

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**

**SECCIÓN INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



**Informe N°1**

Curso : Proyecto Electrónico 2  
Grupo : 4  
Docente : Andrés Flores

INTEGRANTES	CÓDIGO
Lucía Morales Perez	20163340
Raúl Samaniego Villarreyes	20181449
Sergio Ochoa Samaniego	20150408
Fernando Tapia Álvarez	20181560
Neil Jhunion Cubas Crespo	20175824
Salvador Yábar Reaño	20200408

**2024 - 1**

## Tabla de contenido

<b>1. Problemática</b>	<b>3</b>
<b>2. Objetivos</b>	<b>4</b>
2.2. Objetivo general	4
2.3. Objetivos específicos	4
<b>3. Lista de exigencias</b>	<b>5</b>
<b>4. Requerimientos técnicos</b>	<b>6</b>
<b>5. Descripción del diseño definitivo</b>	<b>8</b>
<b>6. Presupuesto</b>	<b>11</b>
<b>7. Bibliografía</b>	<b>13</b>

## **1. Problemática**

La industria minera subterránea en Perú despliega una función crucial en la economía nacional, no obstante, enfrenta desafíos significativos vinculados a la seguridad laboral y ambiental, especialmente en lo que concierne a la exposición a gases peligrosos como el dióxido de nitrógeno y el monóxido de carbono. Aunque la monitorización de estos gases es esencial para proteger la salud y la vida de los trabajadores, la mayoría de los dispositivos disponibles en el mercado son costosos y, además, su acceso está restringido principalmente a supervisores y personal especializado. Esta limitación en la disponibilidad de equipos de detección de gases representa un grave obstáculo para la seguridad y salud de los trabajadores de la industria minera, ya que los operarios en el terreno carecen de herramientas adecuadas para evaluar y mitigar los riesgos asociados con la calidad del aire en tiempo real.

En este contexto, este proyecto buscó abordar esta problemática desarrollando un equipo detector de gases tóxicos portátil de bajo costo, con el objetivo de democratizar el acceso a la seguridad en el entorno minero. Es así que, al diseñar un dispositivo más asequible y preciso, se pretende equipar a todos los operarios en la minería subterránea en el Perú con las herramientas necesarias para tomar decisiones informadas en cuanto a la gestión de riesgos relacionados con la calidad del aire en sus áreas de trabajo.

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo general:**

Desarrollo de un detector de gases tóxicos portátil y asequible, especialmente dirigido a los trabajadores de la minería subterránea en el Perú. Su enfoque principal es democratizar el acceso a la seguridad en este entorno laboral, garantizando que todos los empleados dispongan de los medios necesarios para monitorear y gestionar los riesgos derivados de la exposición a gases peligrosos, como el dióxido de nitrógeno y el monóxido de carbono.

### **2.2. Objetivos específicos:**

- 2.2.1. Analizar las necesidades y requisitos de los mineros en cuanto a la detección de gases tóxicos en ambientes subterráneos, así como de las condiciones únicas del entorno minero.
- 2.2.2. Plantear las mejoras al diseño del prototipo de detector de gases para adecuarse a las necesidades y deseos del cliente, en particular, mejorar la portabilidad del equipo y facilitar la identificación de situaciones de riesgo.
- 2.2.3. Desarrollo del producto final y su evaluación para garantizar su funcionalidad y fiabilidad en situaciones reales de trabajo en la minería subterránea, mediante pruebas de campo (simulaciones de condiciones reales de trabajo) y comparaciones con equipos certificados.
- 2.2.4. Evaluar la recepción y la utilidad del detector de gases por parte de los mineros, así como su impacto en la mejora de la seguridad y la prevención de riesgos laborales.

Al lograr estos objetivos, se espera contribuir significativamente a la protección y el bienestar de los trabajadores de la minería subterránea en Perú, así como a la optimización de las operaciones mineras mediante la implementación de medidas de seguridad más eficaces y accesibles.

