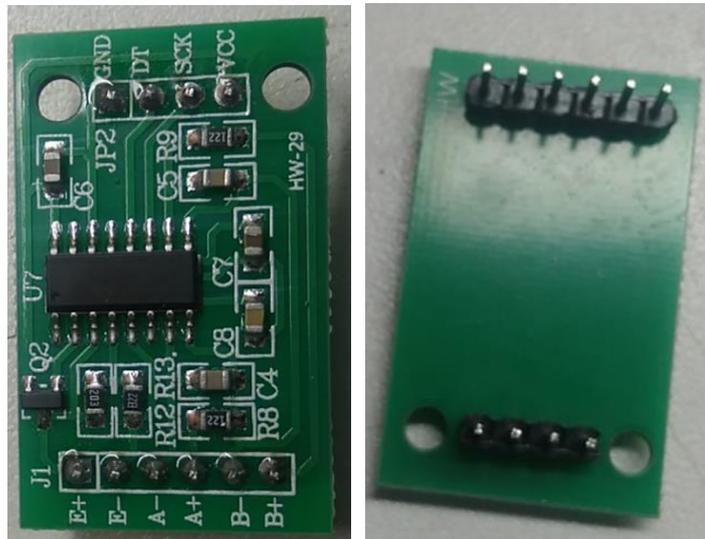


Ilustración 13-3: Módulo de HX711

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

En la *Tabla 9-3* se describen las principales especificaciones técnicas del funcionamiento del Módulo de HX711. Para más información véase el **Anexo I**.

Tabla 9-3: Especificaciones técnicas de Modulo de HX711

Especificaciones técnicas	Valor
Voltaje de operación	2.7V-5V
Consumo de corriente	<1.5mA
Canales de entrada	2
header	10 pines
Operación seleccionable	80 a 10 muestras por segundo
Compatibles con celdas de carga	1-50Kg
Frecuencia de lectura	80Hz
Dimensiones	34x20mm

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

3.4.10 Pantalla NEXTION NX3224F024 HMI

Se presenta una pantalla táctil de 2.4 pulgadas, con una resolución de 320x240 píxeles, que posibilita la creación de una interfaz visual equipada con controles digitales. Un controlador integrado permite la gestión de varias funciones, incluyendo el dibujo en la pantalla, el

procesamiento de señales provenientes de la pantalla táctil y la comunicación con placas externas de control, entre otras capacidades.

Este dispositivo incluye una memoria Flash de 4MB en un chip, que se emplea para el almacenamiento de los programas creados. Además, es compatible con tarjetas microSD de hasta 32GB. El procesador opera a una frecuencia de 64MHz y se respalda con un regulador STL6118A, que se encarga de proveer energía a la placa. Se dispone de interfaces de hardware con conectores JST PH-4 para la alimentación y la transferencia de datos.

La pantalla se encuentra en el prototipo del nodo central para mostrar datos, acompañada por componentes como el Módulo ESP32 DEVKITC-32D, ESP32 Mini para comunicación, módulo de reproductor de MP3 para alarmas, dos altavoces y una batería de respaldo ante cortes eléctricos.

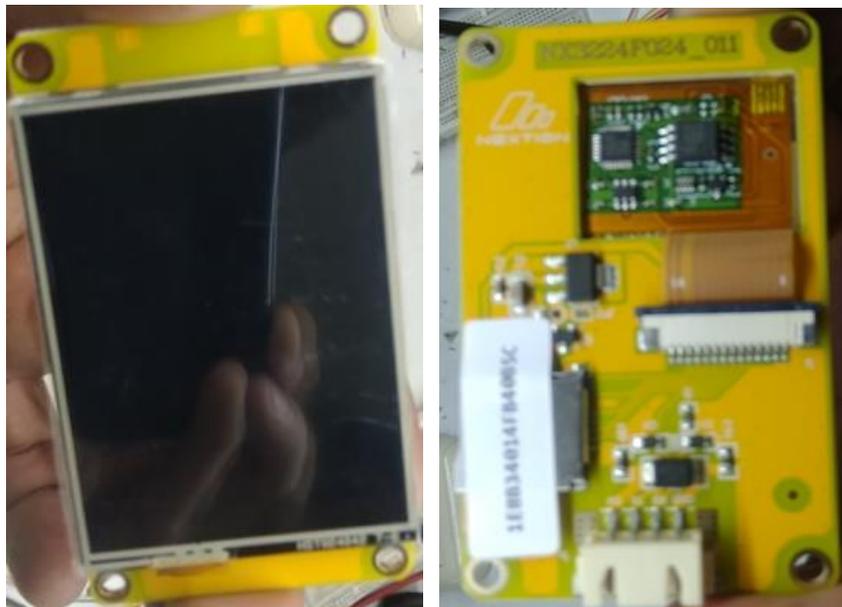


Ilustración 14-3: Pantalla NEXTION NX3224F024 HMI

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

En la *Tabla 10-3* se describen las principales especificaciones técnicas del funcionamiento de la Pantalla NEXTION NX3224F024 HMI. Para más información véase el **Anexo J** se presenta su información técnica.

Tabla 10-3: Especificaciones técnicas de la Pantalla NEXTION NX3224F024 HMI

Especificaciones técnicas	Valor
Voltaje de operación	5V DC
Consumo de corriente	500mA
Tipo de toque	Resistidor
Temperatura de trabajo	5V humedad 60%
Humedad de trabajo	25°C
Resolución	320×240 píxeles
Brillo	300nit
Puerto serial	4 pines_2.54mm
Dimensiones	74,4 (largo) × 42,9 (ancho) × 5,8 (alto)
Peso	21.3g

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

3.4.11 Baterías para el sistema de monitoreo

El sistema está equipado con fuentes alternas de energía para mitigar los efectos de interrupciones en el suministro eléctrico. En el nodo de gas y peso, se ha implementado una batería imuto X6G de 100W como respaldo. De manera similar, el nodo central de visualización incorpora una fuente de energía adicional mediante un PowerBack. En el interior de la estructura que alberga los nodos destinados a la detección de fugas, se incluye una batería recargable Hovxjzk de 9V para mantener su operación en caso de fallos en la electricidad principal.

Batería imuto X6G 100W

La batería externa, que presenta una capacidad de 27200mAh y una potencia de 100W, dispone de un diseño con 2 puertos PD USB-C que soportan PPS PD 3.0. Esto permite una carga rápida para los dispositivos conectados. La batería tiene la capacidad de conectar simultáneamente hasta 4 dispositivos a través de sus puertos USB-C de 100W y 60W, así como puertos USB de 15W y 18W.

Su incorporación de tecnología de alimentación a través de chip brinda una protección efectiva contra problemas como el sobrecalentamiento, cortocircuitos y sobrecarga de los dispositivos conectados, asegurando su funcionamiento seguro y confiable.

La batería se encuentra en el interior del prototipo y se alimenta a todos los dispositivos conectados en el nodo de control de peso como: tarjeta de desarrollo, sensores, modulo HX71, relé y la electroválvula.



Ilustración 15-3: Batería imuto X6G 100W

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

En la *Tabla 11-3* se describen las principales especificaciones técnicas del funcionamiento de la Batería imuto X6G 100W. Para más información véase el **Anexo K**.

Tabla 11-3: Especificaciones técnicas de batería imuto X6G 100W

Especificaciones técnicas	Valor
Modelo	X6G
Capacidad	27200mAh
Pantalla	Digital
Tipo de conectar	USB Tipo C y A
Carga rápida máxima	138W
Puerto USB-C	100W y 60W
Composición de celdas	Litio Ion
Pilas	1 polímero de litio
Dimensiones	11,6 x 8,07 x 4,2 cm
Peso	670g

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

Batería Bilitong

La batería Bilitong con voltaje de 5V DC, con capacidad de 2500mAh, encargada de alimentar a los componenetes electronicos que se encuentran en el nodo central. En caso de quedar sin energia electrica la batería Bilitong suministrara energia al nodo central.



Ilustración 16-3: Batería Bilitong

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

En la *Tabla 12-3* se describen las principales especificaciones técnicas del funcionamiento de la Batería Bilitong.

Tabla 12-3: Especificaciones técnicas de la batería Bilitong

Especificaciones técnicas	Valor
Modelo	BLT-Y059
Voltaje	5V DC
Capacidad	2500mAh
Dimensiones	10cm Largo-1cm Alto
Peso	109g

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

Batería recargable Hovxjzk de 9V

Se presenta una batería recargable de litio con una capacidad de 1200mAh y una tensión de 9V. Puede ser recargada a través de una conexión USB y está equipada con un indicador LED que permite visualizar el estado de carga. Esta batería resulta particularmente adecuada para su implementación en dispositivos de alta frecuencia, tales como detectores, sensores, alarmas y dispositivos inalámbricos.

La batería recargable se localiza en el interior de la configuración de los dos dispositivos que forman parte de los nodos dedicados a la detección de fugas de gas y humo. En compañía de otros componentes como sensores de gas, humo y el módulo ESP32 Mini para comunicación, cada uno de estos nodos cuenta con una conexión específica para el cargador de la batería.



Ilustración 17-3: Batería recargable Hovxjzk de 9V

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

En la *Tabla 13-3* se describen las principales especificaciones técnicas del funcionamiento de la Batería recargable Hovxjzk de 9V. Para más información véase el **Anexo L**.

Tabla 13-3: Especificaciones técnicas de la batería Hovxjzk de 9V

Especificaciones técnicas	Valor
Fabricante	Hovxjzk
Capacidad	9V 1200mAh
Ciclos de carga	2000
Diseño de carga	USB
Recargable	SI
Temperatura de batería	-20°C-60°C
Dimensiones	5,63 x 4,92 x 3,98 pulgadas
Peso	27g

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

3.5 Esquema de conexión electrónica del sistema de monitoreo

A continuación, se proporciona un desglose del esquema de conexión electrónica para los componentes de hardware seleccionados. Se lleva a cabo la interconexión de los dispositivos en los nodos que constituyen el sistema Antifugas.

3.5.1 Esquema de conexión del bloque de alimentación

El sistema se compone de un cargador y una batería portátil imuto de 100W. En esta configuración, la batería proporcionará una alimentación de 12V al actuador de la Electroválvula Solenoide, además de 5V para la tarjeta de desarrollo. La *Ilustración 18-3* muestra el esquema de conexión del bloque de alimentación.

- La toma eléctrica tiene una tensión de 110V AC, y a través del cargador se efectúa la conversión de corriente alterna (AC) a corriente continua (DC). Esta conversión se conecta directamente a la batería portátil imuto de 100W, asegurando su carga adecuada.
- La batería imuto cuenta con 2 salidas USB-A1 de 5V-12V 18W y USB-C2 de 5V-20V 60W.
- La batería imuto proporcionará una salida de 5V a la placa de la tarjeta de desarrollo y de 12V a la Electroválvula Solenoide. Esta batería está equipada con una tecnología que le permite detectar automáticamente el voltaje requerido por el dispositivo conectado, asegurando un suministro adecuado y eficiente.

- En situaciones en las que no haya disponibilidad de energía eléctrica, la batería será capaz de proporcionar alimentación a todos los dispositivos conectados a ella, dado que se encontrará completamente cargada.

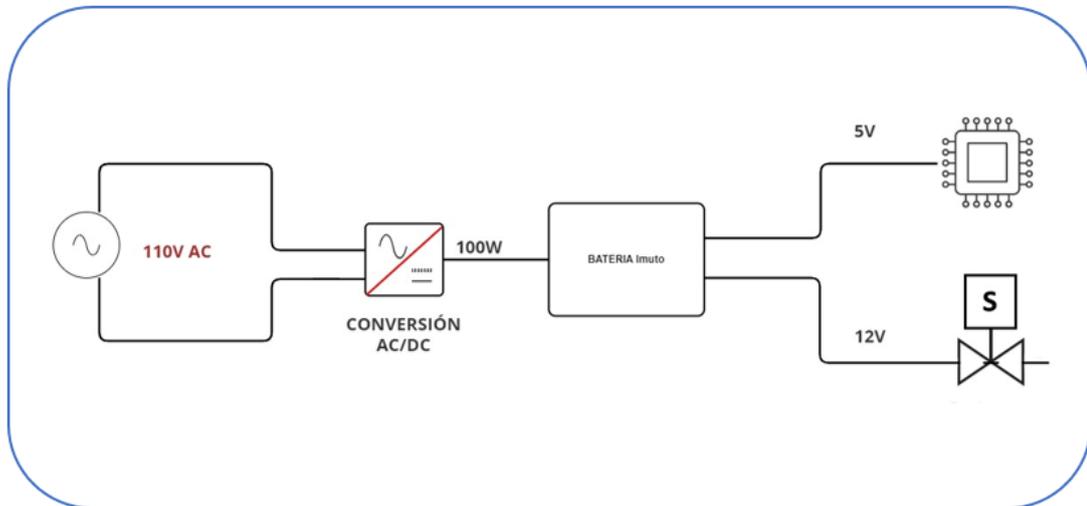


Ilustración 18-3: Esquema de conexión del bloque de alimentación del prototipo

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

3.5.2 Esquema de conexión electrónica del nodo de gas y peso

A continuación, se presentan los esquemas de conexión electrónica del nodo de gas y peso. Este nodo está compuesto por una tarjeta de desarrollo Esp32 DEVKITC-32D, un módulo transmisor de celda de carga HX711, un sensor de gas GLP MQ-5, cuatro celdas de carga de 50 kg, una batería de respaldo, una electroválvula y un relé.

- La tarjeta de desarrollo ESP32 DEVKITC-32D, es alimentado con 5V, sus terminales GND y 5V a una fuente de regulación de 5V.
- El sensor de gas MQ-5 se alimenta con 5V, conectando sus terminales 5V, GND y Gas a los terminales 5V, GND y Sensor VN de ESP32 DEVKITC-32D.
- El módulo de transmisión HX711 se alimenta con 5V, conecta sus terminales 5V, SCK, DT y GND con los terminales 5V, IO22, IO23 y GND3 del ESP32 DEVKITC-32D.
- Cuatro celdas de carga o sensor de peso de 50Kg se alimenta con 5V, se conecta con el módulo HX711, sus terminales X3-1, X3-2, X3-3 y X3-4 con los terminales A+, A-, E- y E+ del módulo HX711.
- Electroválvula solenoidal 2W-025-08 con alimentación de 12V DC, se conecta sus terminales VALVULA con terminales IO13 de ESP32 DEVKITC-32D.

- Se presenta un relé de un solo canal con una tensión de activación de 5V DC. En su conexión, los terminales GND2, S y 12V se vinculan con la alimentación procedente de la batería imuto de 100W. Además, sus salidas de contacto normalmente abierto (NO) se conectan al terminal positivo del actuador de la electroválvula, mientras que la salida del conmutador (C) se vincula con la batería imuto de 100W.
- Los indicadores reciben una alimentación de 5V, conectando sus terminales BUZZER, 5V y GND a los terminales GND2, 5V y IO12 de ESP32 DEVKITC-32D.

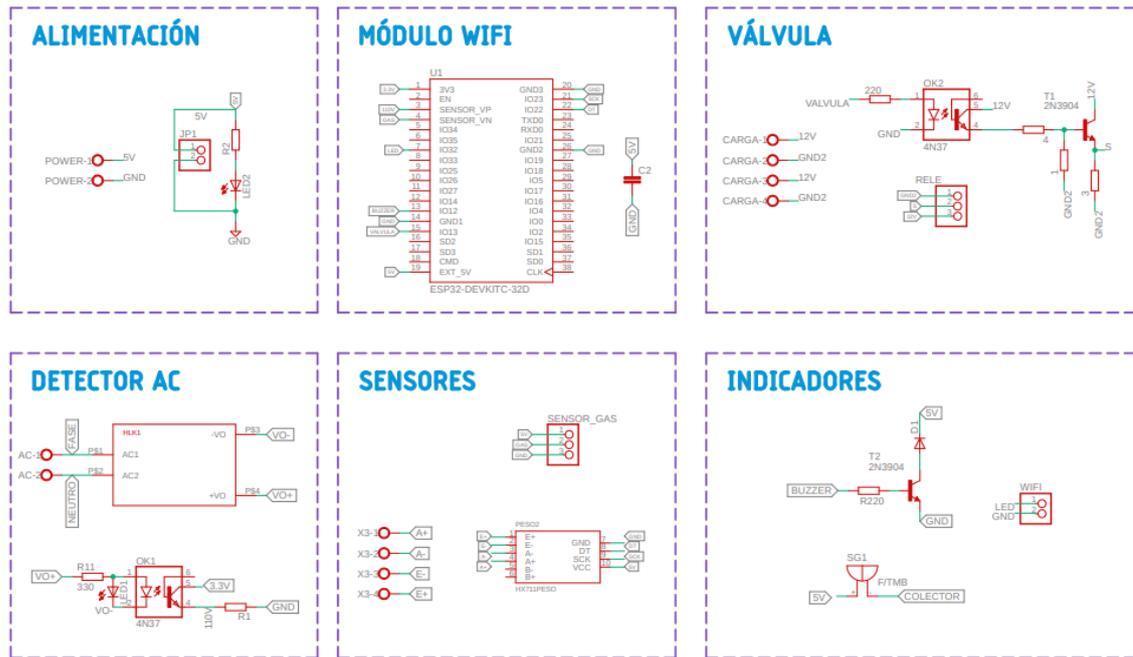


Ilustración 19-3: Esquema de conexión electrónica del nodo de gas y peso

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

Al terminar las conexiones de los componentes correspondientes del nodo, se realizó el diseño de la PCB del nodo de gas y peso en el software Eagle, como se puede observar en la *Ilustración 20-3*.

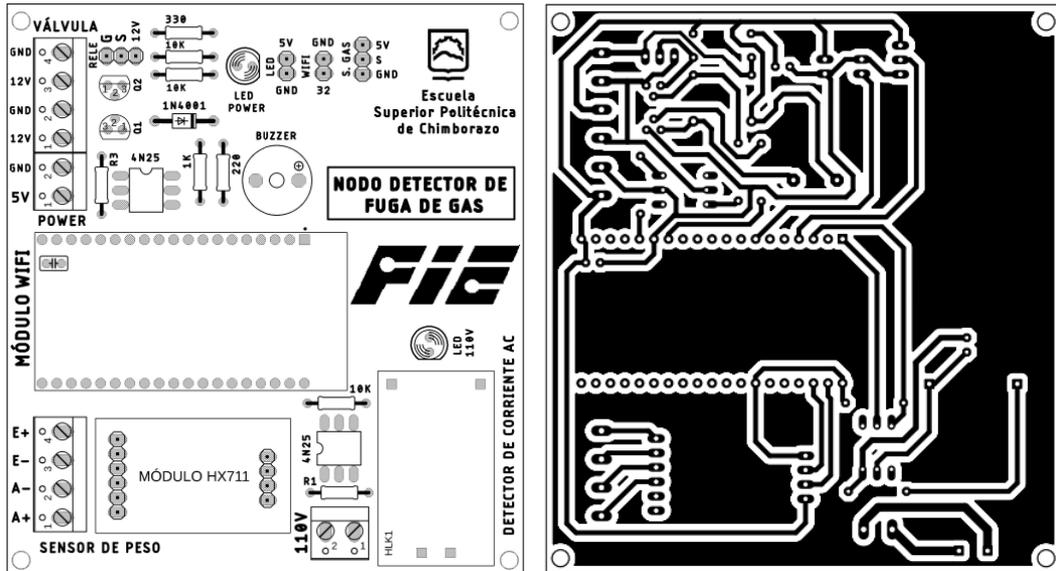


Ilustración 20-3: Esquema de conexión electrónica del nodo de gas y peso

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

En la *Ilustración 21-3* se puede observar la implementación física de la placa PCB del nodo detector de fuga de gas y peso, en la *Ilustración 21-3* se observa la ubicación de los componentes necesarios del nodo.

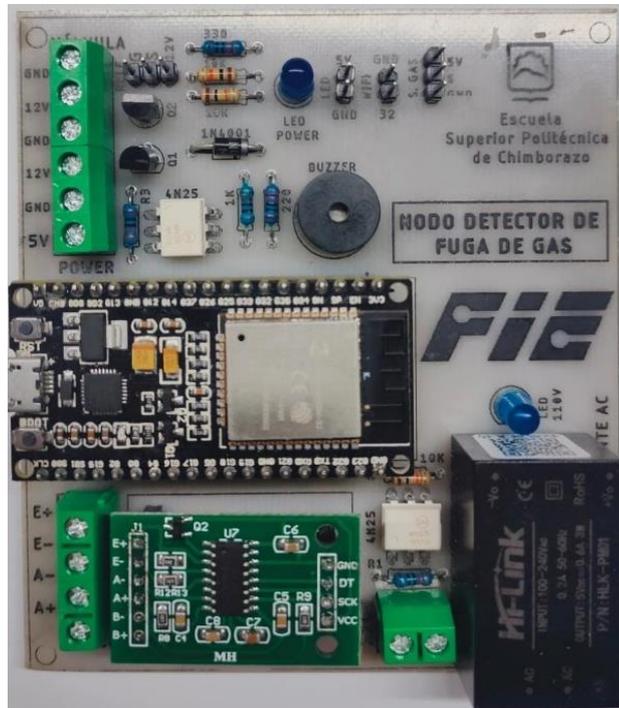


Ilustración 21-3: Placa PCB del nodo de gas y peso

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

3.5.3 Esquema de conexión electrónica de nodos de detección de fugas de gas y humo

En la *Ilustración 22-3* se presenta el esquema de conexión electrónica correspondiente al nodo de detección de fugas de gas y humo. Dicho esquema está compuesto por una batería recargable de 9V modelo Hovxjzk, una tarjeta de desarrollo WeMos D1 Mini Esp32 utilizada para la comunicación, un sensor de gas MQ-5 y un sensor de humo fotoeléctrico.

- La tarjeta WeMos D1 Mini Esp32 es alimentada con 5V, y sus terminales GND y 5V reciben alimentación de una batería recargable Hovxjzk de 9V.
- El sensor de gas MQ-5 con alimentación de 3.3V, conecta sus terminales 5V, GND y un terminal de salida digital GAS DOOUT con los terminales 5V, GND y D2 del WeMos D1 Mini Esp32.
- El sensor de humo se alimenta directamente con 9V provenientes de la batería recargable, mientras que su terminal de salida digital se conecta al terminal D8 de la tarjeta WeMos D1 Mini Esp32.
- La batería recargable Hovxjzk de 9V se alimenta mediante una fuente DC-DC conectada directamente a la fuente de energía eléctrica.

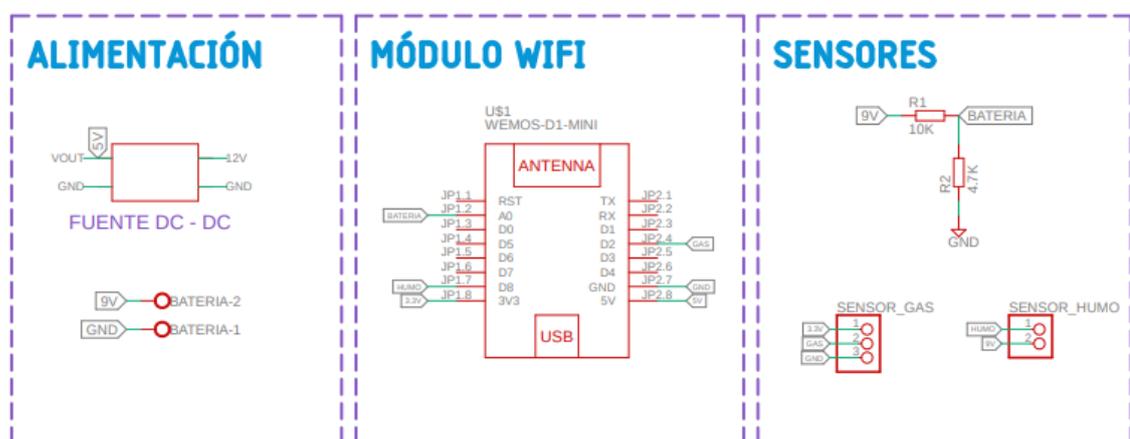


Ilustración 22-3: Esquema de conexión electrónica de nodos de detección de fuga de gas y humo

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

Los dos nodos encargados de la detección de fugas de gas y humo no cuentan con placas físicas de circuito impreso (PCB), dado que todos los componentes se encuentran interconectados mediante cableado directo en el interior de la estructura.