### 3. Lista de exigencias

<div> <div></div> <div>Lista de exigencias</div> </div>			Página 1 de 1
			Edición: 2 da
<div> <div>Proyecto:</div> <div>Dispositivo de monitoreo de gases y calidad de aire para trabajadores de minería subterránea</div> </div>		Fecha: 01/04/2024	
		Revisado:	
<div> <div>Cliente:</div> <div>Los profesores del curso e INCIMET</div> </div>		Elaborado: Grupo 4	
Fechas (cambios)	Deseo o Exigencia	Descripción	Responsable
22/08/2023	E	<b>Función principal:</b> Monitorear el nivel de concentración de los gases y dar una señal de alarma en caso de superar el límite permitido	Todos
04/04/2024	D	<b>Geometría:</b> Tamaño suficientemente pequeño para que el equipo sea portable y no afecte las actividades del usuario. (aprox. 100 mm * 60 mm * 20 mm)	Jhunion
22/08/2023	E	<b>Cinemática:</b> Es un equipo portable que no requiere conexión a la red eléctrica, facilitando su uso. Además, adaptable a la indumentaria del operario.	Fernando
22/08/2023	E	<b>Fuerzas:</b> El equipo tendrá un peso entre [500 - 700] g.	Lucía
04/04/2023	E	<b>Energía:</b> Se requiere de una batería con la suficiente capacidad para garantizar la autonomía del producto en un periodo de 24h de uso continuo.	Raúl
22/08/2023	E	<b>Materia Prima:</b> Gases presentes en el área de trabajo en minería (CO, NO2, O2)	-
22/08/2023	E	<b>Señales:</b> Señales de alerta a través de una alarma visual, auditiva y vibratoria al superar el límite permitido de exposición a los gases. Estas señales deben tener un nivel adecuado para ser perceptibles en el entorno particular de la mina.	Salvador
22/08/2023	E	<b>Control y electrónica (Hardware):</b> Sensores para detectar la concentración de distintos tipos de gases (actuador). Luego, el microcontrolador se encargará de registrar los datos y decidir si escapan de los rangos previamente establecidos.	Sergio

22/08/2023	E	<b>Software:</b> Se usará un programa de acceso libre (gratis) para la programación e interpretación de señales eléctricas para el control del sistema.	Sergio
4/04/2024	E	<b>Software:</b> El dispositivo debe ser reprogramable para ser calibrado de forma periódica	Raúl
22/08/2023	E	<b>Seguridad:</b> Los materiales de fabricación del dispositivo serán no inflamables o retardantes de fuego, así como también no reactivos con componentes típicos de un socavón.	Lucía
04/04/2024	E	<b>Ergonomía:</b> Adaptabilidad a la indumentaria del operario. El equipo debe poder portarse como parte de la indumentaria, concretamente en el bolsillo delantero.	Jhunion
22/08/2023	D	<b>Sueldo:</b> Se plantea un sueldo mensual de S/.1 025,00	Todos
04/04/2024	E	<b>Plazo de entrega:</b> Se planea presentar el dispositivo final ajustado a la lista de requerimientos el 16 de julio. O en su defecto, el día 19 de julio en la exposición final.	Todos

#### 4. Requerimientos técnicos

##### 4.1. Sensores de Gases Nocivos (NO<sub>2</sub>, CO y O<sub>2</sub>):

Deben ser precisos y sensibles para detectar concentraciones peligrosas de gases en el ambiente minero.

Los sensores deben ser capaces de detectar cuando se excedan los siguientes límites:

Nº	Agentes Químicos (en el aire)	Límites de Exposición Ocupacional					
		TWA		STEL		Techo (C)	
5	Acido Sulfhídrico (H <sub>2</sub> S)	10	ppm	15	ppm	-	
20	Dióxido de Carbono	5000	ppm	30000	ppm	-	
21	Dióxido de Nitrógeno	3	ppm	5	ppm	-	
33	Monóxido de Carbono (CO)	25	ppm	-	-	-	
36	Oxígeno (O <sub>2</sub> )	19.5	%	-	-	22.5	%

Fig. 1 Concentración máxima permitida de gases

##### 4.2. Display de Visualización de Datos:

Debe mostrar de manera clara y legible los niveles de gases detectados y otra información relevante para los operarios. Además, debe permitir visualizar los datos en ambientes carentes de iluminación.

##### 4.3. Alertas Visuales:

Indicador visual del nivel de peligro al que se expone el usuario. De esta forma el usuario puede ser consciente de los cambios en el entorno sin tener que revisar las lecturas en la pantalla. Por esta razón, se cambió el requerimiento anterior de una alerta visual de alarma, por una que permita esta funcionalidad.

Deben ser brillantes y de colores distintivos para alertar a los operarios en caso de condiciones peligrosas. Además, deben de ser configurables para indicar diferentes niveles de riesgo y deben tener una duración de vida útil prolongada.

Una alternativa es el efecto de las luces estroboscópicas al usarse como señalizaciones de advertencia o peligro. Al ser una fuente luminosa que emita destellos breves de manera sucesivamente rápida, permite que el usuario pueda darse cuenta cuando el dispositivo detecte el alcance del límite permitido de algún gas que detecta el equipo.

#### **4.4. Alarma Sonora:**

Debe ser lo suficientemente potente como para ser escuchada en entornos ruidosos y debe tener un tono de alarma distintivo para diferenciarlo de otros sonidos ambientales. Además, debe ser fácilmente audible a una distancia segura para los operarios. Para conseguir ello, se actualizó el requerimiento al de 95dB a 30cm que ofrecen las alarmas sonoras de la gran mayoría de equipos comerciales.

#### **4.5. Alarma Sensorial (Vibración):**

Debe proporcionar una alerta táctil clara y efectiva para los operarios con discapacidad auditiva o en entornos donde el ruido sea excesivo. Además, debe ser compacto y de bajo consumo de energía para su integración en el dispositivo.

#### **4.6. Baterías recargables:**

Deben tener una capacidad suficiente para proporcionar una autonomía de alrededor de 24h de trabajo, y deben ser seguras para su uso en entornos mineros. Se actualizó el requerimiento del tiempo de autonomía en base a las exigencias del cliente.

#### **4.7. Portabilidad:**

El dispositivo debe ser portable, de manera que sea un *wearable* que se lleve como parte de la indumentaria de los mineros. El equipo no debe interferir en las actividades de trabajo del usuario, por lo que debe ser ligero y de dimensiones reducidas.

## 5. Descripción del diseño definitivo

### 5.1. Circuito de Control y Procesamiento:

Incluye un microcontrolador ATMEGA328P-AU (SMD) que coordina el funcionamiento del dispositivo, recopila datos de los sensores y controla las alarmas. Además, incluye un circuito de protección de batería para garantizar la seguridad y el óptimo estado de estas.

A continuación, se presenta el esquema de conexión respecto al microcontrolador:

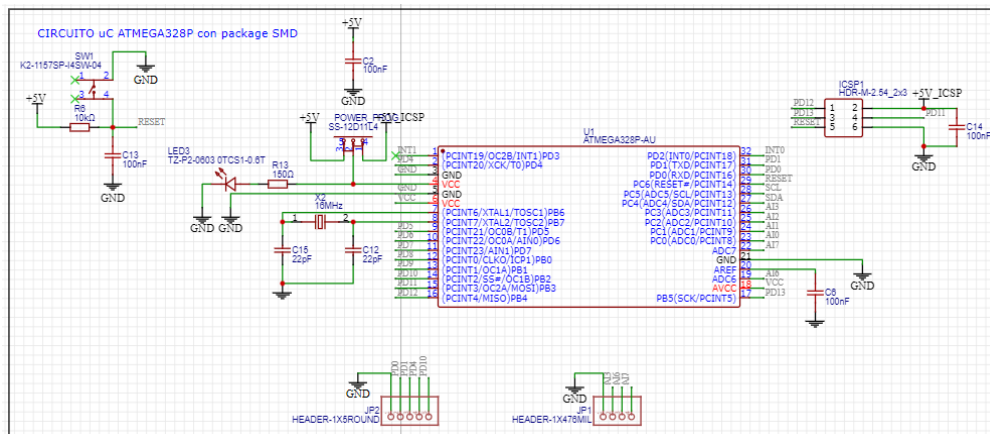


Figura 1. Circuito del microcontrolador

En la imagen se observa el esquema de conexiones esenciales para darle funcionalidad al microcontrolador. Una de ellas es el botón de Reset, para poder reiniciar el programa subido al ATMEGA328. Además, se cuenta con un LED que indica que el microcontrolador se encuentra energizado a 5V. Asimismo, se colocaron condensadores de protección. Por otro lado, se reservaron los pines ICSP para habilitar la programación del ATMEGA328 mediante un programador externo, esto con el objetivo de calibrar el dispositivo periódicamente.