3.5.4 Esquema de conexión electrónica del nodo central

La *Ilustración 23-3* exhibe el esquema de conexión electrónica pertinente al nodo central del sistema, el cual está compuesto por un respaldo de batería, una tarjeta de desarrollo Esp32

DEVKITC-32D, una pantalla táctil HMI NEXTION NX3224F024, un módulo reproductor MP3-TF-16P y altavoces.

- La tarjeta de desarrollo ESP32 DEVKITC-32D es alimentada con 5V, y sus terminales GND y 5V reciben alimentación proveniente de una batería.
- Pantalla inteligente NEXTION NX3224F024-HMI, con alimentación de 5V, conecta sus terminales GND, RX2, TX2 y 5V con los terminales GND3, IO17, IO16 y EXT_5V de Esp32 DEVKITC-32D.
- Módulo de reproductor de MP3-TF-16P, con alimentación de 5V, se conecta sus terminales GND, RX1, TX1, SPK+ y 5V con los terminales GND, IO33, IO25 y EXT_5V.
- Las bocinas se conectan al módulo del reproductor con sus terminales de salida SPK al parlante-2 y el terminal GND al parlante-1.
- La tarjeta de desarrollo ESP32 DEVKITC-32D es el encargado comunicar y recibir datos de toda la información de la base de datos mediante la conexión inalámbrica WiFi.

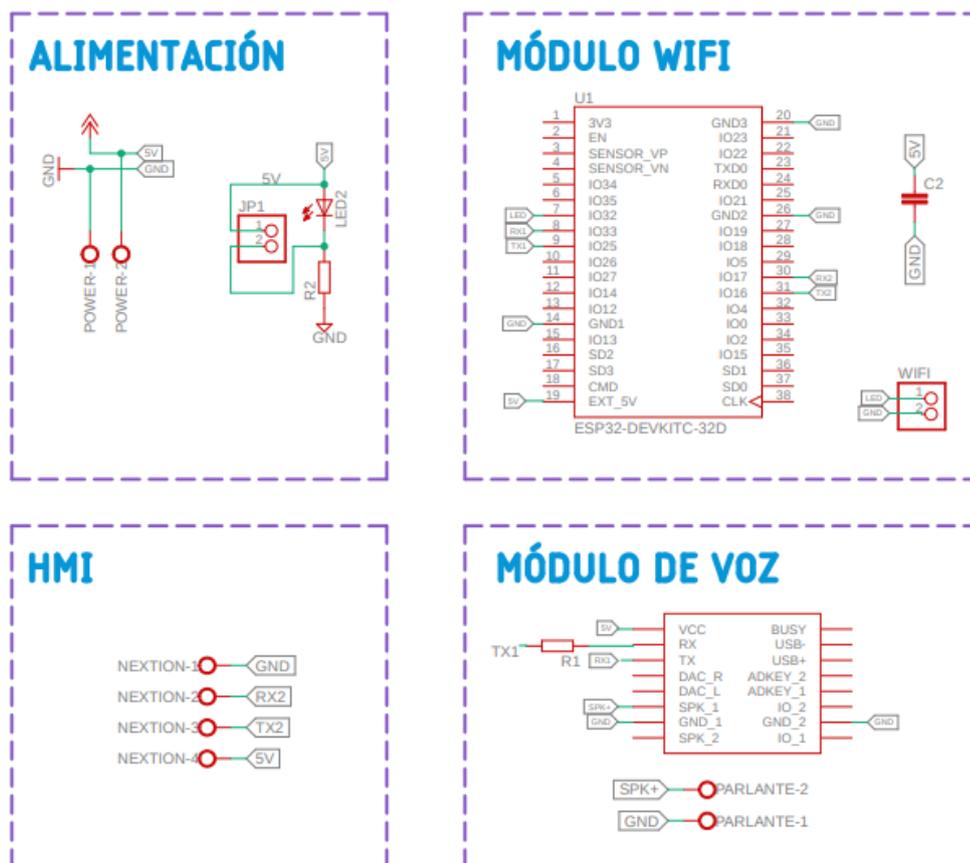


Ilustración 23-3: Esquema de conexión electrónica del nodo central

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

Al terminara las conexiones de los componentes del nodo, se realizó el diseño de la PCB de los en el software Eagle, como se puede observar en la *Ilustración 24-3* el diseño de la placa PCB con los componentes necesarios del nodo central.

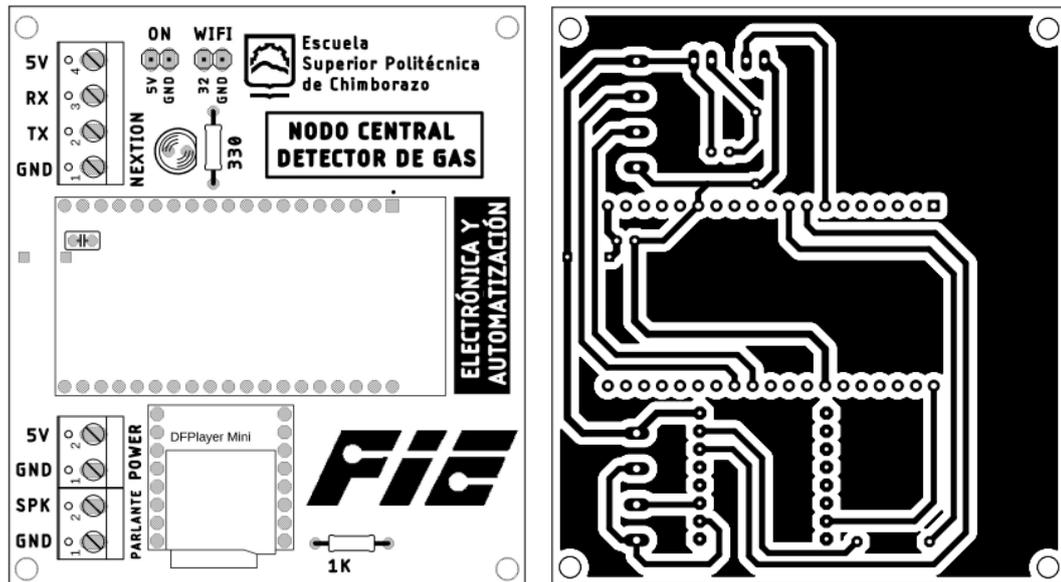


Ilustración 24-3: Esquema de conexión electrónica del nodo central

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

En la *Ilustración 25-3* se puede observar la implementación y conexión física de la placa PCB de los componentes correspondientes del nodo central.



Ilustración 25-3: Placa PCB del nodo central

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

3.6 Software de desarrollo del sistema Antifugas

A continuación, se presentan los programas informáticos empleados en el proceso de desarrollo del sistema Antifugas. Estos programas son esenciales para llevar a cabo la programación de las tarjetas de desarrollo, garantizar la consecución de las distintas etapas del proyecto, facilitar el diseño del prototipo y permitir la creación de una aplicación móvil.

3.6.1 *Arduino IDE*

Integrated Development Environment (IDE), conocido en español como Entorno de Desarrollo Integrado, es una plataforma de código abierto que permite al programador escribir y cargar el código en tiempo real para todo tipo de placas Arduino (AWS, 2023). Es un entorno fácil de programar tanto para principiantes y avanzados. Se puede ejecutar en los sistemas operativos como Windows, Linux y Mac OS (Guerra, 2020). El software está elaborado en Java e incluye un editor de código que verifica la sintaxis del texto. Para el desarrollo del sistema Antifugas la versión a utilizarse es Arduino IDE 2.1.0.

3.6.2 *SolidWorks*

Es un software de diseño mecánico de tipo CAD que utiliza un entorno gráfico basado en Microsoft Windows que le permite crear modelos, ensamblajes y dibujos en 3D de manera intuitiva y rápida. Se basa en el modelado paramétrico, lo que reduce el esfuerzo necesario para modificar y crear variantes de diseño (ADRformacion 2023). La versión utilizada para el diseño de la estructura del prototipo es SOLIDWORKS PCB 2023.

3.6.3 *Nextion Editor*

Se ofrece un software de desarrollo de interfaz hombre-máquina (HMI) con GUI gratuito, diseñado para todos los dispositivos de visualización Nextion HMI. Esta herramienta facilita la creación de una interfaz visual y de control que es compatible con el sistema operativo Windows. El software proporciona una variedad de herramientas para diseñar la interfaz, incluyendo opciones como texto, botones, barras de herramientas, entre otros elementos (Patrick, 2022). Para el diseño de interfaz gráfica del sistema Antifugas, la versión utilizada es V1.65.1.

3.6.4 *Android Studio*

El IDE oficial de Google es un entorno de desarrollo integrado (IDE) que brinda soporte para la creación de aplicaciones móviles, especialmente en la plataforma Android. Está basado en IntelliJ IDEA de JetBrains y emplea Gradle, emuladores, plantillas de código y conectividad con Github. Este IDE incluye un conjunto de herramientas para compilar, probar y ejecutar aplicaciones en Android (Isaac 2022). Para el desarrollo de la aplicación móvil para el sistema Antifugas, la versión a utilizar es Android Studio 2.1.20.

3.6.5 *Firebase Realtime Database*

Es una plataforma en la nube para el desarrollo de aplicaciones web y móviles con formato JSON. Plataforma de Google gratuito NoSQL. Disponible para diferentes plataformas como: iOS, Android y Web. Su función es permitir la creación de aplicaciones web y móviles (López Mora, 2020).

3.6.5.1 *Base de datos en Firebase*

En el contexto de este trabajo, resulta fundamental establecer una base de datos destinada a guardar la información recopilada por los sensores del sistema. La plataforma habilita la sincronización automática de los datos en un entorno en la nube. Firebase se posiciona como una plataforma digital de almacenamiento de datos, cuya utilización es de carácter gratuito.

En la *Ilustración 26-3* se puede observar los pasos a seguir para el desarrollo de un Database.

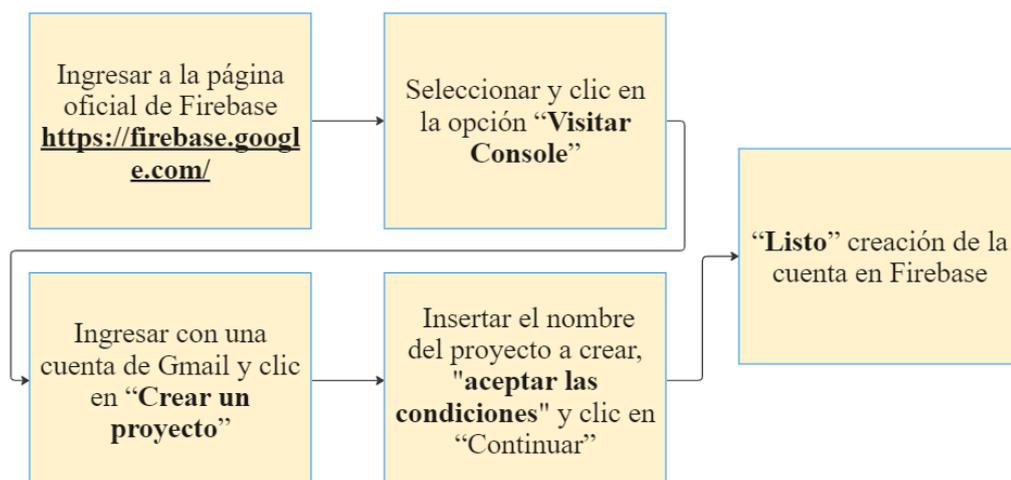


Ilustración 26-3: Creación de la base de datos en Firebase

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

Al crear la base de datos en la plataforma se debe vincular con la programación desarrollada en WeMos D1 Mini Esp32. En la *Ilustración 27-3* se detalla los pasos mostrados para vincular.

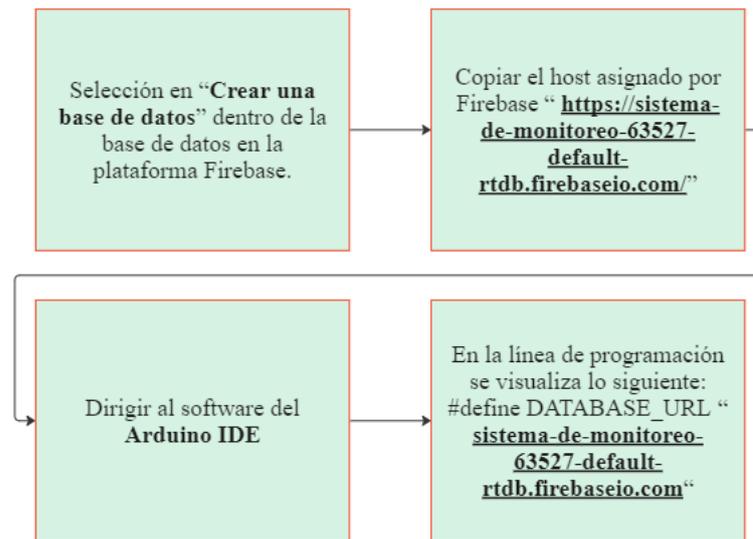


Ilustración 27-3: Pasos para vincular a la base de datos con WeMos D1 Mini Esp32

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

La base de datos concebida para el sistema de monitoreo cumple el rol fundamental de alojar en la nube la totalidad de la información originada en la etapa de adquisición de datos. El módulo WeMos D1 Mini Esp32 posibilita la conexión con Firebase. Dentro de dicha base de datos, se incorpora una gama de información que incluye el porcentaje del peso del cilindro de gas, el control de la válvula para la regulación del flujo de gas, así como los datos provenientes de los nodos de detección de fugas de gas ubicados en tres puntos distintos de la vivienda. Cada uno de estos nodos alberga información específica que comprende el nivel de carga de la batería, la detección de humo, el estado de la conexión WiFi, la presencia de gas y las alertas activadas.

3.7 Programación de los nodos del sistema Antifugas

A continuación, se procede a exponer en detalle la programación requerida para asegurar el funcionamiento adecuado del prototipo. La implementación de la programación se ejecuta en forma de código C estructurado, destinado a las tarjetas de desarrollo Esp32 DEVKITC y Mini que conforma los nodos del sistema. La integralidad del código de programación se encuentra disponible en el Anexo M para su referencia.

En la *Tabla 14-3* se describen las librerías principales utilizadas para el desarrollo del sistema.

Tabla 14-3: Librerías utilizadas para la programación del sistema.

Librerías	Descripción
DNSServer.h	Establece el nombre del dominio para evitar pérdida de información
Update.h	Permite actualizar la información dentro de páginas web.
WiFiClient.h	Permite crear un cliente y conectar al internet mediante dirección IP.
HTTPClient.h	Establece la comunicación con las páginas web y colocar datos en una página web.
WiFiManager.h	Permite la configuración de los parámetros de WiFi desde un dispositivo móvil
FirestoreESP32.h	Permite leer, almacenar, actualizar, eliminar de la base de datos Firebase desde la tarjeta de desarrollo.
ESP8266WiFi.h	Establece las funciones relacionadas con WiFi la conexión, AP y etc.
FirestoreESP8266.h	Permite la comunicación con la plataforma de base de datos Firebase
WiFi.h	Permite la configuración y la conexión a internet
ArduinoJson.h	Permite enviar varios datos de información a la misma vez
SoftwareSerial.h	Permite la comunicación serial en otros pines digitales del Esp32.
DFPlayerMini_Fast.h	Permite la comunicación entre dispositivos, módulo MP3 y ESP32.
HX711.h	Permite conectar el convertidor de analógico a la digital, para la comunicación con la tarjeta de desarrollo.

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

3.7.1 Diagrama de flujo del nodo de gas y monitoreo de peso

La *Ilustración 28-3* ilustra el diagrama de flujo que detalla los procedimientos asociados al nodo de monitoreo de gas y peso. El nodo lleva a cabo múltiples procesos, entre los cuales se encuentran la detección de posibles fugas de gas en la válvula, la supervisión del peso del cilindro de gas doméstico de 15 kg, y la generación de alertas en caso de interrupción del suministro eléctrico. Todos los datos recopilados son transmitidos tanto al nodo central como a la aplicación móvil correspondiente.

Inicialización

- Se incluyen las librerías como: **FirestoreESP32.h**, **WiFi.h**, **HX711.h**, **DNSServer.h**, **ArduinoJson.h**, descritas en la *Tabla 14-3*.

- Se definen las variables correspondientes a las salidas terminales del módulo HX711, que está conectado a la celda de carga, el sensor de gas y el relé para la electroválvula.
- A través de la tarjeta de desarrollo ESP32 DEVKITC-32D permite leer los datos de los sensores de peso, gas.
- Si el sensor detecta que el peso es igual o inferior al 20%, activará una alerta de peso en la pantalla de la HMI y en la aplicación móvil (App).
- Si detecta alguna fuga gas y desconexión de la energía eléctrica, enviará la notificación al nodo central y a la aplicación móvil del usuario.
- Si detecta un cambio en las variables de peso, gas y humo del sistema enviará a actualizar en la nube si los valores de gas y peso varían.

Bucle de repetición

- El Esp32 DEVKITC-32D se configura para establecer una conexión a internet destinada a la comunicación con la base de datos. El proceso de envío de datos a la base de datos solo se llevará a cabo en caso de que se produzcan modificaciones en los parámetros de los nodos.
- Cada vez que cambia las variables enviara alertas al nodo central y App
- Al detectar el porcentaje menor al 20% del contenido de gas GLP, envira notificación al usuario para su remplazo del cilindro de gas.
- En caso de detectarse alguna fuga de gas, la electroválvula se activa de manera automática para interrumpir el flujo de gas.
- La desconexión de la energía eléctrica, será notificada con alerta de energía en el nodo central y aplicación móvil.
- A través de un botón se puede cerrar y abrir la válvula, lo puede realizar del nodo central y en la App.
- El interruptor de la electroválvula se activará al detectar algún riesgo o cambio en los sensores de gas y humo.

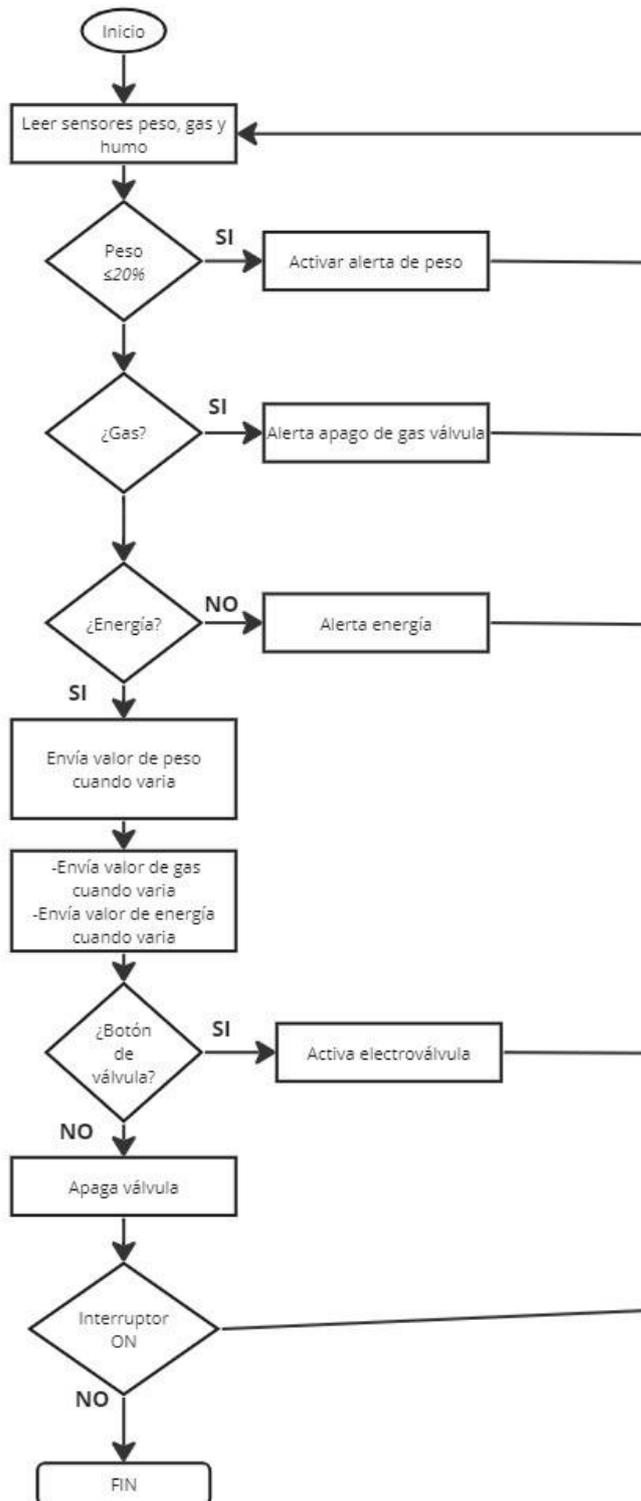


Ilustración 28-3: Diagrama de flujo de nodo de gas y monitoreo de peso

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

3.7.2 Diagrama de flujo de los nodos de detección de fugas de gas y humo

La *Ilustración 29-3* ilustra el diagrama de flujo que detalla los procedimientos seguidos por los nodos encargados de la detección de fugas de gas y humo.

Inicialización

- Se incluyen las librerías como: **FirebaseESP32.h**, **WiFi.h**, **DNSServer.h**, **WiFiClient.h**, **ArduinoJson.h**, **SoftwareSerial.h**, descritas en la *Tabla 14-3*.
- Para comunicarse con la base de datos, es necesario que el sistema esté conectado a una red inalámbrica WiFi.
- El nodo debe ser configurado para conectarse a una red inalámbrica proporcionada por el proveedor.
- Se activa un LED correspondiente para indicar que la conexión se ha establecido con éxito.
- Al conectarse a la base de datos, se verifica si ha habido alguna actualización o cambio en los datos.

Bucle de repetición

- Se realiza la configuración del módulo Esp32 Mini para establecer la conexión a internet y permitir la comunicación con la base de datos.
- Se verifica la recepción de los datos.
- Si se detecta la presencia de gas en el nodo, este envía la información correspondiente a la base de datos.
- Si se detecta humo en el nodo, se transmiten los datos relevantes a la base de datos.
- En caso de que se identifique una batería con nivel bajo de carga, se envían los datos a la base de datos para su actualización y se genera una notificación dirigida al usuario.
- Si se produce algún cambio en las variables almacenadas en la base de datos del nodo, se implementa una modificación en la tarjeta de desarrollo ESP32 que está ubicada en el nodo.