### 5.1. Sensores de Gases:

Son componentes críticos del sistema y están conectados al circuito de control. Deben ser de alta calidad y precisión para garantizar mediciones confiables de los niveles de NO<sub>2</sub>, CO y O<sub>2</sub> en el ambiente minero.

Tabla características:

Sensor	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>2</sub>
Marca	SGX Sensortech	SGX Sensortech	Winsen
Voltaje de alimentación	4.9 - 5.1 VDC	4.9 - 5.1 V	3,3 - 5,5 VDC
Rango de medición	0.05 - 10ppm	1 - 1000 ppm	0~25 %Vol
Tamaño	5 x 7 x 1,55 mm <sup>3</sup>	5 x 7 x 1,55 mm <sup>3</sup>	ø20.2x16.6 mm <sup>3</sup>



<b>Tiempo de respuesta</b>	≤20s	>30s	≤15s
<b>Vida útil</b>	12 meses	>= 6 meses	24 meses

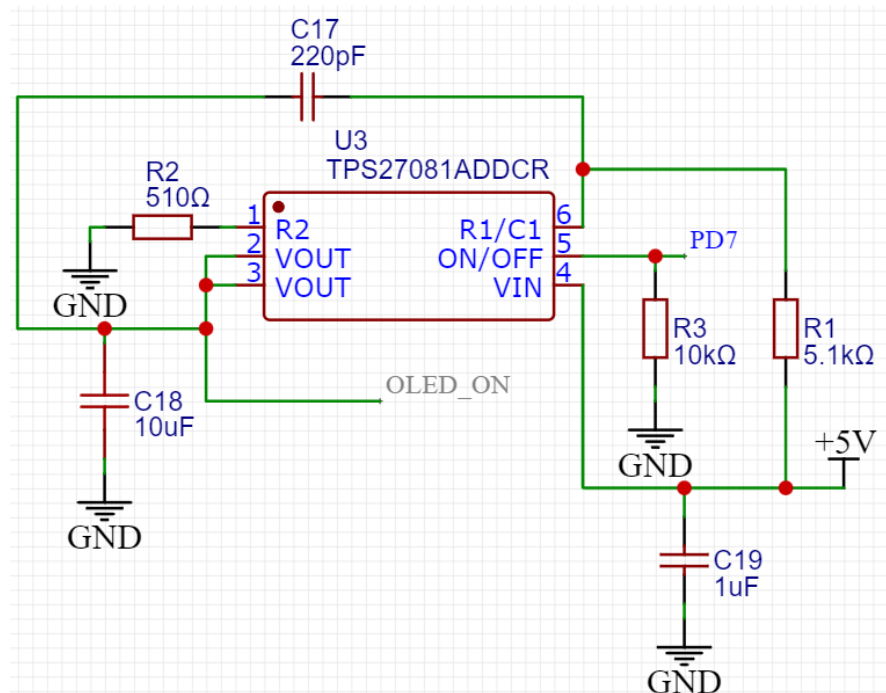
Tabla resoluciones requeridas:

<b>RESOLUCIONES REQUERIDAS (ppm)</b>			
<b>CO</b>	<b>NO2</b>	<b>O2</b>	<b>CO2</b>
1 ppm	0.1 ppm	1000 ppm	100 ppm

## 5.2. Display:

Se cambió la pantalla OLED por LCD debido a que ofrece una resolución adecuada para la lectura de los valores, con un tamaño mayor, y a menor costo. Muestra los datos de manera clara y legible para los operarios. Puede incluir indicadores numéricos de los niveles de gases.

Asimismo, se consideró un circuito de control de alimentación para el display utilizando un Switch integrado con el arreglo de FET canal P y canal N. Con ello, será posible controlar el encendido del display a partir de las señales digitales del pin PD7 del ATMEGA328



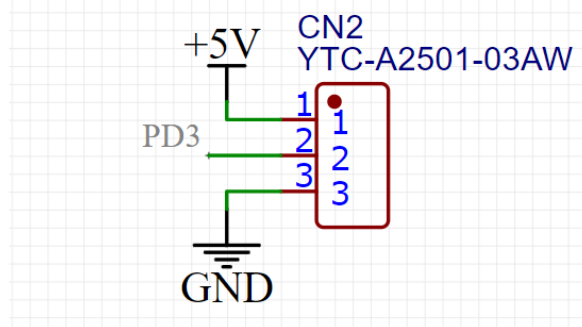
### 5.3. Alarmas Visuales

Para la alarma visual se consideró el uso de una tira LED RGB.