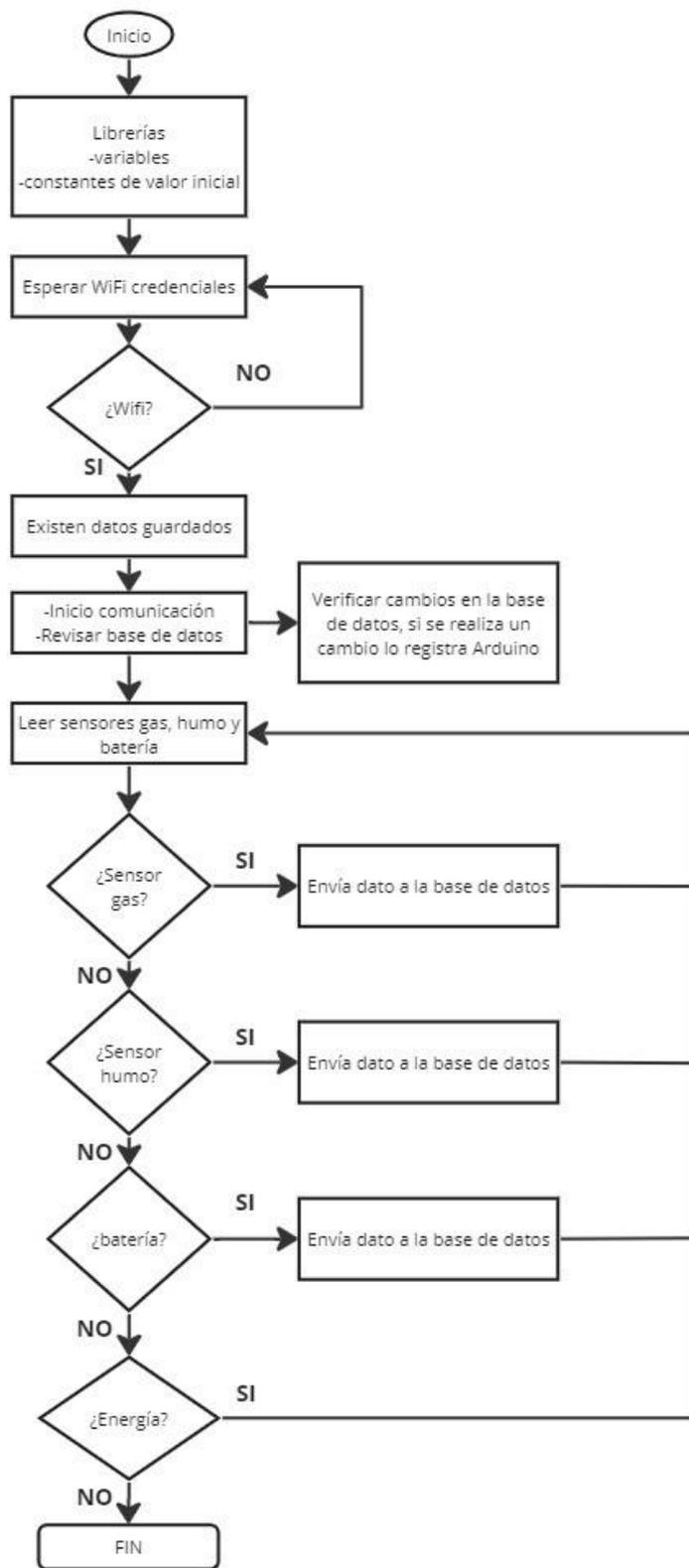


Ilustración 29-3: Diagrama de flujo de los nodos de detección de fugas de gas y humo

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

3.7.3 Diagrama de flujo del nodo central

La *Ilustración 30-3* se muestra el diagrama de flujo que detalla los procedimientos llevados a cabo por el nodo central del sistema Antifugas.

Inicialización

- Se añaden las librerías mencionadas en la *Tabla 14-3*: FirebaseESP32.h, WiFi.h, DNSServer.h, WiFiClient.h, ArduinoJson.h, SoftwareSerial.h, y FirebaseESP8266.h.
- Se definen las variables correspondientes a las entradas y salidas del ESP32.
- Se establece la comunicación entre la pantalla HMI y el Módulo MP3.
- Se configura la comunicación del nodo con la base de datos Firebase.
- Se procede a realizar la configuración inalámbrica para establecer la conexión WiFi.
- Se habilita la comunicación bidireccional entre el módulo y la base de datos Firebase.
- Se lleva a cabo la actualización de los datos almacenados en la base de datos.
- Se verifica el estado de los botones "Abrir" y "Cerrar".

Bucle de repetición

- Se procede a configurar la tarjeta de desarrollo ESP32 DEVKITC-32D para permitir la conexión a internet, posibilitando la comunicación con la base de datos.
- En caso de generar una alerta, se activa tanto el sonido como la correspondiente indicación visual de la alerta.
- Si el estado de la válvula se encuentra en ON/OFF, los datos recopilados por los sensores se envían para ser visualizados en la pantalla HMI y en la aplicación móvil (App).
- El corte del flujo de gas se activa de manera automática siempre que se detecte una alerta de fuga.
- El nodo central procede a leer los datos almacenados en la base de datos.
- Al detectar la presencia de gas y humo, se activa la alerta en el prototipo del nodo, y los detalles son exhibidos en la pantalla de la HMI.
- Cuando se determine que ya no hay riesgo en la vivienda, se desactiva la alarma del nodo y se envía una notificación a la pantalla HMI correspondiente.

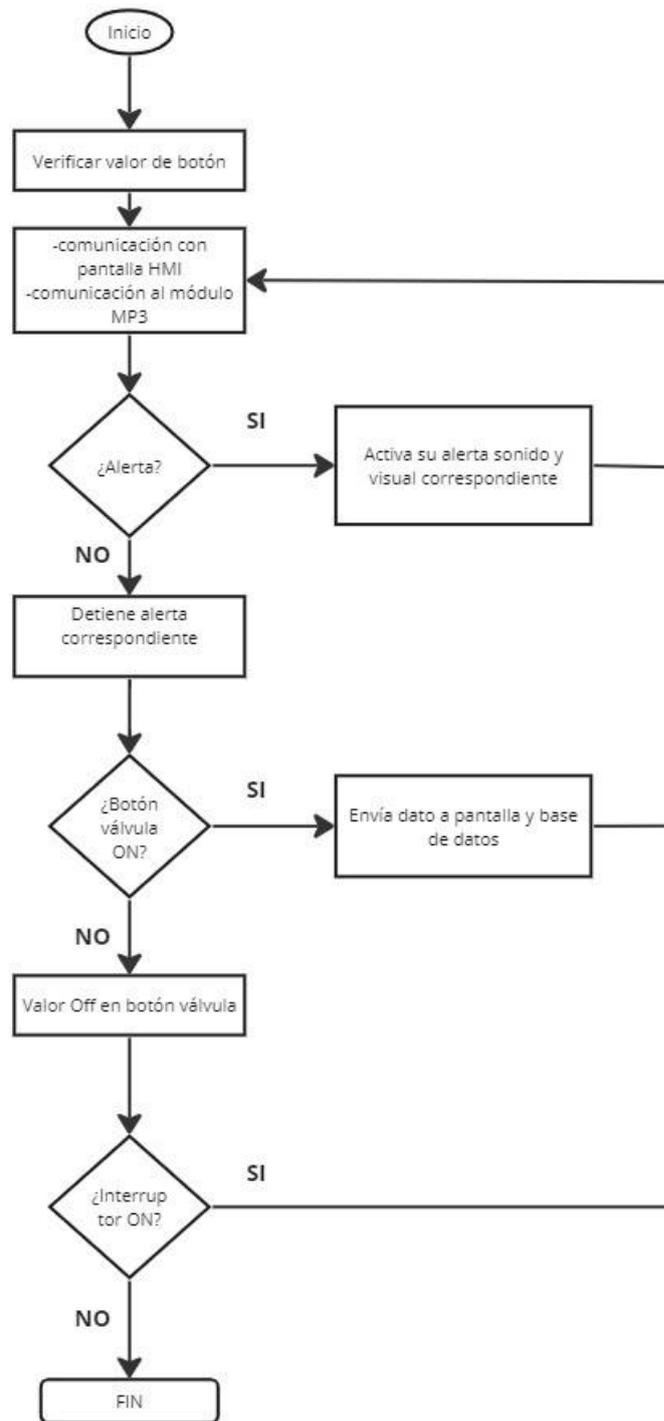


Ilustración 30-3: Diagrama de flujo del nodo central

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

3.7.4 Diagrama de flujo de notificación a la Aplicación móvil

La *Ilustración 31-3* presenta el diagrama de flujo de notificación, el cual detalla los procedimientos para el envío de notificaciones a la aplicación móvil.

Inicialización

- Se establece la comunicación con la base de datos a través de la red inalámbrica WiFi.
- El sistema recibe alertas provenientes de la base de datos.

Bucle de repetición

- En caso de detectar modificaciones en los datos almacenados en la base de datos, se procede a enviar notificaciones a la aplicación móvil.
- Las notificaciones son enviadas al dispositivo móvil, y cada una incluye el nombre de la variable que ha sido modificada.

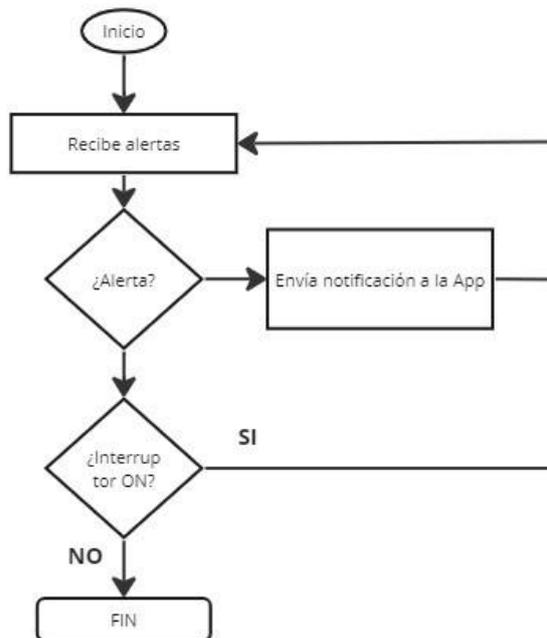


Ilustración 31-3: Diagrama de flujo de envío de notificación a la App

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

3.8 Interfaz gráfica de visualización de la información

El sistema consta de dos interfaces gráficas: la primera corresponde a la interfaz de la aplicación móvil, mientras que la segunda representa la interfaz de la pantalla HMI. Estas interfaces operan como herramientas de control y visualización de la información relacionada con los parámetros del sistema Antifugas.

3.8.1 Interfaz de visualización app móvil

Para desarrollar la aplicación móvil, se utilizó el entorno de desarrollo Android Studio. Para iniciar este proceso, se ejecutó el software en un equipo y se procedió a seleccionar "File > New" y "New Project". En la ventana emergente, se optó por un nombre para la aplicación, se especificó el lenguaje de programación y se estableció que puede ser ejecutado desde la versión de Android 6 hasta la versión más actual, Android versión 13. Los detalles completos de la programación se encuentran disponibles en el **Anexo N**.

La interfaz se inicia con un menú que muestra el estado actual de la válvula, ya sea activa o desactivada. Además, se presenta el porcentaje de peso del cilindro de gas y el porcentaje de partículas de gas. También se ofrece una opción para cerrar y abrir la válvula. Dentro de este menú, se proporciona información detallada sobre los parámetros de los nodos del sistema, tal como se presenta en la *Ilustración 32-3*.



Ilustración 32-3: Menú de las opciones del sistema en app móvil

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

3.8.2 *Interfaz de visualización de la información HMI*

En el proceso de elaboración de la interfaz de la pantalla HMI, se empleó el software Nextion Editor, tal como se evidencia en la *Ilustración 33-3*. Este software habilita la creación de interfaces personalizadas, adaptadas a los requisitos específicos del proyecto. Se pueden incorporar botones, iconos y texto para identificar elementos o información necesaria. La programación detallada se encuentra disponible en el **Anexo O**.



Ilustración 33-3: Interfaz gráfica creada en Nextion Editor sistema en app móvil

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

3.9 Diseño estructural del prototipo del nodo de gas y peso

A continuación, se presenta el diseño detallado del prototipo correspondiente al nodo de monitoreo de gas y peso. Este diseño se compone de un recubrimiento tanto externo como interno.

En la elaboración del diseño del prototipo, se empleó el software Solidworks 2023. El material elegido para la construcción consiste en varillas de acero inoxidable con un diámetro de 1x1 cm en todas las aristas. Además, se aplicó un revestimiento de chapa galvanizada de 1 mm en todas las superficies laterales, mientras que la parte superior e inferior de la estructura se confeccionaron con un espesor de 2 mm. Para visualizar el diseño físico completo de la estructura, se puede consultar el **Anexo P**.

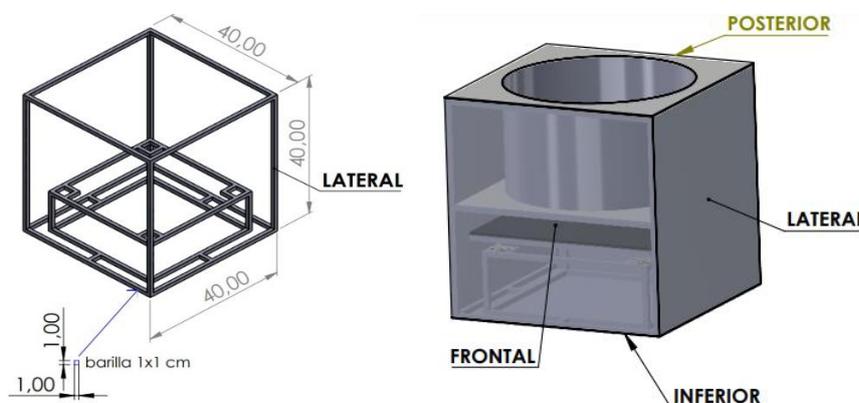


Ilustración 34-3: Diseño del prototipo del nodo de gas y peso

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

En la *Tabla 15-3* muestra las medidas de la estructura de la parte externa.

Tabla 15-3: Medidas de la estructura del prototipo

Partes	Medidas
Alto	40cm
Ancho	40cm

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

3.9.1 Recubrimiento interno

Está formado por tres partes superior del diámetro de cilindro de gas, inferior y soporte del cilindro de gas.

Parte Superior. – cumple la función del soporte del diámetro del cilindro de gas al momento de colocar o reemplazar el producto.

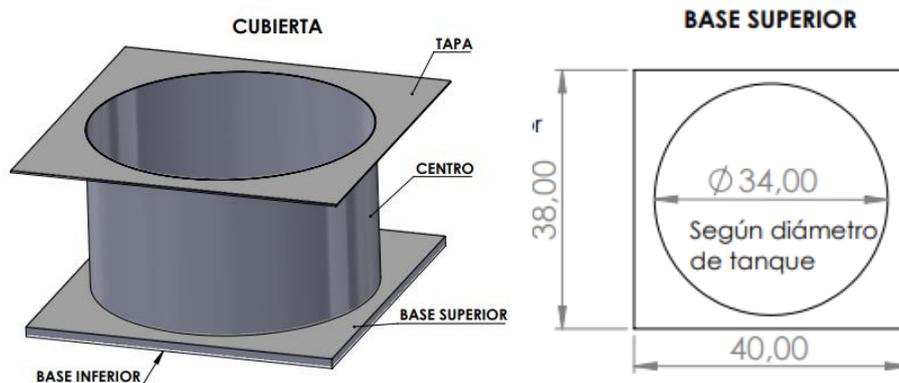


Ilustración 35-3: Diseño de la parte superior del prototipo

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

Parte Inferior. – Esta base es el soporte principal destinado a sostener el peso del cilindro de gas, además de ser el lugar de ubicación para los 4 sensores de peso de 50 kg. La base se encuentra protegida con una cubierta de soporte de 2 mm. La altura de la parte inferior, medida desde la base, es de 10 cm, lo que proporciona espacio para colocar elementos como la batería y otros componentes electrónicos.

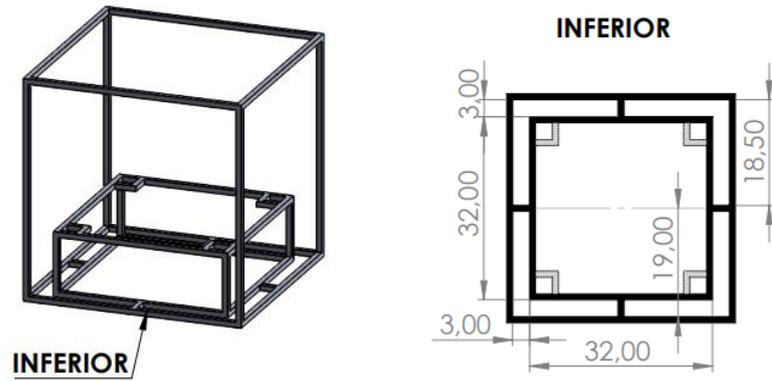


Ilustración 36-3: Diseño de inferior y base del prototipo

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

Parte Soporte. – su función es cubrir la parte inferior en donde están colocados los sensores en cada extremo y sirve como soporte de todo el peso del tanque.

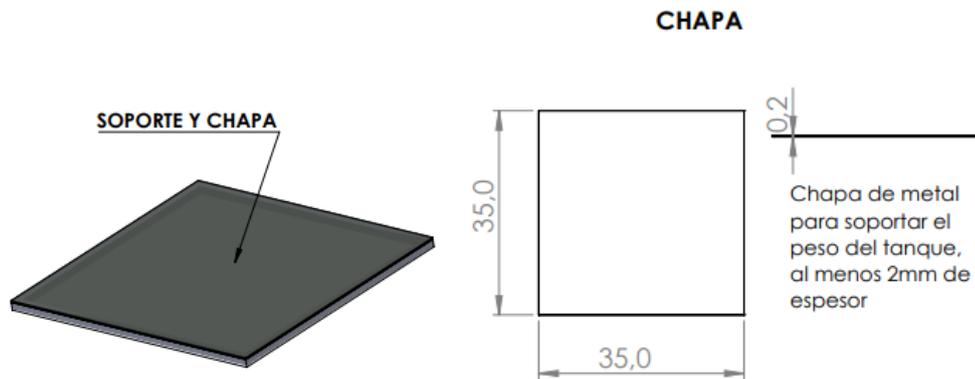


Ilustración 37-3: Diseño de la parte de soporte y chapa del prototipo

Realizado por: Morocho Rolando, 2023



Ilustración 38-3: Unión de la parte inferior y Soporte del prototipo.

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

3.9.2 Recubrimiento externo

En la *Ilustración 39-3* se presentan los resultados finales del diseño estructural correspondiente al sistema de monitoreo del peso del cilindro de gas. Una de las partes laterales está diseñada de manera desmontable, lo cual se logra mediante tornillos colocados en cada vértice. Esta disposición permite la inserción de componentes electrónicos y sensores, y también facilita la realización de tareas de mantenimiento cuando sea necesario.

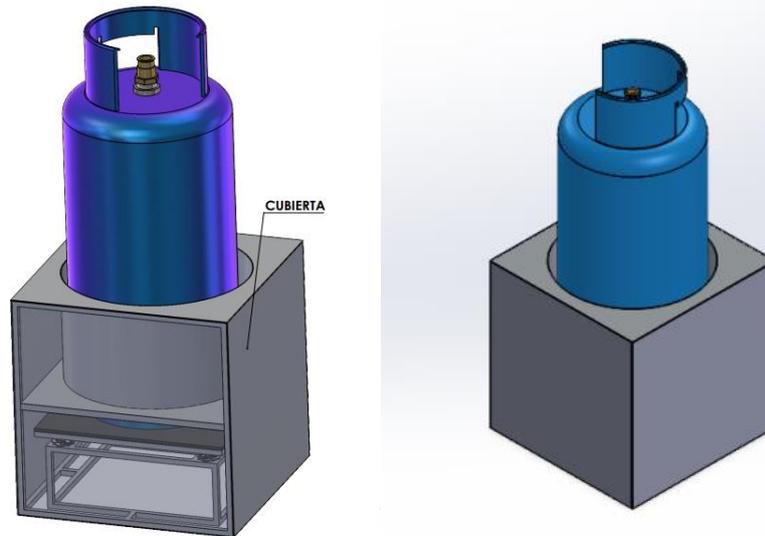


Ilustración 39-3: Resultado final del prototipo del nodo de gas y peso.

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

3.10 Diseño estructural del prototipo de nodos de detención de fugas de gas y humo

Para la concepción de la estructura de los dispositivos encargados de detectar fugas de gas y humo, se hizo uso del software Solidworks 2023. Se optó por el PLA (Poly Lactic Acid) como material debido a su notable resistencia a la humedad y a los aceites. Los diámetros pertinentes se presentan en la *Ilustración 40-3*. Se crearon dos dispositivos que se caracterizan por su facilidad para ubicarse en distintas áreas de la vivienda. Dado que no requieren cableado, su transporte y colocación son sencillos. En caso de que la batería esté próxima a agotarse, el usuario será notificado a través de la aplicación móvil y la interfaz HMI en relación al nivel de la batería. Para apreciar el diseño físico detallado de la estructura, se puede consultar el **Anexo Q**.



Ilustración 40-3: Diseño de la estructura de los nodos de detección de fugas de gas y humo

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

Las dimensiones de la estructura del prototipo de los nodos de detección de fugas de gas y humo como se muestran en la *Ilustración 41-3*.

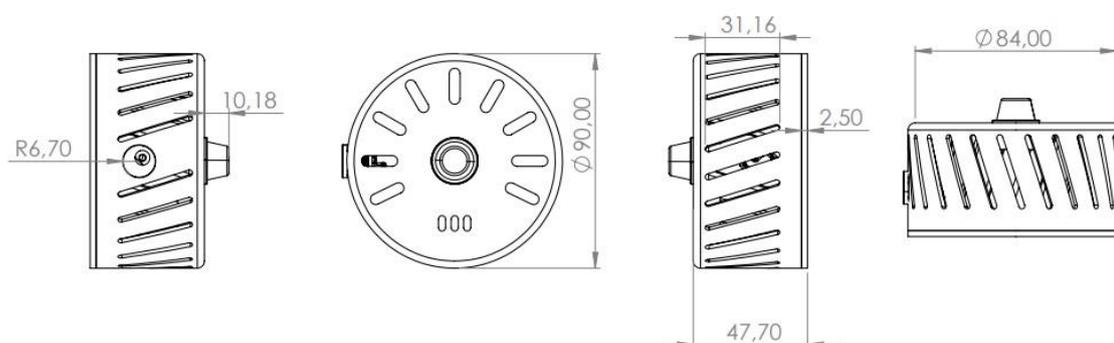


Ilustración 41-3: Dimensiones de la estructura de detección de fugas de gas y humo

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

En la *Tabla 16-3* se detallan las dimensiones que conforman la estructura de detección de fuga de gas y humo.

Tabla 16-3: Medidas que constituye la estructura del nodo

Partes	Medidas
Alto	47mm
Ancho	84mm
Largo	90mm

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

3.11 Diseño estructural del prototipo del nodo central

Para concebir el diseño estructural del nodo central, se empleó el software Solidworks 2023. Se optó por construir la estructura utilizando el material PLA (Poly Lactic Acid), cuyos diámetros específicos se muestran en la *Ilustración 42-3*. En su interior, la estructura alberga componentes electrónicos destinados a la comunicación, una interfaz gráfica táctil para visualización y dos

parlantes Genius de 6W para la emisión de alarmas. Para una visualización más detallada del diseño físico del nodo central, se puede hacer referencia al **Anexo R**.



Ilustración 42-3: Diseño de la estructura del nodo central

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

Las dimensiones de la estructura del prototipo del nodo central se pueden observar en la *Ilustración 43-3*.

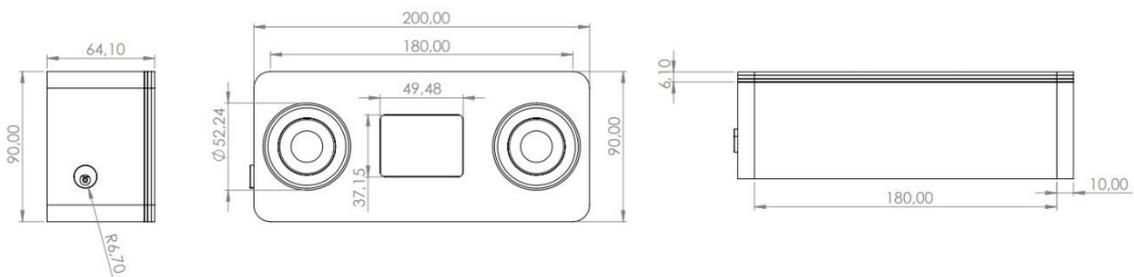


Ilustración 43-3: Dimensiones de la estructura del nodo central.

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

En la *Tabla 17-3* se observa las medidas que constituye la estructura del nodo central.

Tabla 17-3: Medidas de la estructura del nodo central

Partes	Medidas
Alto	90mm
Ancho	64mm
Largo	200mm

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

CAPÍTULO IV

4. PRUEBAS Y RESULTADOS

En este capítulo, se procede a la validación del rendimiento tanto del hardware como del software del sistema Antifugas en su conjunto como de los nodos individuales que lo componen. Estos nodos incluyen el nodo de gas y peso, así como el nodo central que desempeña un papel crucial en la visualización de la información. Además, se incluyen los nodos encargados de detectar fugas de gas y humo. Esta validación se lleva a cabo mediante una serie de pruebas que abarcan diversos aspectos clave del sistema. Estas pruebas incluyen la validación de los sensores de peso, gas y humo, la evaluación de la comunicación entre los nodos, el análisis de los datos transmitidos por los nodos, la verificación del envío de notificaciones de aviso y alertas, el correcto funcionamiento del sistema de envío de mensajes GSM, la medición del consumo de corriente por parte de los nodos, la realización de pruebas de funcionalidad y un análisis económico del sistema Antifugas.

La *Ilustración 1-4* muestra los componentes que serán sujetos de evaluación, el cual está compuesto por varios elementos. Estos elementos incluyen el nodo encargado de monitorear el gas y el peso del cilindro de gas, el nodo central que proporciona la visualización de la información, el nodo destinado a la detección de fugas de gas y humo, y finalmente, la aplicación móvil asociada al sistema.



Ilustración 1-4: Sistema Antifugas

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

4.1 Consideraciones generales

Con el propósito de validar el sistema de monitoreo de peso, fugas de gas y humo, se llevaron a cabo pruebas destinadas a establecer tanto la precisión como la exactitud del sistema. Según Santo y Lecumberry (2005), la precisión se define como la medida de dispersión que puede manifestarse en las mediciones de múltiples muestras. Este concepto se emplea en un conjunto de medidas de una misma magnitud, realizadas bajo condiciones idénticas.

La precisión de un dispositivo se determina mediante el coeficiente de variación (CV) definido por la ecuación 1.

$$CV = \left(\frac{\sigma}{\bar{X}} \right) * 100\% \quad (1)$$

Donde:

σ : es la desviación estándar

\bar{X} : media de las muestras

Para hallar la desviación estándar se utiliza la ecuación 2.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i^N (X_i - \bar{X})^2}{N - 1}} \quad (2)$$

X_i : Observación número i de la variable X

\bar{X} : media de la variable X

N : Numero de observaciones

Según Portuondo y Portuondo (2010) es necesario la toma de 10 muestras para la prueba de estabilidad. Donde al obtener resultados menores al 5% son interpretados como resultados óptimos, si se encuentra en un rango mayor al 5% y menor al 10% los resultados son aceptables (Romero, 2012; DANE, 2008).

La exactitud indica que tan cerca está el valor medido con el valor real, mientras más cerca se encuentre el valor medido del valor real, más exacto será el resultado hallado (Santo y Lecumberry, 2005). Para hallar la exactitud se debe calcular el error absoluto en cual viene definido por la ecuación 3.

$$\Delta X = |X_r - X_m| \quad (3)$$

Donde:

X_r : valor real

X_m : valor medido

En la prueba de exactitud hallada mediante el error absoluto es necesario la toma de 30 muestras, ya que mientras mayor sea el número de muestras recolectadas menor será el error conseguido (Ochoa, 2013; Fisher et al., 1991).

El cálculo del error relativo porcentual también es fundamental para la validación del módulo ya que es un indicador de la calidad de las mediciones y permite determinar el criterio de calidad del resultado experimental. Para hallar el error relativo (er) se emplea la ecuación 4.

$$e_r = \frac{\Delta X}{X_r} * 100 \quad (4)$$

Donde:

ΔX : error absoluto

X_r : valor real

Según Santo y Lecumberry (2005) cuando se obtiene un valor de er menor al 1% es interpretado como un resultado bueno, si el valor se encuentra en un rango mayor al 5% y menor al 10% el resultado es aceptable.

A continuación, se detallan las pruebas realizadas y los resultados obtenidos del sistema Antifugas.

4.2 Validación de sensores

El propósito de este capítulo radica en la verificación de la exactitud de los sensores situados en los nodos del sistema de monitoreo de peso, fuga de gas y humo, mediante el cálculo del error relativo. Los sensores que serán objeto de evaluación abarcan las mediciones de peso, gas y humo.

4.2.1 Validación del sensor de peso de 50Kg

La comprobación se enfoca en garantizar que el prototipo no presente desviaciones adicionales al peso genuino de los cilindros de gas de 15 kg. Para llevar a cabo esta evaluación, se empleó un equipo de referencia, en específico, una balanza electrónica CAMRY TCS-300 KG ZE21. Mediante este instrumento, se procedió a la medición de diversos cilindros de gas, algunos vacíos

y otros llenos, con la finalidad de lograr la calibración y el ajuste adecuados de los sensores de 50 kg.

En la *Ilustración 2-4* se muestra la programación de ajuste destinada a la corrección del peso real del cilindro de gas. El cilindro vacío presenta un intervalo de peso que oscila entre 14.80 kg y 15 kg, mientras que los cilindros llenos abarcan un rango de 29.80 kg a 30 kg.

```
float p = abs(scale.get_units()); // Valor del transductor media en libras
p = p - 32; // Resta del peso de la chapa metalica
if (p < 0) { // Encerar la báscula
  p = 0;
}
peso = p * 0.453592; // Convertir a kg
float p1 = peso * 0.83; // Valor de ajuste para medida aproximada
int porc = map(p1, 16, 29, 0, 100); // Mapear el peso del tanque de 16 kg minimo a 29 kg maximo
if (porc <= 0) { // encerar valores menores a 16 kg
  porc = 0;
}
if (porc >= 100) { // valores mayores a 29kg es 100%
  porc = 100;
}
Serial.println("Re: " + String(scale.get_units()) + ", p: " + String(p) + ", p1: " + String(peso) + ", peso: " + String(p1) + " kg" + ", PORCE: " + String(porc) + " %");
```

Ilustración 2-4: Programación de ajuste para compensar al valor real del peso del cilindro

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

Al situar el cilindro de gas en el prototipo, tal y como se muestra en la *Ilustración 3-4* y al considerar las líneas de programación de ajuste, el prototipo proporciona mediciones que concuerdan con los valores reales del tanque.



Ilustración 3-4: Colocación el cilindro de gas en el prototipo

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

En la *Ilustración 4-4* se evidencia los valores detectados en el monitor serial del IDE al colocar un cilindro de gas en el prototipo.

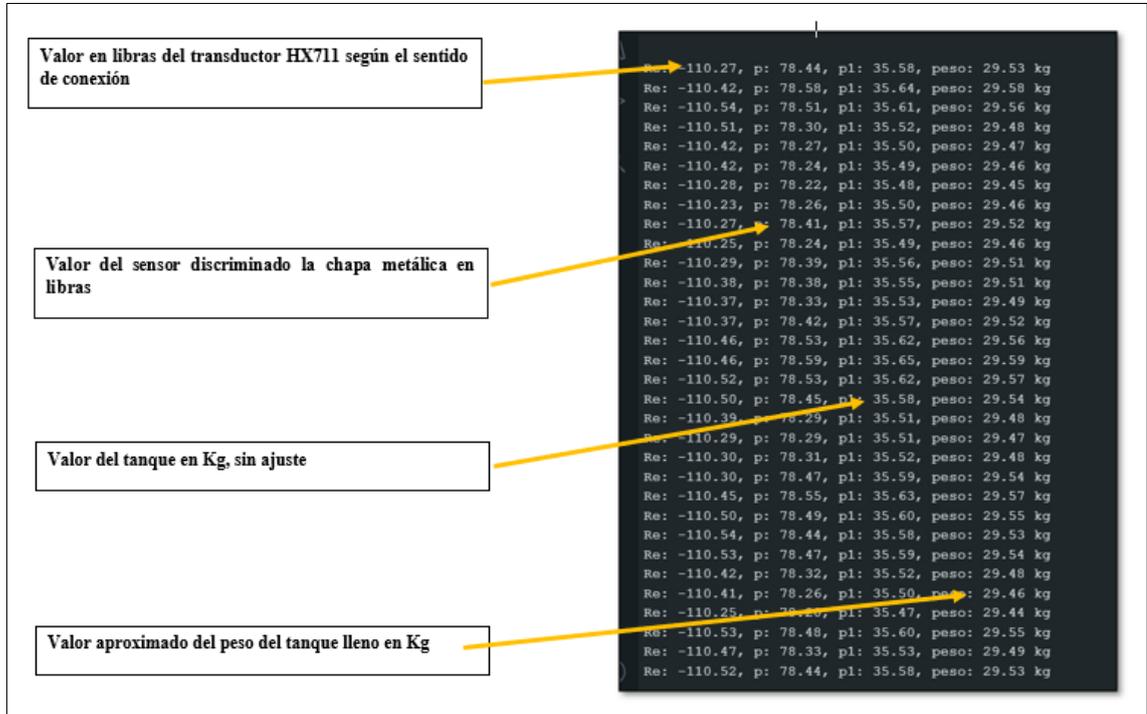


Ilustración 4-4: Descripción de valores generados en el monitor serial IDE

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

Finalmente, en la Tabla 1-4 se procede a la obtención de muestras mediante el empleo del equipo patrón, la balanza electrónica CAMRY TCS-300 KG ZE21, y el prototipo de sistema de monitoreo de peso desarrollado. Para ello, se emplearon dos cilindros de gas con pesos de 15.80 kg y 29.80 kg, respectivamente. Para visualizar las pruebas en detalle, se recomienda consultar el **Anexo S**.

Tabla 1-4: Análisis del error absoluto y error relativo de los valores del cilindro de gas de 15Kg

N° de muestras	Fecha/Hora	Medición con equipo patrón [Kg]	Medición con el prototipo [Kg]	Error Absoluto	Error Relativo (%)
1	21/7/2023 14:30:00	15.80	15.77	0.03	0.19
2	21/7/2023 14:32:00	15.80	15.78	0.02	0.13
3	21/7/2023 14:36:00	15.80	15.77	0.03	0.19
4	21/7/2023 14:40:00	15.81	15.80	0.01	0.06
5	21/7/2023 14:45:00	15.80	15.76	0.04	0.25
6	21/7/2023 14:55:00	15.80	15.77	0.03	0.19

7	21/7/2023 15:10:00	15.80	15.78	0.02	0.13
8	21/7/2023 15:20:00	15.80	15.77	0.03	0.19
9	21/7/2023 15:30:00	15.90	15.86	0.04	0.25
10	21/7/2023 15:35:00	15.90	15.85	0.05	0.31
11	21/7/2023 15:38:00	15.80	15.77	0.03	0.19
12	21/7/2023 15:40:00	15.80	15.78	0.02	0.13
13	21/7/2023 15:45:00	15.80	15.77	0.03	0.19
14	21/7/2023 15:48:00	15.80	15.78	0.02	0.13
15	21/7/2023 16:05:00	15.80	15.77	0.03	0.19
16	21/7/2023 16:10:00	29.80	29.54	0.26	0.87
17	21/7/2023 16:15:00	30.00	29.60	0.4	1.33
18	21/7/2023 16:20:00	30.00	29.66	0.34	1.13
19	21/7/2023 16:22:00	30.00	29.67	0.33	1.10
20	21/7/2023 16:26:00	29.80	29.57	0.23	0.77
21	21/7/2023 16:30:00	29.80	29.58	0.22	0.74
22	21/7/2023 16:33:00	29.80	29.57	0.23	0.77
23	21/7/2023 16:38:00	30.00	29.68	0.32	1.07
24	21/7/2023 16:42:00	30.00	29.69	0.31	1.03
25	21/7/2023 16:50:00	29.80	29.58	0.22	0.74
26	21/7/2023 16:55:00	29.90	29.66	0.24	0.80
27	21/7/2023 17:10:00	29.80	29.55	0.25	0.84
28	21/7/2023 17:12:00	29.80	29.57	0.23	0.77
29	21/7/2023 17:18:00	30.00	29.67	0.33	1.10
30	21/7/2023 17:25:00	29.80	29.58	0.22	0.74
Promedio				±0.15	0.55%

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

Se logra obtener un error absoluto de ± 0.15 kg, lo que equivale al 0.005% de precisión, siendo esta cifra inferior al error original de la celda de carga de 50 kg, que es del 0.05%. Asimismo, se registra un error relativo del 0.55%, indicando que la calidad de la medición se sitúa en un rango entre bueno y aceptable.

4.2.2 Validación del sensor de gas MQ-5

Se lleva a cabo una verificación exhaustiva para asegurar que el prototipo no presente errores adicionales. En su diseño interno, se integran sensores de gas MQ-5 y de humo. El propósito principal de estos sensores es detectar niveles de concentración de gas GLP. El sensor MQ-5, un componente electrónico comercial, se ajustó en términos de sensibilidad para lograr una detección más rápida y precisa de las concentraciones de gas GLP.

En la *Ilustración 5-4* se presentan los procedimientos seguidos para adquirir los datos de verificación en el lapso durante el cual el sensor MQ-5 registró la detección.

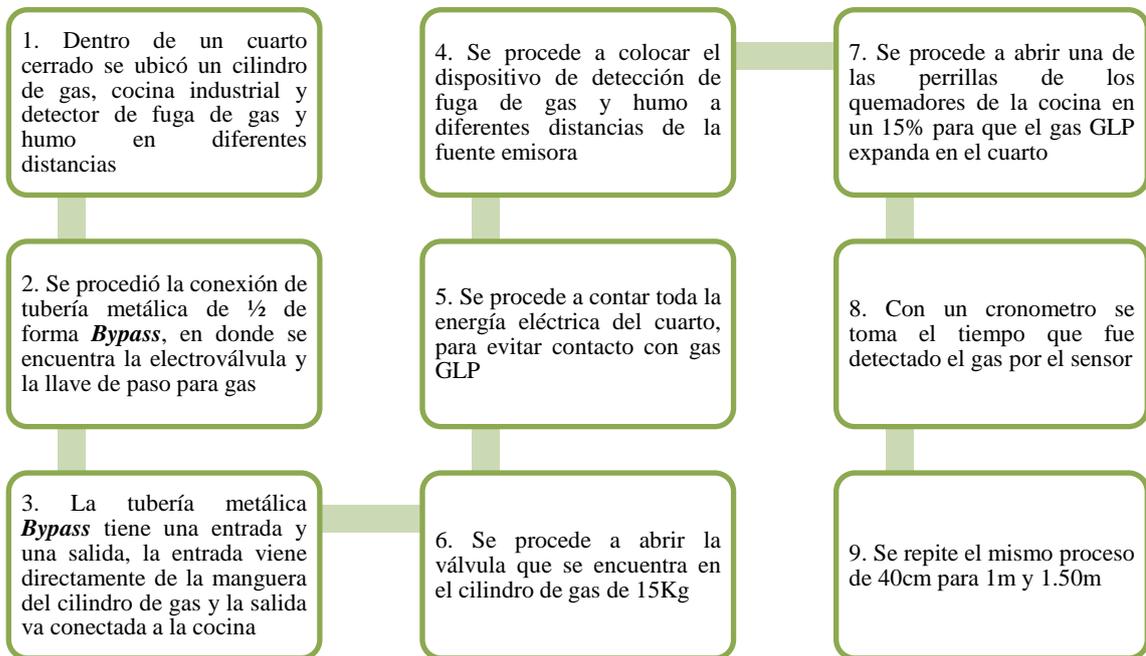


Ilustración 5-4: Procedimientos para obtener datos de muestras del sensor de gas MQ-5

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

En la *Ilustración 6-4* se muestra gráficamente la disposición en la que se ubicaron el sensor de gas y humo a diferentes distancias dentro de una habitación cerrada, con un área definida de $25m^2$. Las distancias máximas y mínimas del techo es de 30cm a 1m, y la distancia radial de 1.5m de la fuente emisora (Merlin 2022).

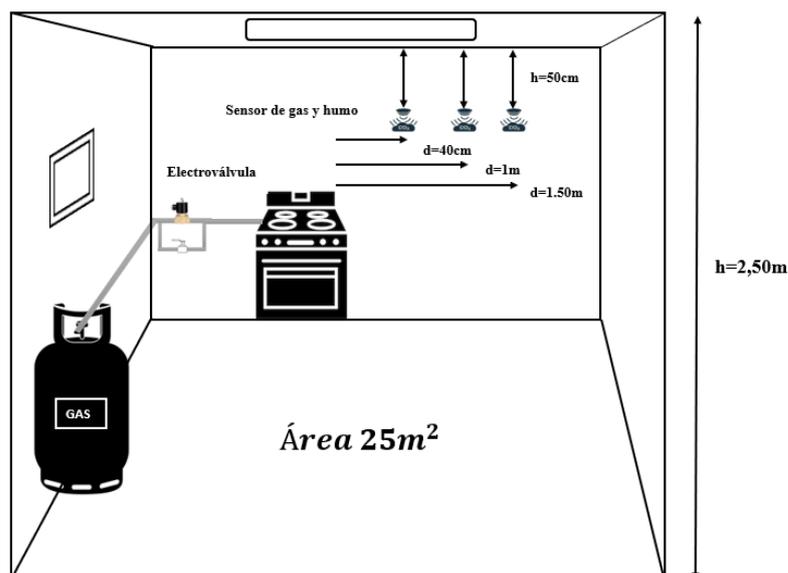


Ilustración 6-4: Ubicación de los nodos 1 y 2 de detección de fugas de gas y humo

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

El dispositivo de detección de fugas de gas se posicionó a distintas distancias con el propósito de medir el tiempo requerido para identificar las concentraciones de gas GLP. Un total de 30 muestras fueron recopiladas, tal como se observa en la presentación de datos.



Ilustración 7-4: Toma de muestras con gas GLP y el dispositivo de detección de gas GLP

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

En la *Tabla 2-4* se muestran los datos adquiridos mediante las pruebas realizadas con el nodo de detección de fuga de gas y humo.

Tabla 2-4: Análisis del error Absoluto y error Relativo en tiempo detectado de gas GLP

N.º muestras	T. 40cm [s]	Ea	Er%	T. 1m [s]	Ea	Er%	T. 1.50m [s]	Ea	Er%
1	21	0.70	0.03	34	1.20	0.04	45	0.87	0.02
2	19	-1.30	-0.06	35	2.20	0.07	44	-0.13	0.00
3	21	0.70	0.03	32	-0.80	-0.02	44	-0.13	0.00
4	22	1.70	0.08	31	-1.80	-0.05	44	-0.13	0.00
5	19	-1.30	-0.06	32	-0.80	-0.02	43	-1.13	-0.03
6	20	-0.30	-0.01	31	-1.80	-0.05	45	0.87	0.02
7	19	-1.30	-0.06	32	-0.80	-0.02	46	1.87	0.04
8	19	-1.30	-0.06	32	-0.80	-0.02	44	-0.13	0.00
9	20	-0.30	-0.01	32	-0.80	-0.02	43	-1.13	-0.03
10	21	0.70	0.03	31	-1.80	-0.05	45	0.87	0.02

11	21	0.70	0.03	34	1.20	0.04	45	0.87	0.02
12	20	-0.30	-0.01	34	1.20	0.04	43	-1.13	-0.03
13	21	0.70	0.03	32	-0.80	-0.02	43	-1.13	-0.03
14	21	0.70	0.03	32	-0.80	-0.02	45	0.87	0.02
15	21	0.70	0.03	31	-1.80	-0.05	42	-2.13	-0.05
16	19	-1.30	-0.06	36	3.20	0.10	44	-0.13	0.00
17	22	1.70	0.08	36	3.20	0.10	44	-0.13	0.00
18	19	-1.30	-0.06	34	1.20	0.04	44	-0.13	0.00
19	20	-0.30	-0.01	32	-0.80	-0.02	43	-1.13	-0.03
20	19	-1.30	-0.06	31	-1.80	-0.05	45	0.87	0.02
21	19	-1.30	-0.06	32	-0.80	-0.02	46	1.87	0.04
22	20	-0.30	-0.01	31	-1.80	-0.05	44	-0.13	0.00
23	21	0.70	0.03	32	-0.80	-0.02	43	-1.13	-0.03
24	21	0.70	0.03	32	-0.80	-0.02	44	-0.13	0.00
25	20	-0.30	-0.01	32	-0.80	-0.02	44	-0.13	0.00
26	22	1.70	0.08	34	1.20	0.04	44	-0.13	0.00
27	19	-1.30	-0.06	35	2.20	0.07	43	-1.13	-0.03
28	21	0.70	0.03	35	2.20	0.07	45	0.87	0.02
29	22	1.70	0.08	34	1.20	0.04	45	0.87	0.02
30	20	-0.30	-0.01	33	0.20	0.01	45	0.87	0.02
Promedio		±2.87	1.87%		±1.37	0.37%		±2.10	1.10%

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

En la *Tabla 2-4* se llevó a cabo el cálculo de los valores absolutos para cada tiempo registrado al restar la media de las muestras detectadas por el sensor de gas MQ-5. Los valores relativos se generaron al dividir el tiempo medido entre la mencionada media de las muestras. Con el objetivo de realizar las pruebas utilizando gas GLP, se realizó un ajuste en la sensibilidad para lograr una respuesta rápida.

4.2.3 Validación del sensor de humo fotoeléctrico

Se procedió a verificar que el dispositivo de detección de fugas de gas, en particular el sensor de humo fotoeléctrico Ecoey, no presentara errores adicionales. Para llevar a cabo esta verificación, se utilizó un patrón consistente en inciensos y cartulina de papel, generando humo en el interior de una habitación cerrada con un área de $25m^2$, como se muestra en la *Ilustración 6-4*. En este escenario, el dispositivo se colocó en distintas ubicaciones. En cada posición en la que se colocó el sensor, se encendió el incienso y se registró el tiempo necesario para que el sensor detectara la presencia de humo. En total, se recolectaron 30 muestras en diversas ubicaciones.



Ilustración 8-4: Toma de muestras con inciensos, cartulina de papel y el dispositivo de detección de humo

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

A continuación, se procede a registrar los tiempos detectados por el sensor, con el propósito de calcular tanto el error absoluto como el error relativo entre las muestras obtenidas en tres ubicaciones distintas del sensor. En la *Tabla 3-4*, se han recopilado en total 30 muestras para su análisis.

Tabla 3-4: Análisis del error absoluto y error relativo con cada valor de tiempo detectado por el sensor de humo fotoeléctrico.