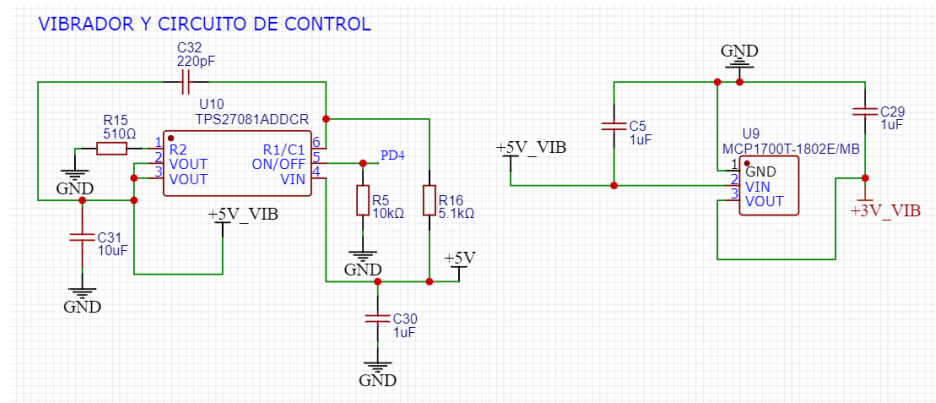
Se activan cuando se detectan niveles peligrosos de gases. Las tiras LED emiten luces brillantes y de colores distintivos, mientras que el buzzer emite un sonido fuerte y penetrante. Ambas alarmas pueden ser desactivadas manualmente por los operarios una vez que se ha eliminado el riesgo.

El control de la intensidad y color de los LED se da a través de la señal digital del pin digital PD3 del ATMEGA328. La cinta led va instalada en el chasis transparente que consideramos para el dispositivo. Es por ello, que por efectos de mantenimiento e instalación se optó por dejar un conector para la tira LED.

#### Tira LED



- 5.4. Motor Vibrador: Proporciona una alerta táctil adicional para los operarios, vibrando de manera continua o intermitente según el nivel de riesgo detectado. Puede ser especialmente útil en entornos ruidosos donde las alarmas sonoras pueden no ser efectivas. Para controlar el motor vibrador, se diseñó un circuito que permite habilitar la alimentación del mismo con la señal de pin digital PD4 del ATMEGA328. Además, al ser un motor DC donde sus Rated Voltage es de 3V, se adicionó un regulador de 5V a 3V para poder conseguir el nivel de tensión requerido y asegurar el funcionamiento del motor con las condiciones recomendadas en el datasheet.



- 5.5. Alarma Sonora: Proporciona una alerta sonora para los operarios, emitiendo un sonido agudo de manera continua. Se utilizará un buzzer con nivel de presión

sonora de 95 dB a 30 cm. de distancia a 12 V DC. Para controlar esta alarma, se diseñó un circuito que permite habilitar la alimentación del mismo con la señal de pin digital PD5 del ATMEGA328.



- 5.6.** Baterías LiPo Recargables: Son la fuente de energía del dispositivo y se contempla una duración de 7 días considerando el consumo de energía de todos los componentes. Son extraíbles y se recargan con un cargador externo. Además, se incluyó un circuito de protección para asegurar el correcto funcionamiento de las baterías.

## 6. Presupuesto

N°	DESCRIPCIÓN	TIENDA	FECHA DE COMPRA	BOLETA/FACTURA	CANTIDAD	SUBTOTAL (S/ )	SUBTOTAL ( \$ )
1	LM317T	SINGAPUR ELECTRONICS EIRL	19/10/2023	F101-00010515	5	S/10.00	
2	ATmega 328p-pu	SINGAPUR ELECTRONICS EIRL	19/10/2023	F101-00010515	1	S/33.00	
3	Bases De IC 28p Pines Del Bs-128 Delgado	SINGAPUR ELECTRONICS EIRL	19/10/2023	F101-00010515	1	S/1.00	
4	Cargador de Baterías De LMod-tp4056-c	SINGAPUR ELECTRONICS EIRL	19/10/2023	F101-00010515	2	S/12.00	
5	Batería de 3.7V 2500mah Litio 2500	SINGAPUR ELECTRONICS EIRL	19/10/2023	F101-00010515	2	S/50.00	
6	Pantalla Oled Blue/yellow	SINGAPUR ELECTRONICS EIRL	19/10/2023	F101-00010515	1	S/22.00	