N.º muestras	T. 40cm [s]	Ea	Er%	T. 1m[s]	Ea	Er%	T. 1.50m[s]	Ea	Er%
1	12	0.27	0.02	20	-1.63	-0.08	35	0.77	0.02
2	11	-0.73	-0.06	21	-0.63	-0.03	35	0.77	0.02
3	12	0.27	0.02	19	-2.63	-0.12	34	-0.23	-0.01
4	13	1.27	0.11	23	1.37	0.06	33	-1.23	-0.04
5	12	0.27	0.02	22	0.37	0.02	35	0.77	0.02
6	12	0.27	0.02	21	-0.63	-0.03	34	-0.23	-0.01
7	11	-0.73	-0.06	22	0.37	0.02	34	-0.23	-0.01
8	11	-0.73	-0.06	22	0.37	0.02	34	-0.23	-0.01
9	12	0.27	0.02	23	1.37	0.06	35	0.77	0.02
10	11	-0.73	-0.06	23	1.37	0.06	35	0.77	0.02
11	12	0.27	0.02	23	1.37	0.06	34	-0.23	-0.01
12	11	-0.73	-0.06	20	-1.63	-0.08	36	1.77	0.05

13	10	-1.73	-0.15	21	-0.63	-0.03	36	1.77	0.05
14	12	0.27	0.02	21	-0.63	-0.03	36	1.77	0.05
15	13	1.27	0.11	23	1.37	0.06	35	0.77	0.02
16	10	-1.73	-0.15	22	0.37	0.02	34	-0.23	-0.01
17	12	0.27	0.02	21	-0.63	-0.03	32	-2.23	-0.07
18	11	-0.73	-0.06	21	-0.63	-0.03	33	-1.23	-0.04
19	11	-0.73	-0.06	21	-0.63	-0.03	33	-1.23	-0.04
20	13	1.27	0.11	21	-0.63	-0.03	33	-1.23	-0.04
21	12	0.27	0.02	19	-2.63	-0.12	35	0.77	0.02
22	12	0.27	0.02	22	0.37	0.02	34	-0.23	-0.01
23	10	-1.73	-0.15	22	0.37	0.02	34	-0.23	-0.01
24	11	-0.73	-0.06	22	0.37	0.02	33	-1.23	-0.04
25	14	2.27	0.19	23	1.37	0.06	33	-1.23	-0.04
26	12	0.27	0.02	23	1.37	0.06	35	0.77	0.02
27	13	1.27	0.11	23	1.37	0.06	35	0.77	0.02
28	11	-0.73	-0.06	22	0.37	0.02	35	0.77	0.02
29	13	1.27	0.11	22	0.37	0.02	33	-1.23	-0.04
30	12	0.27	0.02	21	-0.63	-0.03	34	-0.23	-0.01
Promedio		±0.13	1.13%		±0.33	1.33%		±0.07	0.93%

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

Siguiendo lo establecido en la *Tabla 3-4*, se procedió al cálculo del valor absoluto de cada tiempo registrado, restando la media de las muestras detectadas por el sensor fotoeléctrico. Los valores relativos se obtuvieron al dividir el tiempo medido entre la mencionada media de todas las muestras recopiladas.

4.3 Comunicación

Las pruebas de comunicación tienen como propósito verificar la conexión de los nodos a Internet a través de WiFi. Posteriormente, se procede a enviar las tramas de datos recibidas a la base de datos, lo cual permitirá su visualización en el nodo central, a través de la pantalla HMI y la aplicación móvil. Además, se realiza la verificación de los datos generados y transmitidos por cada nodo hacia la base de datos mediante el monitor serial IDE del Arduino.

4.3.1 Comunicación con la plataforma Firebase

La *Ilustración 9-4* exhibe los datos que han sido enviados a la base de datos. Cada nodo, como el Nodo 1, Nodo 2, Nodo central y Nodo Gas, contribuye con información individual. El valor "Gas 0" indica la ausencia de fugas en el nodo, mientras que "Gas 1" denota la detección de alguna

fuga. Por otro lado, la lectura "Batería 100%" corresponde al porcentaje actual de la batería. Es fundamental que todos estos datos se almacenen y actualicen en tiempo real en la base de datos.

```
*wm:Connecting to SAVED AP: SPEEDY-REMARO
*wm:connectTimeout not set, ESP waitForConnectResult...
*wm:AutoConnect: SUCCESS
*wm:STA IP Address: 192.168.0.100
Configportal running
NODO DE GAS-PESO
Readings:
Firebase Client v4.3.17

NODO DE GAS INICIANDO.
EAT01: {"NODO_1":{"Bateria":"100","Gas":"0","Humo":"0"},"NODO_2":{"Bateria":"100","Gas":"0","Humo":"0"},"NODO_CENTRAL":{"Boton":"ON"},"NODO_GAS":{"Bateria":"100","Gas":"0","Peso":"87"}}
RUTA: /

Bateria: 100
Gas: 0
Peso: 87.00
Bateria: 100
Gas1: 0
Humo1: 0
Boton: ON
VALVULA ON
Bateria2: 100
Gas2: 0
Humo2: 0
```

Ilustración 9-4: Datos enviados por los nodos del sistema Antifugas, mediante monitor serial IDE de Arduino.

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

En la *Ilustración 10-4* se puede observar los datos que han sido almacenados en la plataforma Firebase. La totalidad de las tramas de información recibida se mantiene actualizada en la nube, representando cada nodo individual, incluyendo el Nodo 1, Nodo 2, Nodo central y Nodo gas. La visualización refleja un valor de 0 cuando no hay presencia de fugas de gas ni humo, mientras que un valor de 1 se presenta si existe tal presencia. Asimismo, se muestra el porcentaje de la batería correspondiente a cada nodo.

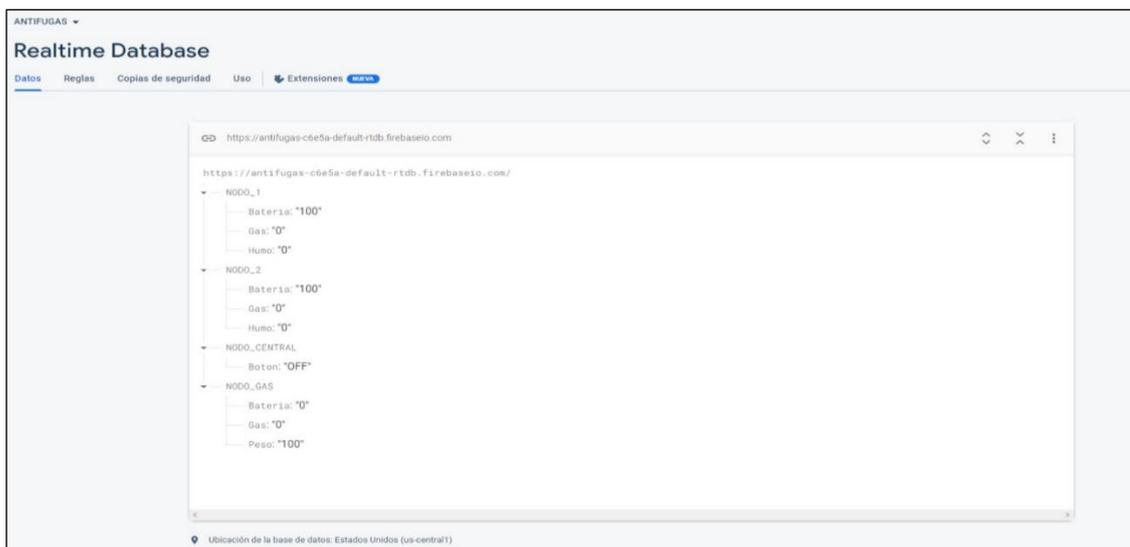


Ilustración 10-4: Datos enviados de los nodos del sistema Antifugas y almacenados en la plataforma de Firebase.

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

4.3.2 Datos enviados del nodo de gas y peso

Al detectar cualquier modificación en el prototipo, los datos relacionados con el peso del cilindro de gas doméstico de 15 kg son actualizados. Estos datos recibidos son almacenados y actualizados en la base de datos. Cada vez que se efectúa un cambio en el tanque o se realiza su retiro, se emite una alerta de peso y simultáneamente se envía una notificación tanto al nodo central como a la aplicación móvil del usuario. La *Ilustración 11-4* presenta los datos correspondientes al instante en que el cilindro de gas es retirado del prototipo.

```
ALERTA PESO
NOTIFICACION
Re: -24.60, p: 0.00, p1: 0.00, peso: 0.00 kg
Re: -24.60, p: 0.00, p1: 0.00, peso: 0.00 kg
```

Ilustración 11-4: Datos enviados del nodo de gas y peso, visualizada en IDE del Arduino

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

La comunicación con la base de datos y el nodo de gas resulta en el almacenamiento de información en la base de datos. La *Ilustración 12-4* ejemplifica la comunicación y el almacenamiento de datos en la plataforma Firebase, ubicada en la nube.

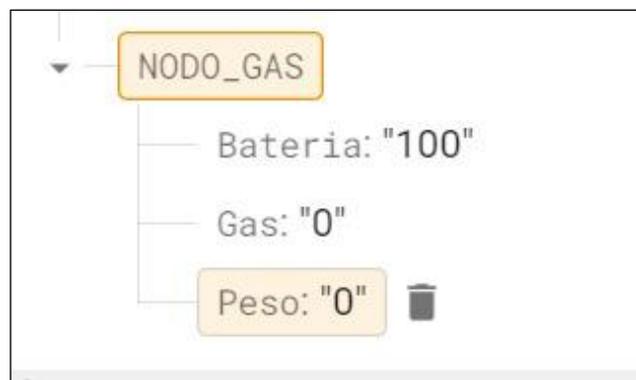


Ilustración 12-4: Datos del nodo de gas almacenados en base de datos

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

En la *Ilustración 13-4* se muestran los datos enviados del nodo de gas y peso actual, los valores recibidos corresponde al tanque lleno del cilindro de gas doméstico de 15 kg de la empresa AgipGas, se visualiza en monitor de IDE del Arduino.

```
Re: -110.27, p: 78.44, p1: 35.58, peso: 29.53 kg
Re: -110.42, p: 78.58, p1: 35.64, peso: 29.58 kg
Re: -110.54, p: 78.51, p1: 35.61, peso: 29.56 kg
Re: -110.51, p: 78.30, p1: 35.52, peso: 29.48 kg
Re: -110.42, p: 78.27, p1: 35.50, peso: 29.47 kg
Re: -110.42, p: 78.24, p1: 35.49, peso: 29.46 kg
```

Ilustración 13-4: Datos enviados del nodo a la base de datos

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

En la *Ilustración 14-4* se muestran los datos enviados del nodo de gas y peso a la plataforma Firebase, al detectar cambios en el nodo se actualizará en la base de datos.

En la plataforma de Firebase, se gestionan y almacenan meticulosamente los datos recopilados mediante la adquisición de información proveniente de los nodos del sistema Antifugas. Dicha información comprende lecturas precisas provenientes de sensores de peso, gas y humo, detallando variables cruciales como concentración de gas, presencia de humo, nivel de la batería y el estado de la electroválvula, indicando si se encuentra activa o inactiva. La plataforma Firebase, por su parte, destaca por su facilidad de creación y se ofrece de manera gratuita, proporcionando un espacio de almacenamiento amplio y adecuado para los datos generados en el contexto de este proyecto.



Ilustración 14-4: Datos del nodo de gas y peso en la base de datos

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

4.3.3 Datos enviados del nodo de detección de fugas de gas

Los datos provenientes de los nodos 1 y 2 se presentan en el monitor del IDE de Arduino. Si los valores de las variables son 0, esto indica que la situación es adecuada y no hay señales de alerta relacionadas con fugas o humo en dichos nodos. La *Ilustración 15-4* ilustra la visualización de los datos procedentes del nodo 1 y 2.

```
1
DATO: 1
RUTA: /NODO_2/Humo

HUMO2 ALERTA
Received stream payload size: 42 (Max. 219)

0
DATO: 0
RUTA: /NODO_2/Humo

SIN HUMO
Received stream payload size: 42 (Max. 219)

TODO CORRECTO
```

Ilustración 15-4: Datos de los nodos 1 y 2 en el monitor IDE

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

La *Ilustración 16-4* presenta los datos provenientes de los nodos 1 y 2 en la base de datos. Las variables relacionadas con el gas, humo y nivel de batería se actualizarán cada vez que se produzca un cambio. Además, se emitirán las notificaciones pertinentes tanto al nodo central como a la aplicación móvil correspondiente.

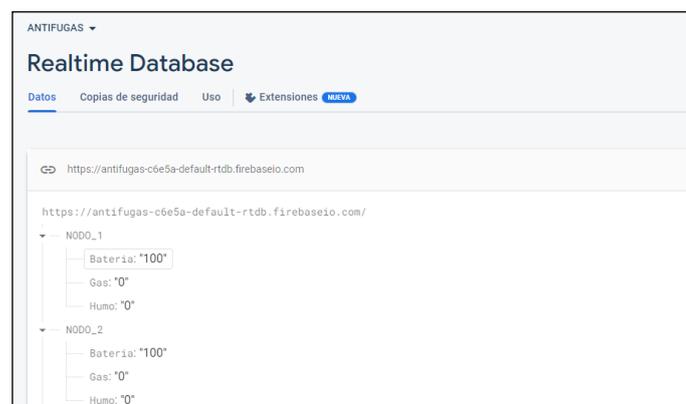


Ilustración 16-4: Datos de los nodos 1 y 2 almacenado en la base de datos

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

4.3.4 Datos enviados del nodo central

El nodo central desempeña la función de proporcionar una visión integral de los datos almacenados en la base de datos, provenientes de todos los nodos presentes en el sistema. Además, incorpora una característica adicional que permite el control de la electroválvula en modalidad ON/OFF. En esta modalidad, el estado ON indica que la electroválvula se encuentra en posición abierta, permitiendo el paso del gas a través del conducto. Por otro lado, el estado OFF denota que la electroválvula está cerrada, lo que impide el flujo de gas a través del conducto. Esta función se activa automáticamente en caso de detectar la presencia de fugas de gas o humo. No obstante, el usuario también tiene la capacidad de controlar manualmente la electroválvula, habilitándola o deshabilitándola. Sin embargo, esta función de control manual solo está disponible si no se detectan fugas de gas ni presencia de humo. La *Ilustración 17-4* presenta la representación visual de los datos transmitidos desde el nodo central hasta la base de datos, los cuales son visibles en el monitor del entorno de desarrollo integrado (IDE) de Arduino.

```
ON
DATO: ON
RUTA: /NODO_CENTRAL/Boton

VALVULA ONnnn
Received stream payload size: 50 (Max. 219)

VALVULA OFF
Datos enviados correctamente
OFF
DATO: OFF
RUTA: /NODO_CENTRAL/Boton

VALVULA OFFfff
Received stream payload size: 51 (Max. 219)
```

Ilustración 17-4: Datos visualizados en el monitor de IDE de Arduino del nodo central

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

En la *Ilustración 18-4* se muestran los datos transmitidos desde el nodo central hacia la base de datos. En situaciones en las que se detecte una alerta por fuga de gas o presencia de humo, la electroválvula se cerrará de manera automática como medida de seguridad. Únicamente cuando se confirme la ausencia de peligro, se permitirá la reactivación tanto de la electroválvula en el nodo central como en la aplicación móvil asociada.



Ilustración 18-4: Datos del nodo central almacenados en la base de datos

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

4.4 Comunicación de la aplicación móvil con la base de datos

Al ejecutar esta aplicación en el dispositivo móvil, se le da la bienvenida al sistema Antifugas. Posteriormente, se presenta la interfaz principal de la aplicación, a través de la cual el usuario tiene la capacidad de visualizar diversos parámetros asociados a cada nodo. Estos parámetros incluyen información sobre el peso, estado de la válvula, presencia de gas, detección de humo, nivel de batería y activación de la alarma.

Adicionalmente, se brinda al usuario la opción de controlar la apertura y el cierre de la válvula. Esta funcionalidad resulta útil para situaciones en las que el usuario prefiera no activarla. La *Ilustración 19-4* proporciona una visualización de todo el proceso de creación de la aplicación móvil, realizado en el entorno del software Android Studio.

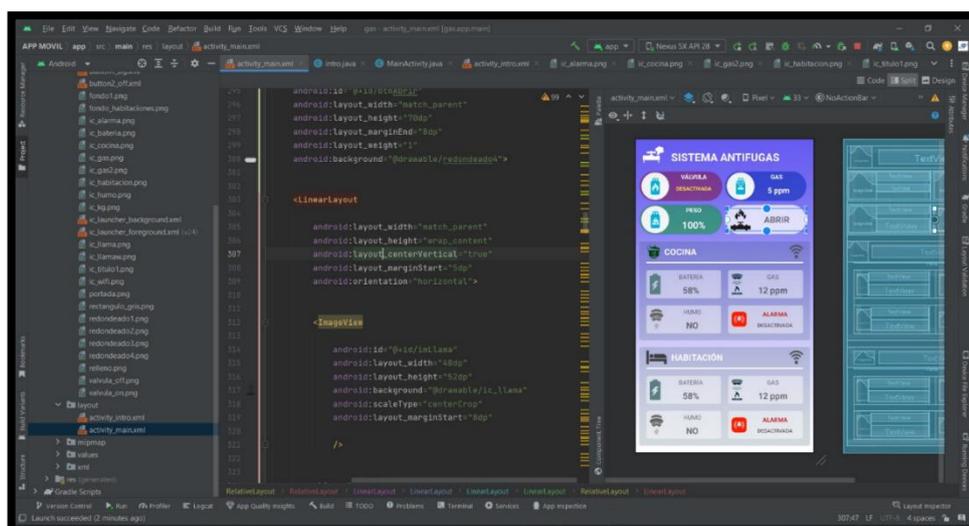


Ilustración 19-4: Creación de la aplicación móvil Antifugas en software Android Studio

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

La *Ilustración 20-4* permite la observación de la comunicación establecida entre la aplicación móvil y la base de datos. La totalidad de los datos relativos a los parámetros de cada nodo presente en el sistema Antifugas se encuentra sujeta a los datos transmitidos por cada nodo hacia la base de datos. Esta base de datos cumple con la función de almacenar y mantener actualizada la información recibida. Posteriormente, dicha información se pone a disposición para su visualización en la aplicación móvil.

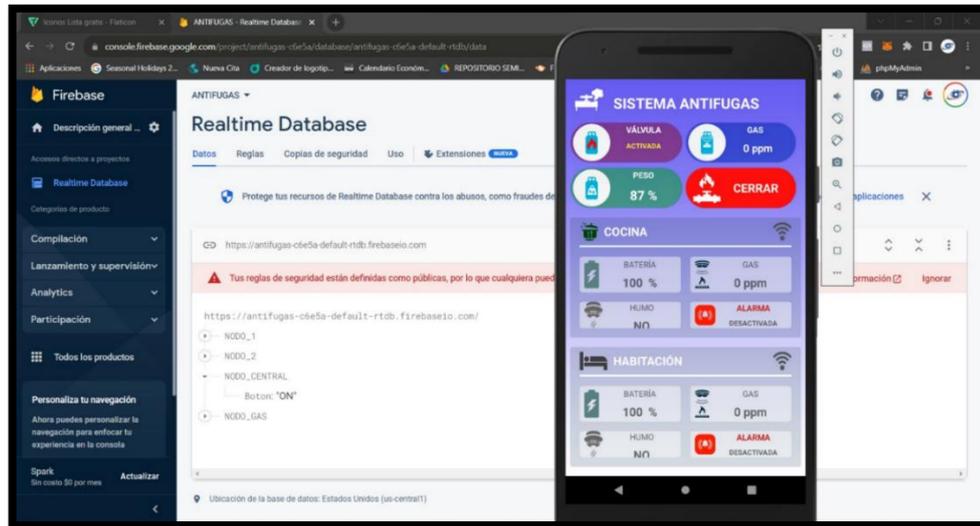


Ilustración 20-4: Comunicación entre la aplicación y la base de datos

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

4.5 Envío de notificación de aviso al nodo central y aplicación móvil

El propósito radica en asegurar la correcta transmisión y recepción de los mensajes de notificación en casos de alteraciones en las variables conservadas en la base de datos de cada nodo. En el nodo central, las alertas son autenticadas por medio de una respuesta vocal y se presentan visualmente los parámetros que han experimentado modificaciones. En paralelo, en la aplicación móvil, las notificaciones son acompañadas por un tono sonoro en segundo plano.

4.5.1 Alerta en el nodo central

En la *Ilustración 21-4* se muestran los parámetros presentados en la interfaz del nodo central. Las alertas y notificaciones generadas en dicho nodo se encuentran respaldadas por una confirmación vocal que indica la alteración de las variables en la base de datos. Entre las notificaciones se incluyen alertas de diversa naturaleza, tales como alertas de peso, alertas de fuga, alertas de presencia de gas, alertas de detección de humo, energía, entre otras.



Ilustración 21-4: Alertas de notificaciones en el nodo central

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

4.5.2 Mensajes de notificación en la aplicación móvil

En caso de que se produzca alguna modificación en los datos transmitidos por los nodos y almacenados en la base de datos, las correspondientes notificaciones son despachadas hacia el dispositivo en el cual la aplicación de Antifugas se encuentra instalada. Esta dinámica es ilustrada en la *Ilustración 22-4*.

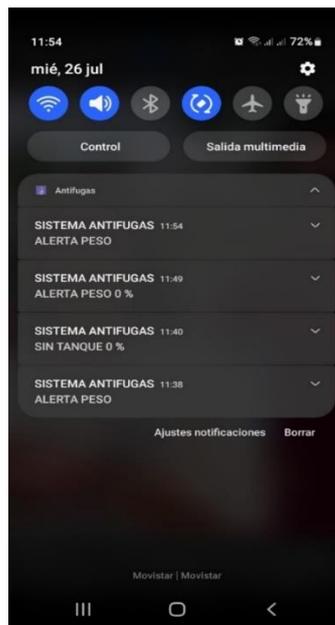


Ilustración 22-4: Mensajes de notificaciones en App

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

4.6 Envío de mensaje GSM al proveedor del producto

El propósito consiste en confirmar que el mensaje sea entregado al número incluido en la aplicación. Es posible agregar cualquier número dentro del país, utilizando el prefijo telefónico (+593), seguido del número al cual se desea remitir el mensaje como se muestra en la *Ilustración 23-4*.

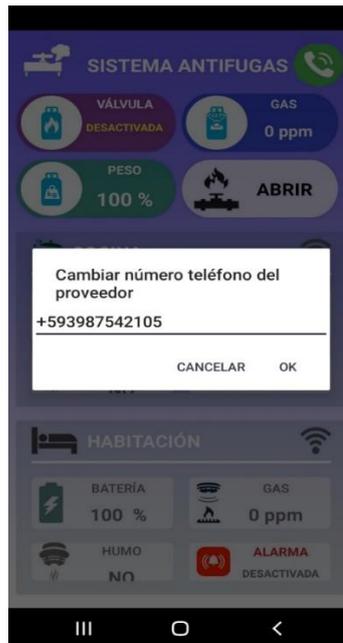


Ilustración 23-4: Ingresar el numero en App de Antifugas

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

Posteriormente, al confirmar (mediante la opción "OK"), el número quedará registrado para la futura solicitud de envío de mensajes relacionados con el producto. La *Ilustracion 24-4* proporciona una representación visual de la confirmación para el envío de mensajes al número del proveedor previamente registrado.



Ilustración 24-4: Confirmación de envío del mensaje

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

La *Ilustración 25-4* presenta la visualización del mensaje recibido. En dicho mensaje, se realiza una solicitud para adquirir el producto de gas. Con el propósito de agilizar el proceso de entrega, el mensaje incluye un enlace que, al ser clicado, redirige al usuario a Google Maps, mostrando la ubicación exacta del domicilio donde se ha requerido la entrega del producto de gas.



Ilustración 25-4: Mensaje GSM recibido

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

4.7 Consumo de corriente

El propósito radica en la determinación del consumo de corriente en todos los nodos que componen el sistema Antifugas, como: nodo de gas y peso, nodo central y los nodos de detección de fugas y humo. Para llevar a cabo esta medición, se ha empleado un multímetro digital USB WAVGAT tester DC de voltaje y corriente. Se han tomado diez muestras para cada nodo con el fin de obtener el consumo de corriente real.

4.7.1 Consumo de corriente del nodo de gas y peso

El nodo que se encarga de supervisar el gas y el peso del cilindro está equipado con una batería imuto de 100W. En el caso de que se presente un corte en el suministro eléctrico, todos los elementos del nodo continuarán operando gracias a la energía provista por la batería. Esta fuente de energía permite alimentar tanto los diversos componentes del nodo como la electroválvula de 12V. Los detalles específicos acerca de las características y la capacidad de la batería se

encuentran expuestos en la *Tabla 4-4*. La documentación que respalda las pruebas ejecutadas puede ser encontrada en el **Anexo T**.

Tabla 4-4: Características de la batería del nodo de gas y peso

Características	Valor
Voltaje	5-20V
Capacidad	27200mAh

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

En la *Tabla 5-4* se detalla el consumo de corriente tanto en condiciones normales como en situaciones de máxima demanda, según los resultados obtenidos en las pruebas llevadas a cabo en el nodo encargado de monitorear el gas y el peso del tanque.