7	Soldadura 0.8mm 50gr Taiw Solder Amp 50gr	SINGAPUR ELECTRONICS EIRL	19/10/2023	F101-00010515	1	S/15.00	
8	Pasta de Soldar Zolher	SINGAPUR ELECTRONICS EIRL	19/10/2023	F101-00010515	1	S/2.00	
9	Punta de Cautil 20w Goot R- 48sb	SINGAPUR ELECTRONICS EIRL	19/10/2023	F101-00010515	1	S/22.00	
10	Cable 2 Pines Hembra Y MA Xh2.54-2p C/cable	SINGAPUR ELECTRONICS EIRL	19/10/2023	F101-00010515	3	S/6.00	
11	SENSOR CO SGX SENSORTECH MICS 5524	DIACSA	24/11/23	E001-848	2	S/114.80	\$28
12	SENSOR CO SGX SENSORTECH MICS 2714	DIACSA	24/11/23	E001-849	2	S/139.40	\$34
13	SENSOR O2 WINSSEN ME2 O2 020	DIACSA	25/11/23	E001-850	1	S/282.90	\$69
14	Servicio de impresión de placa principal	JOBARECI	06/11/23	642	1	S/60.00	
15	IRF4905	TESLA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL	20/11/2023	1656	4	S/40.00	
16	Crystal 16MHz	TESLA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL	20/11/2023	1656	1	S/2.50	
17	78M05	TESLA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL	20/11/2023	1656	3	S/7.50	
18	Pulsador	TESLA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL	20/11/2023	1656	1	S/0.40	
19	Resistencias 0603	TESLA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL	20/11/2023	1656	6	S/3.00	
20	Cap. cerámico 22pF	TESLA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL	20/11/2023	1656	2	S/2.00	
21	Arduino UNO	TESLA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL	20/11/2023	1656	1	S/80.00	
22	Servicio de impresión de placas para sensores	JLPCB	11/11/2023		20	S/247.44	\$61.86
					TOTAL	S/1,152.94	
	Tipo	Total					
	Componentes y materiales	S/308.40					
	Sensores	S/537.10					

	Servicios de impresión	S/307.44					
--	------------------------	----------	--	--	--	--	--

## 8. Bibliografía

[1] Electromania, “18650 3.7V 1600mAh”, URL: <https://www.electromania.pe/producto/bateria-de-li-ion-1865-3-7v-1600mah/>. (Acceso: 23 de septiembre del 2023)

[2] Panasonic, “Batería li-ion 3.6V, 3600mah, 10A, recargable”, URL: <https://lh.pe/inr18650-36g-bateria-ion-36v-3600mah-10a-recargable-p-7722.html>. (Acceso: 23 de septiembre del 2023)

[3] Texas Instruments, “LM3173-Terminal Adjustable Regulator”, URL: [https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm317.pdf?ts=1695706060268&ref\\_url=https%253A%252F%252Fwww.google.de%252F](https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm317.pdf?ts=1695706060268&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.de%252F). (Acceso: 23 de septiembre del 2023)

[4] Texas instruments, “LM117, LM317-N Wide Temperature Three-Pin Adjustable Regulator”, URL: [https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm317-n.pdf?ts=1695710053928&ref\\_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Fproduct%252FLM317-N%252Fpart-details%252FLM317S%252FNOPB%253FkeyMatch%253DLM317S%252FNOPB%2526tisearch%253Dsearch-everything%2526usecase%253DOPN#:~:text=The%20LM117%20and%20LM317%2DN,to%20set%20the%20output%20voltage](https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm317-n.pdf?ts=1695710053928&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Fproduct%252FLM317-N%252Fpart-details%252FLM317S%252FNOPB%253FkeyMatch%253DLM317S%252FNOPB%2526tisearch%253Dsearch-everything%2526usecase%253DOPN#:~:text=The%20LM117%20and%20LM317%2DN,to%20set%20the%20output%20voltage). (Acceso: 23 de septiembre del 2023)

[5] Analog devices, “MAX17048 3μA 1-Cell/2-Cell Fuel Gauge with ModelGauge”, URL: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/MAX17048-MAX17049.pdf>. (Acceso: 23 de septiembre del 2023)

[6] Analog devices, “Wide Range I2C Power Monitor”, URL: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ltc2945.pdf>. (Acceso: 23 de septiembre del 2023)

[7] Sensor MOS de CO MiCS-5524, “Sensor MOS de CO MiCS-5524”, URL: [https://www.sgxsensortech.com/content/uploads/2014/07/1084\\_Datasheet-MiCS-5524-rev-8.pdf](https://www.sgxsensortech.com/content/uploads/2014/07/1084_Datasheet-MiCS-5524-rev-8.pdf). (Acceso: 17 de septiembre del 2023)

[8] Winsen, “Sensor MEMS CO”, URL: [https://www.winsen-sensor.com/d/files/gm-702b\(ver2\\_2\)\\_manual.pdf](https://www.winsen-sensor.com/d/files/gm-702b(ver2_2)_manual.pdf). (Acceso: 17 de septiembre del 2023)

[9] Winsen, “Sensor MOS para COMQ-9B”, URL: <https://www.tme.com/Document/5a052817a7c00090e6ddfc794b59a3b9/MQ-9B.pdf>. (Acceso: 17 de septiembre del 2023)

- [10] Sciosense, “ENS160 Air Quality Sensor”, URL: [https://www.mouser.com/datasheet/2/1081/SC\\_001224\\_DS\\_1\\_ENS160\\_Datasheet\\_Rev\\_0\\_95-2258311.pdf](https://www.mouser.com/datasheet/2/1081/SC_001224_DS_1_ENS160_Datasheet_Rev_0_95-2258311.pdf). (Acceso: 17 de septiembre del 2023)
- [11] Winse, “MH-Z16 NDIR”, URL: [https://www.winsen-sensor.com/d/files/mh-z16\\_co2-manual-v2\\_6.pdf](https://www.winsen-sensor.com/d/files/mh-z16_co2-manual-v2_6.pdf). (Acceso: 17 de septiembre del 2023)
- [12] SGX Sensortech, “IR31CE”, URL: <https://4donline.ihs.com/images/VipMasterIC/IC/AMPH/AMPH-S-A0010549483/AMPH-S-A0010612581-1.pdf?hkey=CECEF36DEECD6468708AAF2E19C0C6>. (Acceso: 17 de septiembre del 2023)
- [13] SGX Sensortech, “MiCS-2714”, URL: [https://www.sgxsensortech.com/content/uploads/2014/08/1107\\_Datasheet-MiCS-2714.pdf](https://www.sgxsensortech.com/content/uploads/2014/08/1107_Datasheet-MiCS-2714.pdf). (Acceso: 17 de septiembre del 2023)
- [14] Winsen, “Electrochemical Detection Module ZE03G”, URL: <https://www.winsen-sensor.com/product/ze03g.html#:~:text=Description,module%20could%20detect%20relevant%20gas>. (Acceso: 17 de septiembre del 2023)
- [15] SGX Sensortech, “EC4-20-NO2 Sensor electroquímica de dióxido de nitrógeno”, URL: <https://www.sgxsensortech.com/content/uploads/2014/07/EC4-20-NO21.pdf>. (Acceso: 17 de septiembre del 2023)
- [16] Winsen, “E2-O2-Φ20 Oxygen Sensor”, URL: [https://www.winsen-sensor.com/d/files/me2-o2-%D0%A420-0-25%25-manual-\(ver1\\_4\).pdf](https://www.winsen-sensor.com/d/files/me2-o2-%D0%A420-0-25%25-manual-(ver1_4).pdf).
- [17] Winsen, “ZE03-O2 Electrochemical Detection Module”, URL: [https://www.winsen-sensor.com/d/files/ze03-electrochemical-module-manualv2\\_8\(5\).pdf](https://www.winsen-sensor.com/d/files/ze03-electrochemical-module-manualv2_8(5).pdf). (Acceso: 17 de septiembre del 2023)
- [18] Express, “Sensor electroquímica para detección de oxígeno (O2LS)”, URL: <https://express.ecnautomation.com/products/sensor-electroquimico-para-deteccion-de-oxigeno-o2>. (Acceso: 17 de septiembre del 2023)
- [19] Naylamp, “Display OLED 0.96” 128\*64 SSD1306 Blanco”, URL: <https://naylampmechatronics.com/oled/391-display-oled-i2c-091-12832-ssd1306-blanco.html>. (Acceso: 20 de septiembre del 2023)
- [20] Naylamp, “Display OLED 0.91” 128\*32 SSD1306 Blanco”, URL: <https://naylampmechatronics.com/oled/391-display-oled-i2c-091-12832-ssd1306-blanco.html>. (Acceso: 20 de septiembre del 2023)
- [21] Digikey, “Zumbadores Indicador, impulsado internamente Piezoeléctrico 3 V 30mA 3.2kHz 97dB a 3V, 30cm Orificio pasante Clavijas para circuito impreso”, URL: <https://www.digikey.com/es/products/detail/cui-devices/CPI-3116-3-100T/15904108?s=N4IgiCBcoMwJwHYqgMZQGYEMA2BnApgDQgD2UA2iAGxUCsAHHDCArEA>