Tabla 5-4: Consumo de corriente real del nodo de gas y peso

Consumo de corriente	Valor
Consumo normal	170mAh
Consumo máximo	520mAh

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

A los valores de consumo normal y máximo se les agrega el consumo adicional proveniente de la electroválvula, el cual asciende a 500mAh. Estos niveles de consumo solo son relevantes cuando la electroválvula se encuentra activa; en caso contrario, el consumo se ajustará a los valores que se presentan en la *Tabla 5-4*.

Tabla 6-4: Consumo de corriente total del nodo de gas-peso y la electroválvula de 2W

Consumo de corriente	Valor
Consumo normal	670mAh
Consumo máximo	1020mAh

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

En la *Tabla 7-4* se detalla la duración de la batería en el nodo de gas y peso. En situaciones en las que se presente una interrupción en el suministro eléctrico, la batería será capaz de proporcionar energía a todos los elementos del nodo, abarcando un rango de tiempo que comprende desde una duración mínima hasta una duración máxima.

Tabla 7-4: Duración de la batería en el nodo de gas y peso

Duración	Horas
Mínimo	48h
Máximo	158h

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

4.7.2 Consumo de corriente del nodo central

El nodo central está equipado con una batería BILITONG de 2500mAh de capacidad. En el evento de un corte en el suministro eléctrico, el nodo central mantendrá su operatividad gracias a la alimentación proporcionada por la batería. Las especificaciones y la capacidad de la batería están expuestas con detalle en la *Tabla 8-4*. Los registros pertinentes a las pruebas realizadas se encuentran documentados en el **Anexo U**.

Tabla 8-4: Características de la batería del nodo central

Características	Valor
Voltaje	5V
Capacidad	2600mAh

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

En la *Tabla 9-4*, se presenta una descripción detallada de los niveles de consumo de corriente, tanto en condiciones normales como en condiciones de máxima demanda. Estos valores fueron obtenidos a partir de las pruebas efectuadas en el nodo central encargado de la visualización de la información.

Tabla 9-4: Consumo de corriente del nodo central

Consumo de corriente	Valor
Consumo normal	320mAh
Consumo máximo	1520mAh

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

En la *Tabla 10-4* se detalla la duración de la batería del nodo central, en caso de un corte en el suministro eléctrico, la batería será capaz de proveer energía a todos los componentes del nodo.

Tabla 10-4: Duración de la batería del nodo central

Duración	Horas
Mínimo	1.73h
Máximo	8h

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

4.7.3 Consumo de corriente de los nodos de detección de fugas de gas y humo

Los nodos encargados de detectar fugas de gas y humo están equipados con baterías recargables Hovxjzk de 9V, cada una con una capacidad de 1200mAh. Cada nodo opera de manera independiente y dispone de su propia batería recargable de 9V. Los valores específicos de voltaje y capacidad de la batería se encuentran detallados en la *Tabla 11-4*.

Tabla 11-4: Características de la batería Hovxjzk de detección de fugas de gas y humo

Características	Valor
Voltaje	9V
Capacidad	1200mAh

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

La *Tabla 12-4* presenta los valores correspondientes al consumo de corriente en condiciones normales y en máximas demandas, los cuales fueron obtenidos a partir de las pruebas ejecutadas en cada uno de los nodos dedicados a la detección de fugas de gas y humo.

Tabla 12-4: Consumo de corriente de los nodos de detección de fugas de gas y humo

Consumo de corriente	Valor
Consumo normal	200mAh
Consumo máximo	400mAh

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

La *Tabla 13-4* muestra la duración de las baterías recargables, las cuales suministran energía a todos los componentes de cada nodo correspondiente. El sistema Antifugas se compone de dos nodos destinados a la detección de fugas de gas y humo

Tabla 13-4: Duración de la batería de los nodos de detección de fugas de gas y humo

Duración	Horas
Mínimo	3h
Máximo	6h

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

4.8 Prueba de funcionalidad

Tras la finalización de las pruebas de validación de los sensores, la comunicación, el envío de datos y las notificaciones del sistema Antifugas, se procederá a llevar a cabo las pruebas generales

de funcionamiento. Estas pruebas tendrán lugar en una cocina doméstica situada en el barrio Liribamba, en el cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo, tal como se puede apreciar en la *Ilustración 26-4*.



Ilustración 26-4: Puesta en marcha del sistema Antifugas

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

Antes de dar inicio a las pruebas de funcionamiento, es fundamental contar con acceso a un proveedor de servicios de Internet. Cada uno de los nodos pertenecientes al sistema Antifugas requiere establecer una conexión a través de WiFi. Este proceso involucra la verificación mediante una contraseña que autoriza el acceso a la totalidad de la información almacenada en la base de datos, tal como se muestra en la *Ilustración 27-4* una conexión exitosa, exenta de cualquier tipo de error.



Ilustración 27-4: Comprobación de la comunicación del sistema Antifugas

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

Se llevó a cabo la verificación del peso real del cilindro de gas doméstico de 15 kg, así como la detección de posibles fugas de gas y humo en el entorno. Además, se evaluaron las notificaciones

generadas para alertar al usuario acerca de cada alerta detectada por el sistema. En la *Ilustración 28-4* se muestra el proceso de comprobación del funcionamiento del sistema Antifugas.



Ilustración 28-4: Pruebas de verificación del sistema Antifugas

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

Después de completar las pruebas de funcionamiento del sistema Antifugas y verificar su adecuado rendimiento conforme a los requisitos establecidos, se da constancia del buen funcionamiento y satisfactorio por parte del propietario de la cocina doméstica ubicada en la ciudad de Riobamba. Para corroborar esta afirmación, se puede hacer referencia al **Anexo V**, donde se encuentra la evidencia correspondiente.

4.9 Análisis económico del sistema Antifugas

En la *Tabla 14-4* se lleva a cabo el análisis de costos correspondiente al sistema Antifugas, revelando un costo total de \$622.00. El sistema está compuesto por diversos nodos, que abarcan el nodo de gas y peso, el nodo central y los nodos de detección de fugas de gas y humo.

Tabla 14-4: Evaluación económica del sistema Antifugas

Nodos	Componentes	Cantidad	Precio Unitario	Total
Control de gas y peso	Esp32 DEVKITC-32D	1	\$ 25.00	\$ 25.00
	Modulo HX711	1	\$ 5.00	\$ 5.00
	Celda de carga de 50Kg	4	\$ 7.00	\$ 28.00
	Sensor de gas MQ-5	1	\$ 5.00	\$ 5.00
	Relé de 5V	1	\$ 3.00	\$ 3.00

	Electroválvula solenoidal 2W-025-08	1	\$ 35.00	\$ 35.00
	Batería imuto de 100W	1	\$ 90.00	\$ 90.00
	Material estructural del prototipo	1	\$ 100.00	\$ 100.00
Costo total del nodo de gas y peso				\$ 291.00
Detección de fugas de gas y humo	WeMos D1 Mini Esp32	1	\$ 15.00	\$ 15.00
	Sensor de gas MQ-5	1	\$ 5.00	\$ 5.00
	Sensor de humo fotoeléctrico con sonido de alerta	1	\$ 24.00	\$ 24.00
	Batería recargable Hovxjzk de 9V	1	\$ 12.00	\$ 12.00
	Material estructural del nodo de detección de fugas de gas y humo	1	\$ 15.00	\$ 15.00
Costo total del nodo de detección de fugas de gas y humo				\$ 71.00
El sistema cuenta con dos nodos de detección de fugas de gas y humo				\$ 142.00
Central	Esp32 DEVKITC-32D	1	\$ 25.00	\$ 25.00
	WeMos D1 Mini Esp32	1	\$ 15.00	\$ 15.00
	Pantalla NEXTION NX3224F024 HMI	1	\$ 40.00	\$ 40.00
	Módulo de reproductor de MP3-TF-16P	1	\$ 5.00	\$ 5.00
	Parlantes Genius de 6w	1	\$ 15.00	\$ 15.00
	Batería Bilitong de 5V	1	\$ 13.00	\$ 13.00
	Material estructural del nodo central	1	\$ 16.00	\$ 16.00
Costo total del nodo central				\$ 129.00
Gastos totales de material				\$ 562.00

Elementos varios	\$ 60.00
TOTAL	\$ 622.00

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

Basándose en el valor integral del prototipo del sistema Antifugas, es factible generar una tabla de análisis de costo-beneficio que permita su comparación con el dispositivo electrónico diseñado por Guallichico Iza y Luis Mauricio. Este dispositivo se enfoca en el monitoreo, detección y control de fugas de gas (GLP) en contextos domésticos, particularmente en cilindros de gas de 5 kg (Guallichico Iza, 2019). En base a este análisis, se llega a la conclusión de que no existen prototipos comparables al proyecto en cuestión, el cual se enfoca en un cilindro de gas de 15 kg de uso doméstico.

Tabla 15-4: Comparativa entre el sistema Antifugas y el dispositivo electrónico

Características	Sistema Antifugas	Dispositivo electrónico
Parámetros monitoreados	Peso, gas GLP, humo y energía	Peso y gas GLP
Tecnología utilizada	WiFi, GSM	GSM
Nodos	Gas-peso, detección de fuga de gas y humo 1-2 y central de información	Peso y gas GLP
Aplicación	Si	Si
Envío de GSM	Si	Si
Localización GPS	Si	No
Interfaz gráfica HMI	Si	No
Control de fluido de gas	Si	Si
Base datos	Si	Si
Libertad de movimiento	Si	Si
Capacidad del cilindro de gas	15Kg	5Kg
Costo	\$622.00	\$681.23

Realizado por: Morocho Rolando, 2023

Basándose en los datos presentados en la *Tabla 15-4*, se evidenció que el costo del sistema Antifugas fue un 8.69% más económico en comparación con el dispositivo electrónico. Además, se destacaron ventajas adicionales, como la supervisión de un mayor número de parámetros, junto con una mayor cantidad de nodos incorporados en el sistema Antifugas. Por último, este sistema posibilita al usuario enviar un mensaje GSM que incluye la ubicación de la vivienda, con el propósito de facilitar la labor del proveedor del producto.

CONCLUSIONES

- Se diseñó y construyó un sistema Antifugas destinado al control, monitoreo y detección de fugas de gas y humo mediante tecnología IoT. Este sistema es completamente integrable con una red inalámbrica, lo que facilita el seguimiento de parámetros como el peso, las fugas de gas y la presencia de humo. Las notificaciones se generan en tiempo real a través de una aplicación móvil y una interfaz HMI, la cual tienen la responsabilidad de emitir alertas en caso de que se produzcan cambios en sus variables clave. Estas variables incluyen el peso del tanque, las fugas de gas, el humo, el nivel de batería de los nodos de detección de fugas de gas y la desconexión de la energía eléctrica.
- El sistema Antifugas se compone de etapas dedicadas a la adquisición de datos, control, almacenamiento, actuación y visualización de información, cada una desempeñando funciones específicas. Para las comunicaciones inalámbricas, se emplearon dos tecnologías: WiFi se utilizó para establecer comunicación con la base de datos y almacenar la información de los parámetros, mientras que la tecnología GSM se empleó para enviar mensajes con la ubicación del domicilio de manera eficiente.
- En base a las pruebas de validación de los sensores de peso, fugas de gas GLP y humo, se detectaron errores absolutos del 1.23% y 2.34%, respectivamente. Estos valores coinciden con los errores especificados en las hojas de datos de cada sensor. Además, se llegó a la conclusión de que el módulo no introdujo errores adicionales a los sensores durante el proceso de medición.
- En base a las pruebas de comunicación realizadas, se confirmó la existencia de una comunicación efectiva desde los nodos hacia la base de datos para su almacenamiento. Estas pruebas se llevaron a cabo utilizando el monitor serial de la versión 2.1.0 del IDE. También se verificó que la información recibida de los nodos se enviara correctamente a la base de datos y que todos los datos fueran visualizados de manera integral en el nodo central, tanto en la pantalla HMI como en la aplicación móvil.
- De acuerdo con las pruebas de envío de notificaciones de alerta a la aplicación móvil y a la pantalla HMI. Estas pruebas confirmaron un funcionamiento adecuado, ya que, al retirar y volver a colocar el cilindro de gas en el prototipo, se recibieron notificaciones de alerta de peso tanto en el dispositivo móvil como en el nodo central de información. De manera similar,

cuando se detectaban fugas de gas, las alertas correspondientes eran emitidas para el nodo 1 o 2, y en caso de detectar humo, se generaban alertas específicas para el nodo correspondiente. En resumen, se concluye que se logró cumplir con los requisitos establecidos en relación con la notificación al usuario.

- En base a las pruebas de consumo de corriente y duración de las baterías de cada nodo, se ha logrado medir con precisión el consumo de corriente de cada nodo. En el nodo de gas y peso, se observó un rango de consumo que osciló entre 170mAh y 520mAh, y su batería tuvo una duración máxima de 158 horas. En lo que respecta al nodo central, experimentaste un consumo mínimo de 320mAh y un máximo de 1520mAh, con una duración máxima de la batería de 8 horas. En el nodo de detección de fugas de gas y humo, el consumo de corriente se mantuvo en alrededor de 200mAh en condiciones normales, con un pico máximo de 400mAh, y la batería tuvo una duración máxima de 6 horas. Es relevante destacar que la duración de las baterías se inicia en el momento exacto en que se agota la energía eléctrica, haciendo uso de una fuente de respaldo de energía.
- En base al análisis económico realizado para la implementación del sistema Antifugas, se estableció un costo de \$622.00. A partir de esta evaluación, podemos concluir que este precio resulta un 8.69% más económico en comparación con el dispositivo electrónico de referencia. Además, es importante resaltar que el prototipo ofrece beneficios añadidos, como un mayor número de parámetros monitoreados, facilidad de movilidad y una mayor cantidad de nodos.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda incorporar tecnología de radiofrecuencia en el sistema como alternativa a la comunicación WiFi. Esto permitiría superar el desafío de la pérdida de conexión a Internet, que puede obstaculizar la actualización de los datos recolectados por los sensores en la base de datos. La tecnología de radiofrecuencia no afecta la capacidad de ancho de banda y no exige la implementación de una red inalámbrica dedicada.
- Se sugiere implementar un acondicionamiento de señal o un procedimiento para mitigar las vibraciones en el prototipo del sistema de peso. Esto resulta esencial, ya que las celdas de carga ubicadas en los cuatro extremos de la estructura son altamente sensibles y pueden captar tanto los movimientos del tanque como las vibraciones externas que afectan al prototipo.
- Desarrollar un mecanismo capaz de identificar el exceso de peso en la báscula, incluyendo cualquier carga que supere el peso estándar del cilindro de gas doméstico. Esto podría lograrse mediante la integración de amortiguadores que eliminen la influencia de pesos no apropiados en la báscula.
- Perfeccionar el prototipo mediante la incorporación de materiales innovadores y la optimización del diseño creado en el proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

ADRFORMACION. *Plataforma SolidWorks - ADR Formación* [blog]. 2023 [Consulta: 10 junio 2023]. Disponible en: https://www.adrformacion.com/knowledge/ingenieria-y-proyectos/_que_es_solidworks_.html.

AIREVITAL. *Válvula Solenoide Control Escape Gas 1 Pulgada* [blog].2019. [Consulta: 13 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.purificadordeaire.cl/productos/detectores-de-gases/valvula-solenoide-control-escape-gas-1-pulgada/>.

ALSIMET. *Diferencias entre el aluminio y el acero inoxidable* [blog].2022. [Consulta: 12 mayo 2023]. Disponible en: <http://www.alsimet.es/es/noticias/7-diferencias-entre-el-aluminio-y-el-acero-inoxidable>.

AMAZON. *Krisdonia Cargador de batería portátil para laptop de 50000 mAh 5/9/12/16/19/20 V* [blog]. 2023.[Consulta: 15 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.amazon.com/-/es/Krisdonia-Cargador-port%C3%A1til-smartphone-dispositivos/dp/B074N1B15F?th=1>.

AMAZON. (-b). *Detector de incendios con alarma de humo con tecnología fotoeléctrica y señal de batería baja* [blog]. 2023.[Consulta: 10 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.amazon.com/-/es/Detector-incendios-tecnolog%C3%ADa-fotoel%C3%A9ctrica-dormitorio/dp/B08WZB3X7C?th=1>.

AMAZON, -C. *DIYmalls BN-220 GPS Dual Glonass Módulo Nivel TTL Navegación + GPS* [blog].2023. [Consulta: 15 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.amazon.es/Beitian-Navegaci%C3%B3n-Raspberry-Betaflight-Wishiot/dp/B07Q19ZMH5>.

APPLICATTA, S. *Aplicaciones móviles. Applicatta* [blog].2022. [Consulta: 15 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.applicatta.cl/index.php/soluciones/aplicaciones-web/aplicaciones-moviles>.

ARCHILLA, F. *Batería AGM (Absorbent Glass Mat). Características y funcionamiento* [blog].2019. [Consulta: 15 mayo 2023]. Disponible en: <http://www.blogmecanicos.com/2016/03/bateria-agm-absorbent-glass-mat.html>.

ARDUINO. *Arduino - Home* [blog]. 2023. [Consulta: 20 agosto 2023]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/>.

AREATECNOLOGIA. *Relé* [blog].2022. [Consulta: 13 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/rele.html>.

ARIMETRICS. *¿Qué es Geolocalización?* [blog].2020. [Consulta: 15 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.arimetrics.com/glosario-digital/geolocalizacion>.

AWS. *¿Qué es un IDE? Amazon Web Services, Inc* [blog].2023. [Consulta: 10 junio 2023]. Disponible en: <https://aws.amazon.com/es/what-is/ide/>.

BASTIDAS VILLAMARIN, E.J. y MURILLO CONSTANTE, J.L., 2020. *Desarrollo de un wearable para gas de uso doméstico en una red IoT y Cloud* [en línea]. bachelorThesis. S.l.: s.n. [Consulta: 16 mayo 2023]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18291>.

CHURCHVILLE, F., 2020. *¿Qué es un Interfaz de Usuario? ComputerWeekly.es* [en línea]. [consulta: 12 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.computerweekly.com/es/definicion/Interfaz-de-usuario-UI>.

CISCO. *What Is a Wireless LAN (WLAN).* Cisco [blog].2023. [Consulta: 11 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.cisco.com/c/en/us/products/wireless/wireless-lan.html>.

CONTROL. *Definición de Control. Significados* [blog].2023. [Consulta: 11 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.significados.com/control/>.

DEL VALLE, L. *ESP8266 módulo WiFi para Arduino* [blog].2016. [Consulta: 12 mayo 2023]. Disponible en: <https://programarfacil.com/podcast/esp8266-wifi-coste-arduino/>.

DEVELOPER. *Introducción a Android Studio | Android Studio. Android Developers* [blog].2023. [Consulta: 15 mayo 2023]. Disponible en: <https://developer.android.com/studio/intro?hl=es-419>.

DIGITAL, L. *Tipos de Topología de red: malla, estrella, árbol, bus y anillo* [blog]. 2018. [Consulta: 11 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.locurainformaticadigital.com/2018/07/17/topologia-de-red-malla-estrella-arbol-bus-anillo/>.

DIPAC. *Varilla Corrugada.* DIPAC [blog].2022. [Consulta: 24 agosto 2023]. Disponible en: <https://dipacmanta.com/producto/perfiles/perfiles-laminados/varilla-corrugada/>.

DISTRITEC. *¿Qué es una electroválvula?* [blog].2021. [Consulta: 13 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.distritec.com.ar/que-es-una-electrovalvula-y-para-que-sirve/>.

DUALTRONICA. *Modulo GPS NEO-6M* [blog].2023. [Consulta: 15 mayo 2023]. Disponible en: <https://dualtronica.com/modulos/86-modulo-gps-neo-6m.html>.

ELECTRICFOR, E. *Control Todo / Nada (On / Off)* [blog].2021. [Consulta: 11 mayo 2023]. Disponible en: https://www.electricfor.es/es/18172/diccionario/Control-Todo-/-Nada-_On-/-Off_.htm.

ELECTRONICS. *DFPlayer Modulo reproductor. Talos Electronics* [blog].2023. [consulta: 15 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.taloselectronics.com/blogs/tutoriales/como-usar-dfplayer-modulo-reproductor-mp3-con-arduino>.

FEANDALUCIA. “Que es la comunicación inalámbrica”. Comunicación inalámbrica [en línea], 2010, (Madrid) vol. (6), pp. 15-22. [Consulta: 18 de junio de 2023]. Disponible en: <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd6785.pdf>.

FIBROACERO. *Cilindro de gas 15 Kg Azul.* FibroAcero S.A. [blog].2022. [Consulta: 20 agosto 2023]. Disponible en: <https://www.ecoline.com.ec/shop/product/659036-cilindro-de-gas-15-kg-azul-86>.

FLUTTER. *Flutter* [blog].2023. [Consulta: 15 mayo 2023]. Disponible en: [//flutter.dev/](https://flutter.dev/).

FORZA. *Batería Forza sellada 12V/9Ah* [blog].2023. [Consulta: 15 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.forzaups.com/es/productos/interna/FUB-1290-esp/>.

GISTGEAR. *TECHAMOR Detector de gas.* [blog].2023. [Consulta: 10 mayo 2023]. Disponible en: <https://gistgear.com/brand/TECHAMOR%7CToolsAndHomeImprovement>.

GPS. *Módulo GPS* [blog].2019. [Consulta: 15 mayo 2023]. Disponible en: <https://descubrearduino.com/modulo-gps/>.

GUALLICHICO IZA, L.M. DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO, DETECCIÓN Y CONTROL DE FUGAS DE GAS (GLP) PARA USO DOMÉSTICO [en línea]

(Trabajo de titulación). Universidad Tecnológica Israel bachelorThesis, Quito.2019. pp.20-60 [consulta: 16 mayo 2023]. Disponible en: <http://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/1911>.

GUEMISA. “CELULAS DE CARGA”. Galgas extensométricas [en línea], 2020, (Madrid) vol. (1), no. 2, pp. 1-10. [Consulta: 13 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.guemisa.com/peso/docus/celulas%20de%20carga.pdf>

GUERRA, J. *Arduino IDE en Windows Linux y Mac* [blog].2020. [Consulta: 10 junio 2023]. Disponible en: <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/arduino-ide/>.

ISAAC. *Android Studio: qué es y para qué sirve. Android* [blog].2022. [Consulta: 10 junio 2023]. Disponible en: <https://androidayuda.com/android-studio/>.

JUAN, D.S. *Detección de fugas – Revista Cero Grados* [blog].2014 [Consulta: 20 agosto 2023]. Disponible en: <https://0grados.com/deteccion-de-fugas/>.

KYES, J. *¿Qué significa GPS? Geotab* [blog].2020. [Consulta: 15 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.geotab.com/es-latam/blog/qué-significa-gps/>.

LEON, F. *Baterías LiPo, características. DynamoElectronics* [blog].2019. [Consulta: 15 mayo 2023]. Disponible en: <https://dynamoelectronics.com/baterias-lipo-caracteristicas-y-cuidados/>.

LLAMAS, L. *Detector de gases la familia de sensores MQ* [blog].2016. [Consulta: 17 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.luisllamas.es/arduino-detector-gas-mq/>.

LÓPEZ MORA, S. *Qué es Firebase: funcionalidades. DIGITAL55* [blog].2020. [Consulta: 11 junio 2023]. Disponible en: <https://digital55.com/blog/que-es-firebase-funcionalidades-ventajas-conclusiones/>.

MCI, E., 2023. *Modulo Reproductor MP3 DFPlayer Mini.* [en línea]. [consulta: 15 mayo 2023]. Disponible en: <https://mcielectronics.cl/shop/product/modulo-reproductor-mp3-dfplayer-mini/>.

MERCADO LIBRE. *Pantalla Nextion Hmi 3.5 Pulgadas Arduino Raspberry* [blog].2023. [consulta: 13 mayo 2023]. Disponible en: https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-521599515-pantalla-nextion-hmi-35-pulgadas-arduino-raspberry-_JM.

MERLIN, L. *Ubicación de detectores de humo, gases y CO2. Leroy Merlin - Bricolaje, Decoración, Hogar, Jardín* [blog].2022. [Consulta: 27 julio 2023]. Disponible en: <https://www.leroymerlin.es/ideas-y-consejos/consejos/donde-ubicar-detectores-de-humo-gases-y-co2.html>.

MERT KROM, G.S. *Chapa Galvanizada* [blog].2023. [Consulta: 24 agosto 2023]. Disponible en: https://www.mertkrom.com/es/arge/Que_es_una_Chapa_Galvanizada.

MIPSA. *Acero inoxidable. MIPS A | Metales Industriales de Puebla S.A. de C.V.* [blog].2023. [Consulta: 12 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.mipsa.com.mx/sabias-que/que-es-el-acero-inoxidable/>.

MOROCHO, R. *Sistema de Antifugas* [blog].2023. [Consulta: 12 mayo 2023]. Disponible en: rolando.morocho@esPOCH.edu.ec

MUJICA & SEQUERA, R.M. *Tipos de comunicación inalámbrica. Docentes 2.0* [blog].2022. [Consulta: 18 mayo 2023]. Disponible en: <https://blog.docentes20.com/2022/02/-tipos-de-comunicacion-inalambrica-docentes-2-0/>.

OROZCO, M. *Petroecuador ofrece gas natural para Gasvesubio, pese a oferta limitada. Primicias* [blog]. 2023.[Consulta: 19 agosto 2023]. Disponible en: <https://www.primicias.ec/noticias/economia/gasvesubio-industrializacion-gas-natural-ecuador/>.

PATRICK. *The Nextion Editor Guide. Nextion* [blog].2022. [Consulta: 11 junio 2023]. Disponible en: https://nextion.tech/editor_guide/.

PÉREZ, A. “Prevención de fugas en instalaciones”. Prevención de fugas en instalaciones (I): seguridad en proyecto [en línea], 2019, (España), (1), pp. 2-7. [Consulta: 20 agosto 2023]. Disponible en: https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp_363.pdf/bfebc086-0894-4bfc-812a-1e980e8872f1?version=1.1&t=1680164688999.

PÉREZ PORTO, G. *Monitoreo - Definicion.de. Definición.de* [blog]. 2018. [Consulta: 11 mayo 2023]. Disponible en: <https://definicion.de/monitoreo/>.

PRESTA, M. *Plataformas de desarrollo de aplicaciones* [blog].2021. [Consulta: 15 mayo 2023]. Disponible en: <https://blog.back4app.com/es/las-10-mejores-plataformas-de-desarrollo-de-aplicaciones/>.

QAIRLATTICE. *Válvula de acción directa* [blog].2023. [consulta: 23 mayo 2023]. Disponible en: https://www.qairlattice.com/index.php?main_page=product_info&products_id=775919.

RAMÍREZ PATAJALO, G.A. Diseño e implementación de un sistema para detección y monitoreo de la concentración de gas GLP mediante arreglo de sensores orientado al sector residencial [En línea] (Trabajo de titulación). (Carrera de Ingeniería Electrónica en Redes y Comunicación de Datos) S.l.: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí. 2016. pp. 18-40 [Consulta: 16 mayo 2023]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/12454>.

RASPBERRY PI. *Raspberry Pi* [blog].2023. [Consulta: 20 agosto 2023]. Disponible en: <https://www.raspberrypi.com/>.

RECLU IT. *Visual Studio Code* [blog].2021. [Consulta: 15 mayo 2023]. Disponible en: <https://recluit.com/que-es-visual-studio-code/#.ZGLnPXZBy00>.

REPTIL. *Relé Electromecánico. Industrias GSL* [blog].2021. [Consulta: 21 mayo 2023]. Disponible en: https://industriassgl.com/blogs/automatizacion/rele_electromecanico.

RODRIGO, A. *Raspberry Pi vs Arduino: características técnicas y diferencias.* *HardZone* [blog].2022. [Consulta: 12 mayo 2023]. Disponible en: <https://hardzone.es/reportajes/comparativas/raspberry-pi-vs-arduino/>.

ROSE, K., ELDRIDGE, S. & CHAPIN, L. *INTERNET DE LAS COSAS.* [blog].2015. Disponible en: <https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2017/09/report-InternetOfThings-20160817-es-1.pdf>.

RUEDA RODRÍGUEZ, O. & CRISTANCHO, A.B., 2004. Diseño y construcción de un sistema detector de fugas de gas natural. *Ingeniería en Automatización* [blog], Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_automatizacion/500.

SALCEDO, V. *El gas natural y sus diferencias con el GLP* [blog].2012. [Consulta: 15 julio 2023]. Disponible en: <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/hm000661.pdf>.

SECRETARÍA DE GESTIÓN DE RIESGOS. *Bomberos explican los peligros a los que se expone la familia al tener un GLP en su hogar – Secretaría de Gestión de Riesgos* [blog].2023. [Consulta: 19 agosto 2023]. Disponible en: <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/bomberos-explican-los-peligros-a-los-que-se-expone-la-familia-al-tener-un-glp-en-su-hogar/>.

SECURAME. *Baterías de Li-Ion: Ventajas y desventajas* [blog].2014. [Consulta: 15 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.securame.com/blog/baterias-de-li-ion-ventajas-desventajas-y-mantenimiento/>.

SEOCLICK. *Funcionamiento de las electroválvulas. Hidroconta* [blog].2023. [Consulta: 23 mayo 2023]. Disponible en: <https://hidroconta.com/como-funcionan-las-electrovalvulas-y-su-importancia-en-la-industria/>.

S&P. *Detector de presencia: cómo funciona y cómo se conecta | S&P. S&P Sistemas de Ventilación* [blog].2019. [Consulta: 11 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/detector-de-presencia-como-funciona-y-como-se-conecta/>.

SYDLE. *BaaS: ¿Qué es el Backend as a Service? Blog SYDLE* [blog].2021. [Consulta: 15 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.sydle.com/es/blog/baas-backend-as-a-service-61855576830b254194a452ca/>.

TIPOS DE CELDAS, C. “Tipos de carga” Tipos de Celdas de carga. [en línea], 2020, (Madrid) (1), pp. 12-20. [Consulta: 13 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.acomee.com.mx/clasificaciones/CELDAS%20DE%20CARGA.pdf>.

TORANZOS, M. *Accidentes por gas doméstico* [blog].2021. [Consulta: 16 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.expreso.ec/quito/accidentes-gas-domestico-peligro-aumento-104314.html>.

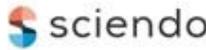
VALLE HERNÁNDEZ, L. *ESP32. Programador* [blog].2022. [Consulta: 12 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.programadornovato.com/esp32-que-es-y-para-que-sirve/>.

VOLTIONE. *Qué es un Relé y Tipos de Relés. Voltione* [blog].2023. [Consulta: 21 mayo 2023]. Disponible en: <https://voltione.com/pages/que-es-rele>.

WEERG, S. *Aluminio Características y propiedades* [blog].2022. [Consulta: 12 mayo 2023].
Disponible en: <https://www.weerg.com/es/guias/aluminio-que-es-propiedades-caracteristicas>.

ANEXOS

Anexo A: Hoja de datos del ESP32


 Publish with us
 Subjects ▾

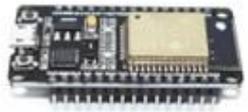
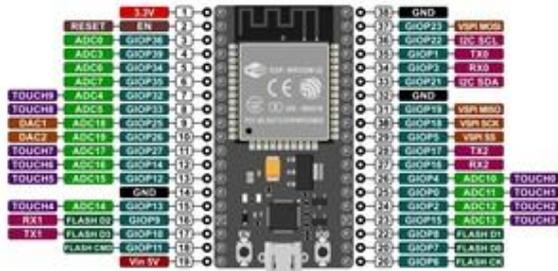


Figure 2. ESP32 development board.

The ESP32 microcontroller (Figure 2) is developed by Espressif System and is a SoC (System on Chip) type microcontroller. This microcontroller is the successor to the ESP8266 and is available for sale in single core and dual core variants. The microprocessor used for the ESP32 microcontroller is called Tensilica Extensa LX6, thus microprocessor has a 32-bit architecture and comes with integrated technologies such as Wi-Fi and Bluetooth. The Tensilica Extensa LX6 microprocessor is manufactured using a 40 nm technology which makes this processor efficient with a very low power consumption and thus facilitates the development of applications that are powered by batteries. The microcontroller also has integrated RF components, among these components are a power amplifier, a reception amplifier, an antenna switch and filters. For a hardware design around the ESP32 microcontroller, few external components are needed.

ESP32 specifications:

- 520 KB SRAM memory
- 448 KB ROM memory
- 16 KB RTC SRAM memory
- Connectivity: Wi-Fi 802.11 b/g/n, Bluetooth 4.2
- GPIO pins: 34
- 12-bit ADC SAR: 18
- 8-bit DAC: 2
- Serial connectivity: SPI, I2C, I2S, UART
- PWM pins: 16



Anexo B: Hoja de datos del ESP32 Wemos D1 Mini



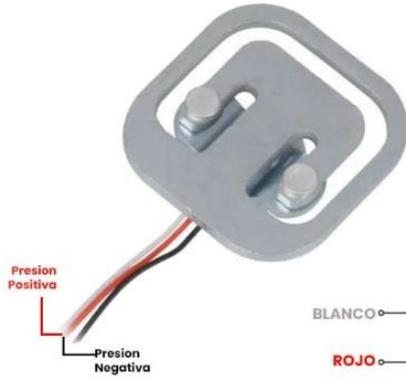
Technische Daten:

- Betriebsspannung über USB: **5V DC**
- Betriebsspannung: **3,3V DC**
- Dual-core Tensilica LX6 Mikroprozessor
- **Bis zu 240MHz Taktfrequenz**
- Modul: **ESP32-WROOM-32 / ESP32-WROOM-32D**
- Chipsatz: **ESP32-D0WDQ6 / ESP32-D0WD**
- USB-TTL: **CH9102X**
- GPIO: **32**
- ADC: **4**
- DAC: **1**
- **BT v4.2 (BR/EDR/BLE)**
- **Eingebaute PCB-Antenne**
- **OM: 448 KB – SRAM: 520 KB**
- **WiFi: 2,4 GHz**
- **Integrierter 802.11 BGN WiFi Transceiver**
- **Größe: 39 mm x 31,36 mm**
- **Gewicht: 12g**

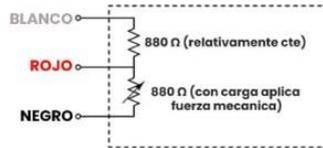
Anexo D: Hoja de datos del sensor de peso de 50Kg



PINOUT Celda de Carga Sen-10245



**SOPORTA
50kg / 110 lb**

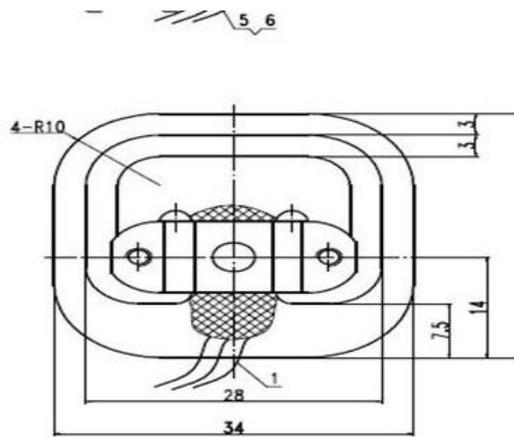


Capacity	kg	40-50
Comprehensive Error	mv/v	0.05
Output Sensitivity	mv/v	1.0±0.1
Nonlinearity	%FS	0.03
Repeatability	%FS	0.03
Hysteresis	%FS	0.03
Creep	(3min)%FS	0.03
Zero Drift	(1min)%FS	0.03
Temp. Effect on Zero	%FS/10°C	1
Temp. Effect on Output	%FS/10°C	0.05
Zero Output	mV/V	±0.1
Input Resistance	Ω	1000±20
Output Resistance	Ω	1000±20
Insulation Resistance	MΩ	≥5000
Excitation Voltage	V	≤10
Operation Temp. Range	°C	0-+50
Overload Capacity	%FS	150

[HTTP://WWW...](http://www...)



REF PIC



Load range	Dimension reference			
	10kg	30kg	50kg	75kg
H1	1.5	2	2.5	3
H2	6.8	7.3	7.8	8.3
Rated output:	0.5±0.15mv/v	1.0±0.15mv/v	1.0±0.15mv/v	1.0±0.15mv/v

Anexo E: Hoja de datos del sensor de gas MQ-5

HANWEI ELECTRONICS CO.,LTD

MQ-5

http://www.hwsensor.com

TECHNICAL DATA

MQ-5 GAS SENSOR

FEATURES

- * High sensitivity to LPG, natural gas , town gas
- * Small sensitivity to alcohol, smoke.
- * Fast response . * Stable and long life * Simple drive circuit

APPLICATION

They are used in gas leakage detecting equipments in family and industry, are suitable for detecting of LPG, natural gas , town gas, avoid the noise of alcohol and cooking fumes and cigarette smoke.

SPECIFICATIONS

A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
Vc	Circuit voltage	5V±0.1	AC OR DC
Vh	Heating voltage	5V±0.1	ACOR DC
Pl	Load resistance	20KΩ	
Rh	Heater resistance	31±10%	Room Tem
Ph	Heating consumption	less than 800mw	

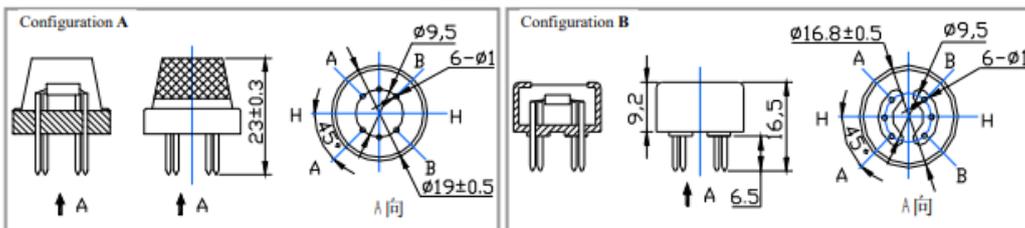
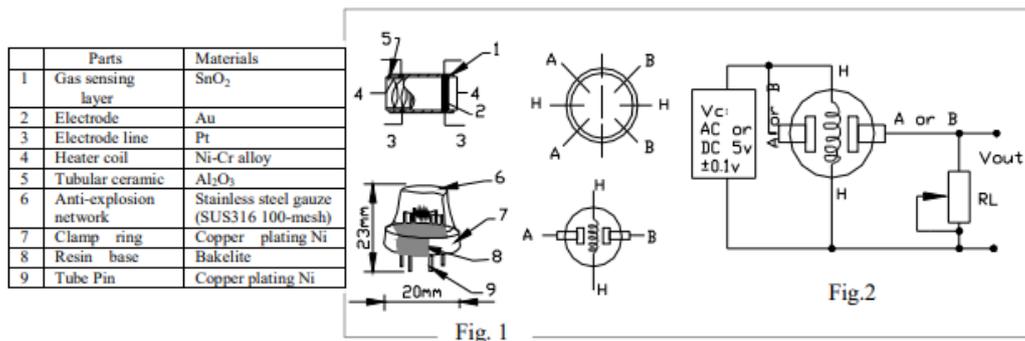
B. Environment condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
Tao	Using Tem	-10°C-50°C	
Tas	Storage Tem	-20°C-70°C	
Rh	Related humidity	less than 95%Rh	
O ₂	Oxygen concentration	21%(standard condition)Oxygen concentration can affect sensitivity	minimum value is over 2%

C. Sensitivity characteristic

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Remarks
Rs	Sensing Resistance	10KΩ- 60KΩ (5000ppm methane)	Detecting concentration scope: 200-10000ppm LPG,LNG Natural gas, iso-butane, propane Town gas
α	Concentration slope rate	≤0.6	
Standard detecting condition		Temp: 20°C±2°C Vc:5V±0.1 Humidity: 65%±5% Vh: 5V±0.1	
Preheat time		Over 24 hour	

D. Strucyre and configuration, basic measuring circuit



Structure and configuration of MQ-5 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration A or B), sensor composed by

Anexo F: Hoja de datos de la Electroválvula solenoidal 2W-025-08

2W Stainless Steel Series 2-Way Direct Acting Solenoid Valve Normally Closed

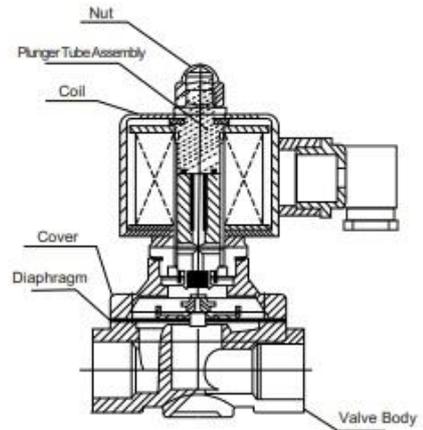
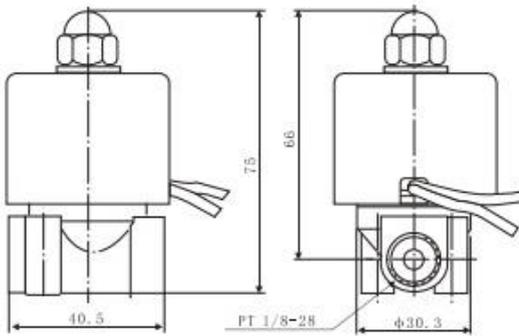
● The Professional Solenoid Valves Manufactory



Specifications

Model code	2W025-08B	2W025-08S	2W045-11B	2W100-10B	2W160-15B	2W210-20B	2W260-25B	2W320-32B	2W410-41B	2W500-50B
Symbol										
Fluid Media	Air, Water, Oil, Gas									
Operating Mode	Direct Acting									
Type	Normally Closed									
Orifice	2.5	4	16	20	25	35	40	50		
Cv Factor	0.23	0.6	4.8	7.6	12	24	28	48		
Pipe Size	1/8"	1/4"	3/8"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
Viscosity	Under 2100CS									
Operating Pressure	Water: 7 Bar / 100PSI / 5									
Fluid Temp.	-5~80°C									
Available Voltage	+10%, AC/220V, 110V, DC/24V, Contact the factory for Others									
Body Material	S.S.304 (S.S.316 Special Water)									
Seals Material	NBR or Viton									

Construction External Dimensions Chart



Anexo G: Hoja de datos del Relé de 5V

RG Rajguru Electronics (I) Pvt. Ltd.

1 Channel Relay Board With High/Low Level Trigger



It is Compact relay module with screw terminals for your switched devices

- Normally Open (NO) and Normally Closed (NC) contacts
- Configurable high or low level trigger with jumper -- can be used on all 6 outputs
- Red indicator LED when relay is activated
- Powered by 5V directly from the Relay board NodeMCU base

FEATURES:

- Module uses genuine quality relay, normally open interfaces Maximum load: AC 250V/10A, DC 30V/10A;
- Using SMD optocoupler isolation, driving ability, stable performance; trigger current 5mA;
- The module Operating voltage 5V;
- The module can be high or low by a jumper setting trigger;
- Fault-tolerant design, even if the control line is broken, the relay will not operate;
- The power indicator (green), the relay status indicator (red)

RG Rajguru Electronics (I) Pvt. Ltd.

- The interface design of human nature, all interfaces are available through a direct connection terminal leads, very convenient
- Module size: 50mm*26mm*18.5mm (L*W*H)

FUNCTIONAL DESCRIPTION:

- A relay is a type of switch that can be controlled with an electrical signal. It is a way to open or close a circuit in this case via a signal from the Connected microcontroller. The relay isolates the circuit on the device you want to control from the device that's controlling it.
- Low-level triggered will allow the current to go through the power line when the control signal is below a certain voltage.
- High-level triggered will allow the current to go through the power line when the control signal is above a certain voltage.
- Power/trigger side of the relay. In the case of this relay board , we power 5v DC relays through the connected Add-on board and use another wire to trigger it on/off. Without this side you would be unable to control the relay.
- Switched (NO/NC) side of the relay. On the other side of the relay you are passing current that can be switch on/off. You can either set up the relay to be Normally Open - meaning that circuit is not completed & current is not flowing until you switch it. Or you can set it up as Normally Closed - meaning that the circuit is complete and current is flowing until you switch it.

CONNECTIVITY:

Wiring the Power/Trigger Side:

- 5v Connected goes to VCC Relay
- GND Connected goes to GND Relay

RG Rajguru Electronics (I) Pvt. Ltd.

- Zone or Out Connected (depending on which zone you are using to trigger the relay) goes to IN

Wiring the Switch Side:

- You will always have a wire in the COM (Center Connector) With the switch side pointing up;
- NO will be on the right of center (Noted by NO or a broken line)
- NC will be on the left of center (Noted by NC or an unbroken line)

PIN FUNCTION:

- There are only 5 pins/zones on the Connected boards that can support both high & low-level trigger relays
- DIY Boards: D1, D2, D5, D6 & D7 on the DIY
- Production Boards: Zones 1-5 on the production boards.
- Pin RX and Out can support high level triggers ONLY.
- The Maximum voltage that can pass through the Switched (NO/NC) side of the relays is written on them.

PACKAGE INCLUDES:

1x 1 Channel Relay Board With High/Low Level Trigger

Anexo H: Hoja de datos del módulo del reproductor MP3

MP3-TF-16P
MINI REPRODUCTOR MP3 DFPLAYER PARA ARDUINO

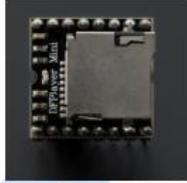


Descripción:
El Mini Reproductor MP3 DFPlayer para Arduino es un módulo MP3 pequeño y de bajo precio con una salida simplificada directamente al altavoz. El módulo se puede utilizar como un módulo independiente con batería, altavoz y pulsadores adjuntos o se puede utilizar en combinación con un Arduino UNO o cualquier otro con capacidades RX / TX.

Especificaciones:

- Frecuencias de muestreo admitidas (kHz): 8 / 11.025 / 12/16 / 22.05 / 24/32 / 44.1 / 48
- Salida DAC de 24 bits, soporte para rango dinámico 90dB, soporte SNR 85dB
- Totalmente compatible con FAT16, sistema de archivos FAT32, soporte máximo 32G de la tarjeta TF, soporte 32G de disco U, 64M bytes NORFLASH
- Una variedad de modos de control, modo de control de E / S, modo de serie, modo de control de botón AD
- Función de espera de sonido publicitario, la música se puede suspender. Cuando se acaba la publicidad en la música sigue sonando
- Datos de audio ordenados por carpeta, admite hasta 100 carpetas, cada carpeta puede contener hasta 255 canciones
- Volumen ajustable de 30 niveles, ecualizador de 6 niveles ajustable

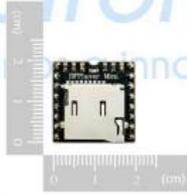




Aplicaciones

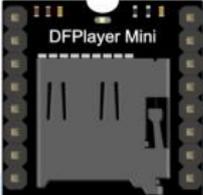
- Difusión de voz de navegación para automóviles
- Inspectores de transporte por carretera, avisos de voz de las estaciones de peaje
- Estación de tren, indicaciones de voz de inspección de seguridad de autobuses
- Electricidad, comunicaciones, avisos de voz de la sala de negocios financieros
- El vehículo que entra y sale del canal verifica que las indicaciones de voz
- Las indicaciones de voz del canal de control de fronteras de seguridad pública
- Alarma de voz multicanal o voz de guía de operación del equipo
- Avisos de voz de conducción segura del coche eléctrico turístico
- Alarma de falla de equipo electromecánico
- Avisos de voz de alarma contra incendios
- El equipo de transmisión automática, transmisión regular

Dimensiones





Mapa de Pines



Pin	Descripción	Nota
VCC	Voltaje de entrada	CD3.2-5.0 V; Tipo: CD4.2 V
RX	Entrada serie UART	
TX	Salida serial UART	
DAC_R	Salida de audio del canal derecho	Conductor de auricular y amplificador
DAC_L	Salida de audio del canal izquierdo	Conductor de auricular y amplificador
SPK2	Altavoz	Conductor del altavoz menor a 3 W
GND	Tierra	Conexión a Tierra
SPK1	Altavoz	Conductor del altavoz menor a 3 W
IO1	Puerto de disparo 1	Pulso corto para reproducir anterior (pulso largo para disminuir volumen)
GND	Tierra	Conexión a Tierra
IO2	Puerto de disparo 2	Pulso corto para reproducir siguiente (pulso largo para aumentar volumen)
ADKEY1	Puerto AD 1	Disparo de reproducción primer segmento
ADKEY2	Puerto AD 2	Disparo de reproducción quinto segmento
USB+	USB+ DP	Puerto USB
USB-	USB- DM	Puerto USB
BUSY	Estado de reproducción	Bajo representa reproduciendo/Alto representa no reproducción



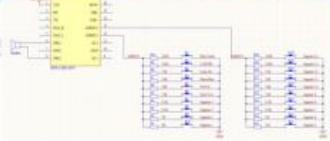


Modo de trabajo

1. Modo serial
Soporte para el modo de comunicación en serie asíncrona a través de comandos de envío en serie de PC
Estándar de comunicación: 9600 bps
Bits de datos: 1
Comprobación: Ninguno
Control de flujo: Ninguno

2. Modo Llave AD
Usamos las teclas del módulo AD, en lugar del método tradicional de conexión de teclado matricial, es para aprovechar la funcionalidad MCU AD cada vez más poderosa, configuración predeterminada de nuestro módulo 2 puertos AD, distribución de resistencia de 20 teclas.

Diagrama de referencia:





Anexo I: Hoja de datos del módulo del HX711



HX711

24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales

DESCRIPTION

Based on Avia Semiconductor's patented technology, HX711 is a precision 24-bit analog-to-digital converter (ADC) designed for weigh scales and industrial control applications to interface directly with a bridge sensor.

The input multiplexer selects either Channel A or B differential input to the low-noise programmable gain amplifier (PGA). Channel A can be programmed with a gain of 128 or 64, corresponding to a full-scale differential input voltage of $\pm 20\text{mV}$ or $\pm 40\text{mV}$ respectively, when a 5V supply is connected to AVDD analog power supply pin. Channel B has a fixed gain of 32. On-chip power supply regulator eliminates the need for an external supply regulator to provide analog power for the ADC and the sensor. Clock input is flexible. It can be from an external clock source, a crystal, or the on-chip oscillator that does not require any external component. On-chip power-on-reset circuitry simplifies digital interface initialization.

There is no programming needed for the internal registers. All controls to the HX711 are through the pins.

FEATURES

- Two selectable differential input channels
- On-chip active low noise PGA with selectable gain of 32, 64 and 128
- On-chip power supply regulator for load-cell and ADC analog power supply
- On-chip oscillator requiring no external component with optional external crystal
- On-chip power-on-reset
- Simple digital control and serial interface: pin-driven controls, no programming needed
- Selectable 10SPS or 80SPS output data rate
- Simultaneous 50 and 60Hz supply rejection
- Current consumption including on-chip analog power supply regulator:
 - normal operation < 1.5mA, power down < 1nA
- Operation supply voltage range: 2.6 ~ 5.5V
- Operation temperature range: -40 ~ +85°C
- 16 pin SOP-16 package

APPLICATIONS

- Weigh Scales
- Industrial Process Control

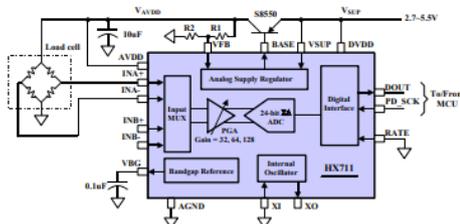


Fig. 1 Typical weigh scale application block diagram



HX711

Pin Description

Regulator Power	VSUP	1	16	DVDD	Digital Power
Regulator Control Output	BASE	2	15	RATE	Output Data Rate Control Input
Analog Power	AVDD	3	14	XI	Crystal I/O and External Clock Input
Regulator Control Input	VFB	4	13	XO	Crystal I/O
Analog Ground	AGND	5	12	DOUT	Serial Data Output
Reference Bypass	VBG	6	11	PD_SCK	Power Down and Serial Clock Input
Ch. A Negative Input	INNA	7	10	INPB	Ch. B Positive Input
Ch. A Positive Input	INPA	8	9	INNB	Ch. B Negative Input

SOP-16L Package

Pin #	Name	Function	Description
1	VSUP	Power	Regulator supply: 2.7 ~ 5.5V
2	BASE	Analog Output	Regulator control output (NC when not used)
3	AVDD	Power	Analog supply: 2.6 ~ 5.5V
4	VFB	Analog Input	Regulator control input (connect to AGND when not used)
5	AGND	Ground	Analog Ground
6	VBG	Analog Output	Reference bypass output
7	INA-	Analog Input	Channel A negative input
8	INA+	Analog Input	Channel A positive input
9	INB-	Analog Input	Channel B negative input
10	INB+	Analog Input	Channel B positive input
11	PD_SCK	Digital Input	Power down control (high active) and serial clock input
12	DOUT	Digital Output	Serial data output
13	XO	Digital I/O	Crystal I/O (NC when not used)
14	XI	Digital Input	Crystal I/O or external clock input, 0: use on-chip oscillator
15	RATE	Digital Input	Output data rate control, 0: 10Hz; 1: 80Hz
16	DVDD	Power	Digital supply: 2.6 ~ 5.5V

Table 1 Pin Description



HX711

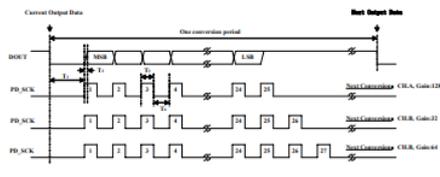


Fig. 2 Data output, input and gain selection timing and control

Symbol	Note	MIN	TYP	MAX	Unit
T ₁	DOUT falling edge to PD_SCK rising edge	0.1			µs
T ₂	PD_SCK rising edge to DOUT data ready		0.1		µs
T ₃	PD_SCK high time	0.2	1	50	µs
T ₄	PD_SCK low time	0.2	1		µs

Reset and Power-Down

When chip is powered up, on-chip power on reset circuitry will reset the chip.

Pin PD_SCK input is used to power down the HX711. When PD_SCK input is low, chip is in normal working mode.



Fig. 3 Power down control

When PD_SCK pin changes from low to high and stays at high for longer than 60µs, HX711 enters power down mode (Fig.3). When internal regulator is used for HX711 and the external transducer, both HX711 and the transducer will be

powered down. When PD_SCK returns to low, chip will reset and enter normal operation mode.

After a reset or power-down event, input selection is default to Channel A with a gain of 128.

Application Example

Fig. 1 is a typical weigh scale application using HX711. It uses on-chip oscillator (XI=0), 10Hz output data rate (RATE=0). A single power supply (2.7~5.5V) comes directly from MCU power supply. Channel B can be used for battery level detection. The related circuitry is not shown on Fig. 1.

Reference PCB Board (Single Layer)

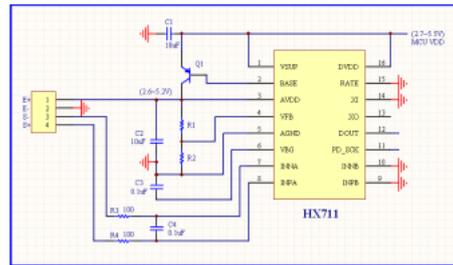


Fig. 4 Reference PCB board schematic

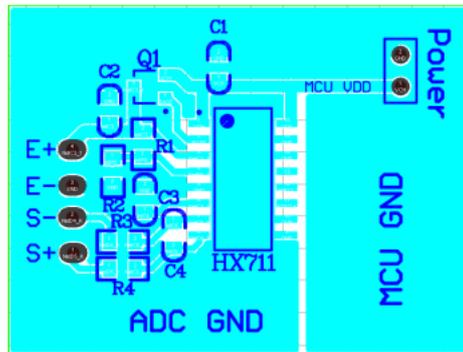


Fig. 5 Reference PCB board layout

Anexo J: Hoja de datos del Interfaz NEXTION NX3224F024 HMI



NX3224T024

- Overview
- Nextion Models
- Specifications
- Electronic Characteristics
- Working Environment & Reliability Parameter
- Interfaces Performance
- Memory Features
- Product Dimensions



Overview

Nextion is a seamless Human Machine Interface (HMI) solution that provides a control and visualisation interface between a human and a process, machine, application or appliance. Nextion is mainly applied to IoT or consumer electronics field. It is the best solution to replace the traditional LCD and LED Nixie tube. With the Nextion Editor software ([Official Download](#)), users are able to create and design their own interfaces for Nextion display.

Package includes: Nextion Display, connecting wire, a power supply test board.

Go Shopping: [NX3224T024 \(IM150416002\)](#)

Note: the small power supply test board and connecting wire inside the package allow you to test if the electrical supply is enough or not. See the image below on how to use it.



Specifications

	Data	Description
Color	64K 65536 colors	16 bit 565, 5R-6G-5B
Layout size	74.4 (L)×42.9 (W)×4.6 (H)	NX3224T024_011N
	74.4 (L)×42.9 (W)×5.8 (H)	NX3224T024_011R
Active Area (A.A.)	60.26mm(L)×42.72mm(W)	
Visual Area (V.A.)	48.96mm(L)×36.72mm(W)	
Resolution	320×240 pixel	Also can be set as 240×320
Touch type	Resistive	
Touches	> 1 million	
Backlight	LED	
Backlight lifetime (Average)	>30,000 Hours	
Brightness	200nit (NX3224T024_011N)	0% to 100%, the interval of adjustment is 1%
	180 nit (NX3224T024_011R)	0% to 100%, the interval of adjustment is 1%
Weight	20g (NX3224T024_011N)	
	25.8g (NX3224T024_011R)	

Electronic Characteristics

	Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit
Operating Voltage		4.75	5	7	V
Operating Current	VCC=+5V, Brightness is 100%	-	90	-	mA
	SLEEP Mode	-	15	-	mA

Power supply recommend: 5V, 500mA, DC

Working Environment & Reliability Parameter

	Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit
Working Temperature	5V, Humidity 60%	-20	25	70	°C
Storage Temperature		-30	25	85	°C
Working Humidity	25°C	10%	60%	90%	RH

Anexo K: Hoja de datos de la batería imuto X6G 100W

Recharge 8x Faster

imuto 100W 27200mAh **1.5 hrs**

Other 5V/2A 26800mAh **12 hrs**

PD3.0

100W Fast Charging

imuto Adventurer Provides up to 100W of fast charging power, so can charge your portable devices fast then ever.

1 Type-C

100W PD Input/Output

2 Type-C

60W PD Input/Output

3 USB-A

18W QC Output

4 USB-A

15W QC Output

About this item

- **100 W USB-C power delivery:** the bi-directional USB-C port can be used both as an input and as an output. PD 100W power bank can charge your 15" inch MacBook Pro 2019 in 1.5 hours from 0% to 100% and can be fully charged within 1.5 hours with a 100W wall charger and the 100W USB-C cable (only 100W cable is included). It is 3 times faster than ordinary 5V/2A power bank.
- **Universal compatibility and low-power charging:** the powerful external USB-C battery is perfect for laptops such as MacBook Pro, Chromebook, Surface Book, Dell XPS 13 and 15, etc. Benefit from Unique X-Charging Mode - The special low current charging mode can provide a long-term, safe charging of only 1mA for wireless headphones, sports watches and other portable devices via the USB-A port. (Double click the button to activate the X-charging mode, the LED display shows an "X")
- **Multiple ports, more options:** equipped with two Type-C PD ports (100W & 60W) and two USB-A ports (15W & QC3.0 18W). Both USB-C 100W and 60W are input and output ports, two options for charging. Four outputs allow you to quickly charge two laptops or tablets and two mobile devices at the same time (total power max. 138 W). 100W Power Delivery allows you to charge a laptop at high speed.
- **High capacity and smart digital screen:** the 27200 mAh laptop power bank keeps you powered on the go. It can extend the battery life of a 15" inch MacBook Pro by 8 hours or charge the iPhone 14 3-7 times. The Smart Digital Screen shows the remaining power in digital format and is hidden until activation, so you no longer have to guess whether you need to charge it or not.
- **What you get:** 1 x smart power X6G portable charger power bank, 1 x 100W USB-C to USB-C cable, 1 x waterproof bag, 1 x user manual (English language not guaranteed).

USB C1 input:	5V-20V/100W
USB C2 input:	5V-20V/60W
Output:	USB C1 100W(Max); USB C2 60W(Max); USB A1 QC3.0 18W(Max); USB A2 15W(Max)
Total power:	USB-C1+USB-C2+USB-A1 (60W+60W+18W), 138W Max
Rated capacity:	27200 mAh
Size:	116*81*42mm

Peso del producto	700 g
Dimensiones del producto	11,6 x 8,1 x 4,2 cm; 700 gramos
Pilas	1 Litio Ion necesaria(s), incluida(s)
Características especiales	Pantalla digital
Color	NX6G-27200

Anexo L: Hoja de datos de la batería recargable Hovxjzk de 9V

AliExpress



Hovxjzk™ **1200mAh**

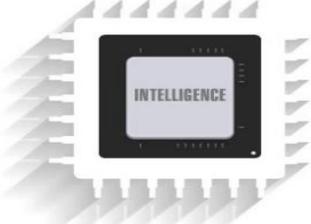
- Brand: Hovxjzk
- Model: 9V lithium Rechargeable Battery
- Voltage: 9V
- Capacity: 1200mAh
- Batteries: Lithium polymer battery
- Size: 49mm*26mm*17mm
- Interface: Micro-USB
- Applicable to: toys, massagers, multimeters, walkie-talkie, metal detector, etc.

brand:	HOVXJK
Product model:	9V 1200mAh
Product Name:	USB rechargeable lithium battery
Battery characteristics:	Economical and durable, with small internal resistance, it can supply high current to the load at fast speed (high current discharge)
Battery voltage:	8.4v, stable discharge and fast return
Battery temperature:	Service temperature: - 20 °C - 60 °C
Battery weight:	27g

AliExpress

Intelligent lithium battery cell protection

Intelligent lithium battery chip,
stable output, long endurance



- Overcharge protection
- Overcurrent protection
- Temperature protection
- Overvoltage protection
- Short circuit protection

9V USB

Rechargeable lithium battery

No charger required | Android data cable can be charged

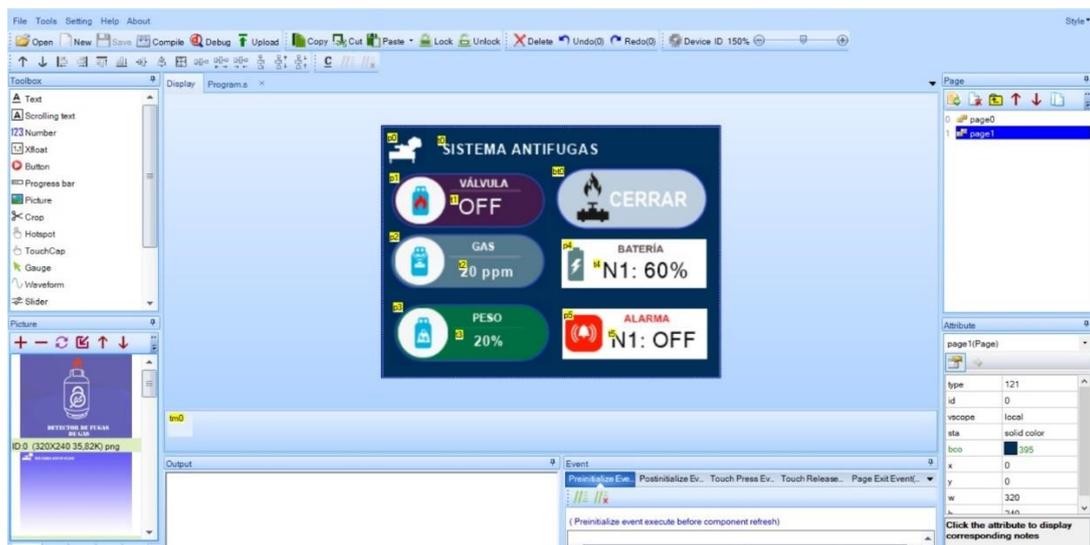
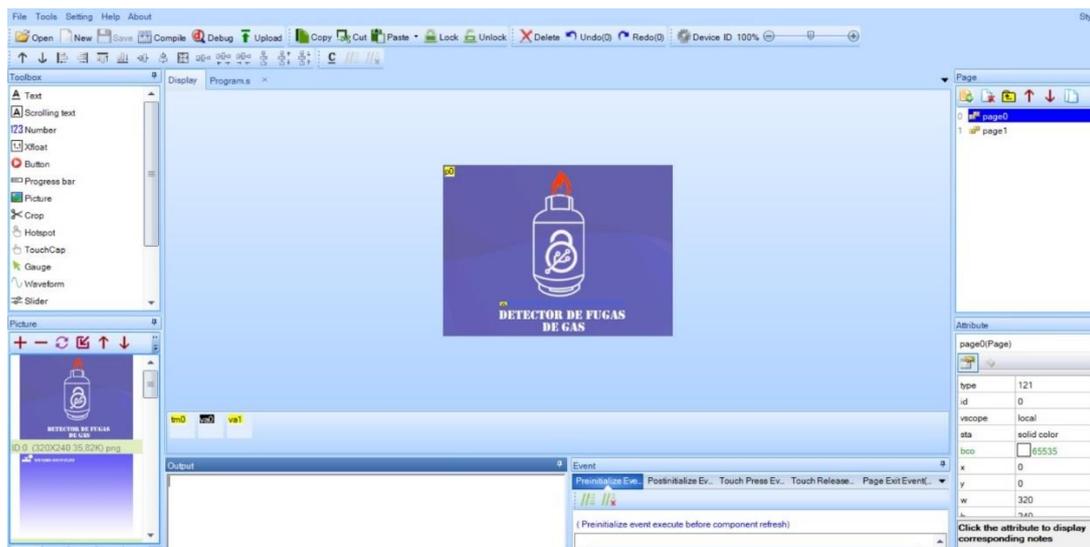


- USB charging
- Widely used
- Safety (explosion-proof)
- Environmental protection and safety
- Recycling

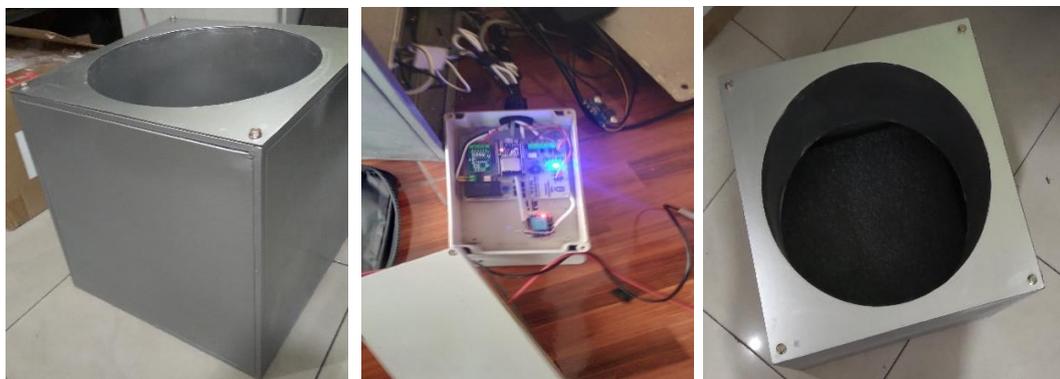

```
peso | Arduino IDE 2.1.0
File Edit Sketch Tools Help
Select Board
peso.ino
400 int dato2 = digitalRead(pin2); // Leer el estado del pin (HIGH o LOW)
401 //Serial.println(dato2); // Imprimir el valor leído en el monitor serial
402 int dato = digitalRead(pin); // Leer el estado del pin (HIGH o LOW)
403 //Serial.println(scale.get_units(), 1); //scale.get_units() returns a float
404 float p = abs(scale.get_units());
405 p = p - 32;
406 if (p < 0) {
407     p = 0;
408 }
409 peso = p * 0.453592;
410 float p1 = peso * 0.83;
411 int porc = map(p1, 16, 29, 0, 100);
412 if (porc <= 0) {
413     porc = 0;
414 }
415 if (porc >= 100) {
416     porc = 100;
417 }
418 Serial.println("Re: " + String(scale.get_units()) + ", p: " + String(p) + ", p1: " + String(peso) + ", peso: " + String(p1) + " kg" + ", PORCE: " + String(porc)
419 // Crear un objeto FirebaseJson para almacenar los datos
420 //FirebaseJson json;
421 if (dato2 == 1) {
422     dato2 = 100;
423 }
424 if (dato2 == 0) {
425     dato2 = 0;
426 }
427 // Asignar los datos al objeto FirebaseJson
428 //json.set("Bateria", String(dato2));
429
Output
Missing FQBN (Fully Qualified Board Name)
Ln 6, Col 21 X No board selected
```

```
peso | Arduino IDE 2.1.0
File Edit Sketch Tools Help
Select Board
peso.ino
484 WiFiClientSecure* client1 = new WiFiClientSecure;
485 client1->setInsecure(); //don't use SSL certificate
486 HTTPClient http1; //Declare object of class HTTPClient
487
488 String postData;
489 postData = "TITULO=" + titulo + "&SMS=" + mensaje;
490
491 if (http1.begin(*client1, "https://smartelectronics-riobamba.com/ALARMA/SOS/modelos/gas/notificaciones.php")) {
492     http1.addHeader("Content-Type", "application/x-www-form-urlencoded");
493     int httpCode = http1.POST(postData); //Send the request
494     Serial.println("HTTP CODE: " + String(httpCode));
495
496     if (httpCode > 0) {
497         if (httpCode == HTTP_CODE_OK || httpCode == HTTP_CODE_MOVED_PERMANENTLY) {
498             String payload = http1.getString();
499             Serial.println("Payload: " + payload);
500             Serial.println("NOTIFICACION ENVIADA CORRECTA");
501         }
502         else {
503             Serial.println("ERROR EN NOTIFICACION");
504         }
505     }
506     http1.end(); //Close connection
507     s1Notify = true;
508 }
509 else {
510     Serial.printf("[HTTPS] Unable to connect SERVER\n");
511 }
512
513
Output
Missing FQBN (Fully Qualified Board Name)
Ln 6, Col 21 X No board selected
```


Anexo O: Programación de interfaz en Nextion Editor para la pantalla HMI



Anexo P: Diseño físico del prototipo del nodo de control de peso



Anexo Q: Diseño físico de la estructura de los nodos de detección de fugas de gas y humo



Anexo R: Diseño físico de la estructura del nodo central de información



Anexo S: Medición del peso con la balanza electrónica CAMRY TCS-30S-JE2.



Anexo T: Consumo de corriente de nodo gas y del peso del cilindro de gas



Anexo U: Consumo de corriente del nodo central



Anexo V: Pruebas de funcionamiento







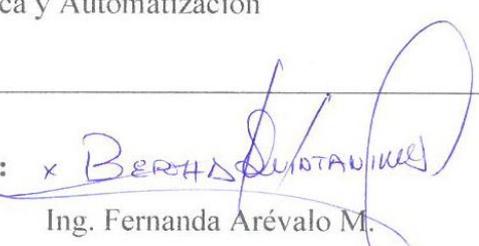
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO



DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL
APRENDIZAJE

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 10/ 10 / 2023

INFORMACIÓN DE LOS AUTORES
Nombres – Apellidos: Rolando Morocho Yuquilema
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Informática y Electrónica
Carrera: Electrónica y Automatización
Título a optar: Ingeniero en Electrónica y Automatización
f. Analista de Biblioteca responsable: <input checked="" type="checkbox"/>  Ing. Fernanda Arévalo M.