[OLICAMqcAnAJYA7AOYgAvsQAsCGchBpIWPEVIUQMGPJkQ2ILj37DxU6SABMmgEYBXAF4P8A1pKA](https://doi.org/10.1002/anie.202311000). (Acceso: 01 de abril del 2024)

[22] Ineed-motor, “MSMD Type micro vibration motor IND19012”, URL: <https://www.ineed-motor.com/Content/upload/pdf/202316849/IND-SMD-003-Spec-No-IND19012-Updated.pdf?rnd=507>. (Acceso: 20 de septiembre del 2023).

[23] Ineed-motor, “MSMD Type micro vibration motor IND19016”, URL: <https://www.ineed-motor.com/Content/upload/pdf/202316849/IND-SMD-004-Spec-No-IND19016-3.pdf?rnd=910>. (Acceso: 20 de septiembre del 2023).

[24] Aliexpress, “Mini motor de vibración de 7 mm, DC 3V”, URL: <https://es.aliexpress.com/i/4000840568794.html#nav-specification>. (Acceso: 20 de septiembre del 2023).

[25] Mercadolibre, “Cinta LED RGB”, URL:  
[https://www.mercadolibre.com.pe/rollo-led-luces-rgb-5-mts-ccontrol-remoto/p/MPE22319448?item\\_id=MPE664451084&from=gshop&matt\\_tool=94979778&matt\\_word=&matt\\_source=google&matt\\_campaign\\_id=15098318383&matt\\_ad\\_group\\_id=126935577977&matt\\_match\\_type=&matt\\_network=g&matt\\_device=c&matt\\_creative=557076428348&matt\\_keyword=&matt\\_ad\\_position=&matt\\_ad\\_type=pla&matt\\_merchant\\_id=735127708&matt\\_product\\_id=MPE22319448-product&matt\\_product\\_partition\\_id=2267919844055&matt\\_target\\_id=aud-2118192348124:pla-2267919844055&cq\\_src=google\\_ads&cq\\_cmp=15098318383&cq\\_net=g&cq\\_plt=gp&cq\\_med=pla&gad\\_source=1&gclid=CjwKCAjwwr6wBhBcEiwAfMEQs4clLUWGIRI5wMV8KVrpbt2OHpznkXlXyocCBm-lPgPqhcf8fxEghxoCBI4QAvD\\_BwE](https://www.mercadolibre.com.pe/rollo-led-luces-rgb-5-mts-ccontrol-remoto/p/MPE22319448?item_id=MPE664451084&from=gshop&matt_tool=94979778&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=15098318383&matt_ad_group_id=126935577977&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=557076428348&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=pla&matt_merchant_id=735127708&matt_product_id=MPE22319448-product&matt_product_partition_id=2267919844055&matt_target_id=aud-2118192348124:pla-2267919844055&cq_src=google_ads&cq_cmp=15098318383&cq_net=g&cq_plt=gp&cq_med=pla&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwwr6wBhBcEiwAfMEQs4clLUWGIRI5wMV8KVrpbt2OHpznkXlXyocCBm-lPgPqhcf8fxEghxoCBI4QAvD_BwE). (Acceso: 20 de abril del 2023).

[26]  
<https://ww1.microchip.com/downloads/aemDocuments/documents/OTH/ProductDocuments/DataSheets/ATmega640-1280-1281-2560-2561-Datasheet-DS40002211A.pdf>

[27]  
[https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P\\_Datasheet.pdf](https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf)