

2019

# SISTEMA DE DETECCIÓN PARA GLP EN RECINTOS DE CONCENTRACIÓN DE PERSONAS

ROMERO RODRÍGUEZ, GUSTAVO ALEJANDRO

---

<https://hdl.handle.net/11673/48973>

*Repositorio Digital USM, UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA*

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA  
SEDE DE CONCEPCIÓN-REY BALDUINO DE BELGICA

SISTEMA DE DETECCIÓN DE GLP EN RECINTOS DE CONCENTRACIÓN DE PERSONAS

Trabajo de titulación para optar al  
título de técnico universitario en  
AUTOMATIZACION Y CONTROL

Alumnos:

Gustavo Alejandro Romero Rodríguez

Felipe Duván Toloza Pinto

Profesor Guía:

Alex Ulloa Reinoso

## DEDICATORIA

El presente escrito está dedicado a mis padres Jaime y Jackeline quienes siempre me han apoyado y motivado en perseguir mis metas y quienes se han sacrificado para darme educación.

A Javiera quien siempre me ha acompañado, hasta en los días más duros y de incertidumbre, quien además me alentó e inspiró a perseguir el sueño de ser técnico en automatización y control.

A Martín mi sobrino, que aun estando en la pancita de su madre, desde el día que supe que vendría al mundo me incentivó a desarrollar este escrito.

A mi familia y amigos quienes se preocuparon por mí durante toda esta etapa de mi vida.

GUSTAVO ALEJANDRO ROMERO RODRÍUEZ

Agradezco a mi familia, quienes me han dado su apoyo incondicional en cada momento y más aún en esta etapa universitaria lejos del hogar.

A Dios, por la fortaleza para poder enfrentar todas las metas propuestas.

A los docentes, que cumplieron una labor dedicada e idónea a la ayuda de los estudiantes, brindando consejos, comprensión, además del aliento que siempre es necesario.

FELIPE DUVAN TOLOZA PINTO

## Resumen

Los gases y vapores inflamables y tóxicos pueden producirse en muchos sitios. Para tratar con el riesgo tóxico y el peligro de explosión sirven los sistemas de detección de gases.

En este trabajo de título se diseñó un sistema de detección GLP en recintos de concentración de persona, el cual contara con monitoreo, corte, alarma. Los dispositivos que compondrán el sistema serán: el trasmisor de gases PrimaX P para gases (realizar la función de detectar), válvula solenoide control escape de gas (realiza la función corte), controlador industrino IND.I/O (realiza la toma de decisiones respecto a la lectura analógica del módulo sensor de gas), además de los materiales que permiten la interacción entre estos elementos.

El desarrollo del trabajo está formado por cuatro capítulos:

En el primer capítulo este compuesto por las generalidades de este sistema de control las cuales describen problema que este sistema intenta solucionar además de los objetivos definidos por el equipo de trabajo.

En el capítulo número dos, se abordan el estudio de normas y datos técnicos para definir cuáles son los niveles críticos o de riesgo del gas GLP, de esta forma elegir de manera correcta los dispositivos que entregan mayor fiabilidad para el sistema. Con el cual se busca evitar dos de los tres riesgos que tienen los gases, vapores inflamables y tóxicos; estos riesgos son: Riesgo de explosión por gases inflamables y Riesgo de asfixia por desplazamiento de oxígeno, de esta manera se protege la vida humana, bienes y ambiente mediante medidas adecuadas.

En el capítulo número tres consta del diseño del sistema con los elementos elegidos según los estudios realizados en el capítulo número dos, estos son elegidos por sus características, parámetros de seguridad, fiabilidad.

Por ultimo se presentan las conclusiones donde se aborda la importancia de un sistema de este tipo, sus limitaciones y oportunidades que lo llevarían a ser un plus para cualquier recinto en que se concentre un número importante de personas.

## INDICE

Capítulo 1 .....	8
1.1    Introducción .....	1
1.2    Descripción del problema.....	2
1.3    Objetivo general .....	2
1.4    Objetivos específicos.....	2
1.5    Alcance .....	3
Capítulo 2 : Marco teórico.....	4
2.1    Peligro de exposición a gases combustibles .....	5
2.1.1    Gas licuado de petróleo .....	5
2.1.2    Límites de exposición .....	5
2.1.3    Peligros de explosión e incendios .....	6
2.1.4    Límite inferior de explosividad .....	6
2.1.5    Medidas por liberación accidental .....	7
2.2    Sensores en el mercado .....	8
2.2.1    Transmisor ExSens BG-HL.....	8
2.2.2    Sensor de gas de combustible CH-A3 .....	9
2.2.3    Sensor FIGARO TGS2610-D00 .....	10
2.2.4    Sensor de Gas MQ2.....	12
2.2.5    Sensor FIGARO CGM6812-B00 .....	14
2.2.6    Transmisor de Gases PrimaX P (propano) .....	16
2.3    Electroválvula o válvula solenoide.....	17
2.3.1    Partes de una válvula solenoide .....	18
2.3.2    Principio de funcionamiento.....	18
2.3.3    Válvula normal cerrada.....	19
2.3.4    Válvula normal abierta.....	19
2.3.5    Válvula de acción directa .....	19
2.3.7    Consideraciones de la válvula .....	19
2.3.8    Válvula Samsomatic Serie 3962.....	20
2.3.9    Válvula Solenoide control de escape de gas.....	21
2.3.10    Valvula solennoide Danfoss modelo 018Z6857.....	22
2.4    Controlador Industruino IND. I/O D21G .....	23
2.4.1    Características analógicas .....	23
2.4.2    Características digitales .....	23
2.4.3    Características microcontrolador .....	24
Capítulo 3 : diseño del sistema de detección y corte .....	25
3.1    Diseño del sistema: elección de dispositivos. ....	26
3.2    esquema general de entrada y salidas .....	26
3.3    P&ID del sistema de control.....	27

3.4 Disposición de elementos en el gabinete de control .....	28
3.5 esquema de conexiones .....	29
3.6 Materiales básicos y cotización del sistema .....	29
3.7 Seudocódigo para el sistema .....	32
3.8 Entorno de programación de alto nivel: EASYCODING.TN .....	33
3.9 Maqueta del de sistema de detección .....	36
Conclusión .....	38
Linkografía .....	40

#### Índice de ilustraciones

Ilustración 2-1.Límite de exposición GLP.....	5
Ilustración 2-2.Clasificación GLP.....	6
Ilustración 2-3.LEL para gases .....	7
Ilustración 2-4.Transmisor ExSens BG-HL.....	8
Ilustración 2-5.Terminales sensor exsens.....	9
Ilustración 2-6.Diagrama Sensor CH-A3.....	9
Ilustración 2-7.Encapsulado sensor TGS2610 .....	10
Ilustración 2-8.Curva sensibilidad sensor TGS2610.....	11
Ilustración 2-9.Circuito básico prueba sensor TGS2610.....	12
Ilustración 2-10.Encapsulados sensor MQ2 .....	13
Ilustración 2-11.Circuito básico de prueba MQ2.....	13
Ilustración 2-12.Curva de sensibilidad sensor MQ2 .....	14
Ilustración 2-13.Sensor Figaro CGM6812.....	15
Ilustración 2-14.Conexiones de pines CGM6812-B00 .....	15
Ilustración 2-15.Curva sensibilidad sensor Figaro CGM6812 .....	16
Ilustración 2-16.Monitor de gas primaX P.....	17
Ilustración 2-17.Partes válvula solenoide.....	18
Ilustración 2-18.Válvula Samsomatic.....	20
Ilustración 2-19.valvula control fuga de gas.....	21
Ilustración 2-20.Válvula Danfoss .....	22
Ilustración 2-21.Industruino IND I/O D21G .....	23
Ilustración 2-22.Modulo Ethernet .....	24
Ilustración 2-23.Modulo GSM/GPRS .....	24
Ilustración 3-1.esquema de E/S del sistema de control .....	27
Ilustración 3-2.P&id sistema de control .....	27

Ilustración 3-3.Disposición de elementos dentro del tablero (interior) .....	28
Ilustración 3-4.Disposicon de elementos en tapa del tablero.....	28
Ilustración 3-5.Esquema de conexiones .....	29
Ilustración 3-6.Planta restorant .....	31
Ilustración 3-7.Blocklyduino .....	33
Ilustración 3-8.Tuniot for esp8266.....	34
Ilustración 3-9.Tuniot for ESP32.....	34
Ilustración 3-10.Consola programación blocklyduino .....	34
Ilustración 3-11.Resultado blocklyduino .....	35
Ilustración 3-12.Maqueta a escala del sistema .....	36
Ilustración 3-13.Sensor MQ2 y fuga de GLP .....	37

#### Índice tablas

Tabla 3-1. Tabla de E/S industruino .....	29
Tabla 3-2.Presupuesto controlador.....	30
Tabla 3-3.Oferta de instalacion.....	32

## Sigla y simbología

### Sigla

- SEC : Superintendencia de electricidad y combustibles.
- GLP : Gas licuado de petróleo.
- NC : Normal cerrado.
- NA : Normal abierto.
- NBR : Goma de nitrilo butadieno.
- MCU : Microcontrolador.
- HDS : Hoja de datos de seguridad
- PVC : policloruro de vinilo.
- I/O : In, out.
- LEL : Límite inferior de exposición.
- PEL : Límite de exposición permisible.
- SoC : System On a Chip (Sistema en Chip)

### Simbología

- Ppm : partículas por millón.
- V : Volt.
- mV : milivolt.
- A : Ampere.
- mA : miliampere.
- mW : mili watts.
- Mhz : mega Hertz.
- AC : Corriente alterna.
- DC : Corriente Directa.

# Capítulo 1

## 1.1 Introducción

A nivel de servicios comerciales de comida rápida, servicios públicos, hospitales , colegios entre otros ,es muy común encontrar maquinas (cocinas, hornos, estufas etc. ) que cumplen un rol fundamental al momento de cocinar alimentos , calefaccionar a las personas en su interior ,pero lamentablemente muchas de ellos utilizan como combustible gal licuado de petróleo que bajo ciertas circunstancias como rotura accidental de línea de suministro , malas instalaciones , instalaciones degradadas por el ambiente o simple descuido al no cortar el suministro puede representar un potente peligro para aquellos sujetos dentro del recinto o para la estructura del mismo.

En base a lo planteado anteriormente se hace indispensable la existencia de algún sistema de protección y mitigación de los posibles riesgos que puede presentar una fuga de GLP.

Debido de esto y de las concurrentes noticias de personas intoxicadas y de explosiones a causa de este combustible es que el proyecto de un "sistema de detección de GLP en recintos de concentración de personas" tiene cabida.

El proyecto se trata de un sistema que monitorea continuamente el ambiente en que las personas transitan y de acuerdo con estas lecturas el controlador toma decisiones para asegurar la vida e integridad de las personas, basado en parámetros existentes en las hojas de datos de seguridad emitidas por la SEC.

## 1.2 Descripción del problema

Hoy en día en los recintos de concentración de personas que cuentan con suministro de GLP, no disponen con la instalación de un sistema de seguridad frente a fugas de cualquiera de los gases ya mencionados, o si es que cuentan con algún sistema de seguridad no es confiable. Ante esto, se visualiza y asume el incumplimiento con las exigencias mínimas de protección o seguridad a las personas que transiten en recintos de estas características. El grado de la catástrofe que puede generarse por alguna fuga conlleva muchas veces la pérdida de vidas humanas o problemas de salud a los afectados; Lo anterior dependerá de las propiedades de peligrosidad del gas o gases liberados, la reacción del gas al ser liberado al ambiente y cómo se comporta con otras sustancias químicas, los efectos a la salud por la exposición dependerán de la dosis, la duración y la manera de exposición.

Algunas de las noticias más recientes y dadas a conocer a nivel país son:

- ✓ Explosión en la Clínica Sanatorio Alemán de Concepción deja al menos tres muertos (sábado 21, abril 2018).
- ✓ Seis turísticas brasileños mueren en Chile intoxicados (jueves 23, mayo 2019).
- ✓ Cerca de 2 mil personas fueron evacuadas en San Bernardo por fuga de gas (jueves 23, mayo 2019).
- ✓ Presunta fuga de gas provoca evacuación de 40 niños de jardín infantil en Concepción (miércoles 08, abril 2019).
- ✓ 20 intoxicados y 400 evacuados por fuga de gas en escuela de Valparaíso (jueves 23, mayo 2019).

## 1.3 Objetivo general

Diseñar un sistema de detección, corte, monitoreo y alarma de emanación de GLP automatizado adecuado y capaz de salvar vidas.

## 1.4 Objetivos específicos

- Conocer el grado de riesgo asociado, mediante el estudio de las normas.
- Evaluar el mejor sistema de detección y corte para el sistema.
- Determinar los materiales y componentes óptimos necesarios para implementar un sistema de detección, corte, monitoreo y alarma.
- Diseño de tablero con la implementación necesarios para conectar los componentes del sistema.
- Cotización de componentes comerciales para su futura implementación.
- Demostrar el funcionamiento de este sistema mediante el diseño, implementación y prueba de un prototipo basado en una tarjeta desarrollo.

### 1.5 Alcance

Diseño y cotización del sistema capaz de alarmar, monitorear, cortar una posible emanación de gases

## Capítulo 2 : Marco teórico

## 2.1 Peligro de exposición a gases combustibles

En las hojas de datos de seguridad (HDS) de combustibles gaseosos y líquidos publicadas en la página web de la SEC se detallan los riesgos a las que pueden estar expuestas las personas antes una posible fuga, medidas de protección y tratamientos ante una emergencia.

La toxicidad de gases y vapores utilizados industrialmente es determinada mediante experimentos de laboratorio que tienen como resultado la tasa LC50. Su valor refleja la concentración de gas en el aire que matara al 50% de los animales de laboratorio (principalmente ratones ) si se inhala durante cierto tiempo (4horas). De esto y de otras investigaciones científicas sobre salud laboral con incluso concentraciones más bajas, comités autorizados deducen propuestas para valores límite umbral (límites de exposición laboral) que deben ser obligatorios.

Estos umbrales de valor límite están definidos de tal manera que el trabajador no sufrirá daño mientras que no respire concentraciones de gas superiores umbral del valor límite establecido durante toda su vida laboral.

### 2.1.1 Gas licuado de petróleo

El GLP o LPG es un producto químico formado 95% por propano y 5% por butano y otros gases .Esta mezcla de gases es inflamable , incoloro y con ligero olor en altas concentraciones .Es un asfixiante simple ya que desplaza el aire si es liberado en espacios confinados , es por ello que se debe mantener la concentración de oxígeno por sobre el 19,5% para prevenir los efectos de la deficiencia de oxígeno (reducción de la claridad mental , coordinación muscular debilitada , falta de juicio , etc.) . dado que es un hidrocarburo su inhalación en altas concentraciones puede irritar los ojos, las membranas mucosas, causa desorientación, falta de coordinación, náuseas o mareos.

### 2.1.2 Límites de exposición

INGREDIENTE	VOLUMEN %	PEL-OSHA	TLV-ACGIH	LD <sub>50</sub> o LC <sub>50</sub> Ruta / especie
Butano FORMULA: C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> CAS: 106-98-9 RTECS #: SE7545000	5%	1000 ppm	Asfixiante simple	No Disponible
Propano FORMULA: C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> CAS: 74-98-6 RTECS #: SE7545000	95%	1000 ppm	Asfixiante simple	No Disponible

Ilustración 2-1.Límite de exposición GLP

La OSHA (Occupational Safety and Health Administration ) define que el límite de exposición permisible (PEL por sus siglas en inglés) es de 1000 ppm como cantidad máxima a la que una persona/trabajador puede ser expuesta .

En adición a lo anterior el GLP producto de la combustión de este gas en presencia de aire podría dar como resultado dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y monóxido de carbono (CO), que a la exposición en altas concentraciones son fatales para la vida.

### 2.1.3 Peligros de explosión e incendios

Según la norma CH1411/4 (equivalente a la norma NFPA704) que clasifica a los materiales peligrosos categoriza al GLP como ligeramente riesgoso para la salud, alta o extremadamente inflamable.



Ilustración 2-2. Clasificación GLP

Este hidrocarburo derivado del petróleo es 1.6 veces más pesado que el aire y puede alcanzar largas distancias hasta encontrar una fuente de ignición y regresar en llamas, asimismo es capaz de formar mezclas explosivas con el aire o cualquier comburente.

### 2.1.4 Límite inferior de explosividad

Solamente si la proporción de un combustible en aire está dentro de ciertos límites, los gases y vapores inflamables pueden producir mezclas inflamables con el aire.

El límite inferior de explosión (LIE), también llamado LEL por sus siglas en inglés, está definido como la concentración (indicada en Vol%) de una mezcla de gas combustible y aire que bajo condiciones estandarizadas puede inflamarse y continuar ardiendo.

El LEL de todos los gases y vapores inflamables conocidos está en el rango de aprox. 0.5 a 15 Vol%. Por ejemplo, el LEL de mezclas de hidrógeno y aire es 4 Vol%, y así un gas de prueba de 2 Vol% en aire es definitivamente no inflamable.

Gas	LEL en Vol-%	LEL en g/m <sup>3</sup>	Temperatura de ignición en °C
acetileno	2.3	24.9	305
amoníaco	15.4	109.1	630
1.3-butadieno	1.4	31.6	415
i-butano	1.5	36.3	460
n-butano	1.4	33.9	365
n-buteno (butileno)	1.2	28.1	360
dimetileter	2.7	51.9	240
eteno (etileno)	2.4	28.1	440
óxido de etileno	2.6	47.8	435
hidrógeno	4.0	3.3	560
metano	4.4	29.3	595
cloruro de metilo	7.6	159.9	625
propano	1.7	31.2	470
propeno (propileno)	1.8	31.6	485

Solo los líquidos inflamables tienen un punto de inflamación.

Por definición no hay punto de inflamación para gases.

Ilustración 2-3.LEL para gases

#### 2.1.5 Medidas por liberación accidental

- Evacuación inmediata de todas las personas de la zona peligrosa.
- Eliminar fuente de ignición.
- Proveer ventilación máxima a prueba de exposición.
- Si es posible cerrar válvula de suministro de GLP.

En este último punto es donde el diseño de un sistema de detección y mitigación del riesgo puede ayudar a salvar vidas y proteger la integridad de un edificio.

## 2.2 Sensores en el mercado

### 2.2.1 Transmisor ExSens BG-HL

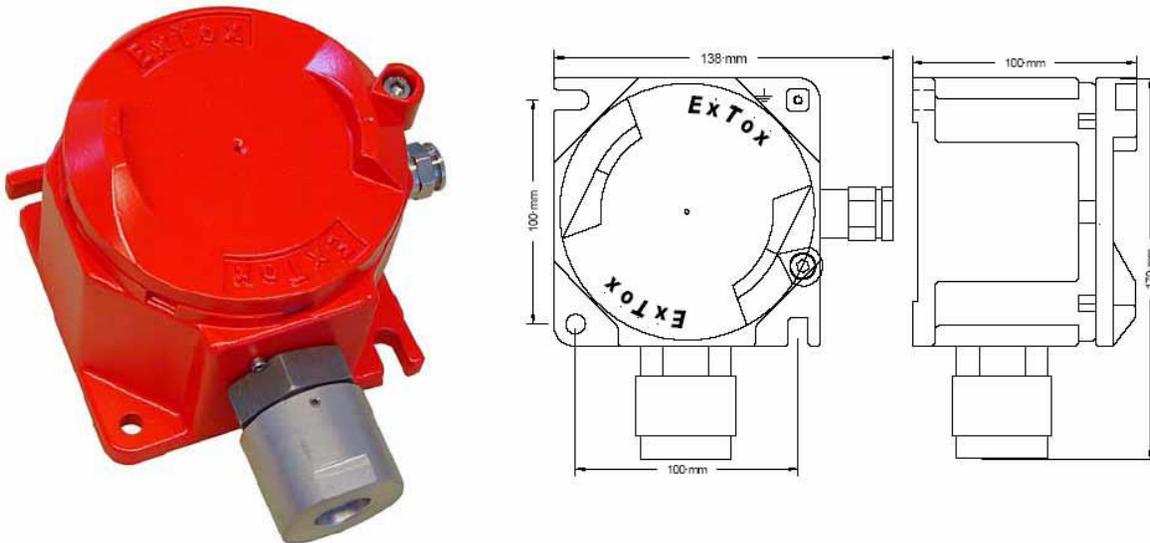


Ilustración 2-4. Transmisor ExSens BG-HL

#### Principio de funcionamiento

En la superficie calentada de un semiconductor de óxidos metálicos existe una oxidación del gas a detectar lo que altera la conductividad eléctrica de dicha capa de óxidos metálicos en función de la concentración del gas a medir.

#### Características funcionales

- Gas que detecta: Gases combustibles
- Margen de medida : 0 - 100 % LEL
- Sensor : Semiconductora
- Margen de temperatura : -20 °C ... +50 °C
- Humedad relativa : 10- 95 % (evitar condensación)
- Presión : 900 hPa -1100 hPa
- Tiempo t90 : 30- 60 s, según gas a detectar

#### Características eléctricas

- Tensión de alimentación: 24 ± 6 V c.c.
- Intensidad de consumo : 80 mA / 2 W
- Interfaz : 4-20 mA (lineal)
- Carga externa : 500 Ω
- Tipo de cable : M 16 x 1,5 (diámetro del cable 4-8,5 mm)

#### Conformidades

- Directivas CE : CE0158 Ex II 2 G (apto para zona 1 y 2)  
94/9/EG (ATEX), 89/336/EEG (EMV)
- Certificación CE de construcción: BVS 04 ATEX E 066 X
- Clase de protección: Eex d IIC T4 (-20 °C < Tamb < 60 °C)
- Medición: De acuerdo con DIN EN 61779-1 hasta DIN EN 61779-4

Lugar de montaje: Cercano al lugar de la posible emisión si es que se conoce. En los demás casos cerca del suelo (gases más pesados que el aire) o del techo (gases más ligeros que el aire, por ejemplo, hidrógeno, metano, oxígeno)

Conexión:

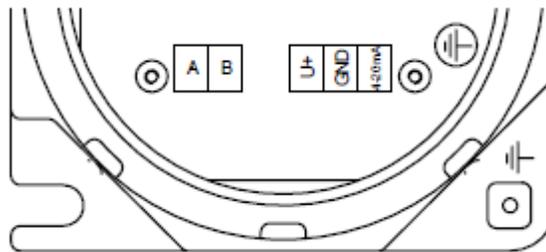


Ilustración 2-5. Terminales sensor exsens

- ✓ U+ Tensión de alimentación 24 V
- ✓ GND Masa (tensión y salida de señal)
- ✓ 4-20mA Salida señal 4-20 mA

### 2.2.2 Sensor de gas de combustible CH-A3

Los Pellistores Alphasense son sensores de gas combustible, el CH-A3 cuenta con un diseño innovador de la gama de pellistor Alphasense que proporciona una alta calidad, baja potencia (solo 190 mW) y excelente resistencia al envenenamiento. Todos los pellistores están alojados en cámaras certificadas a prueba de incendios

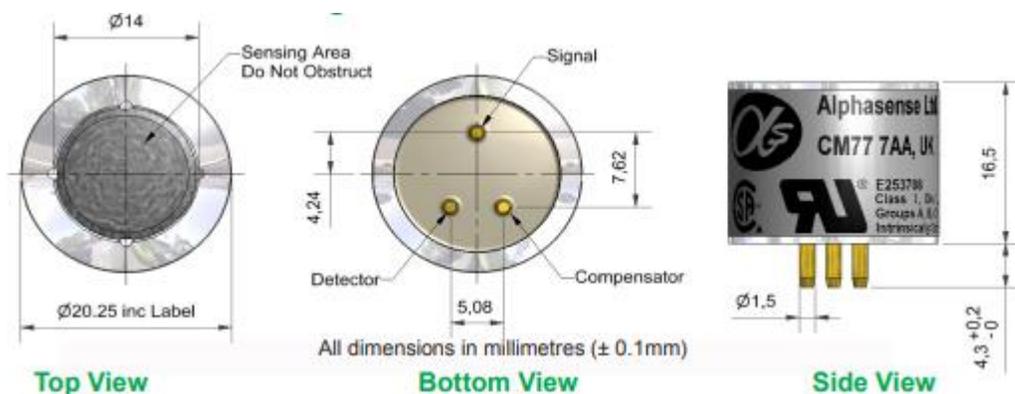


Ilustración 2-6. Diagrama Sensor CH-A3

#### Datos técnicos.

- Voltaje alimentación: 3v ( $\pm 0.2$  V)
- Consumo: 190mW
- Voltaje de sensibilidad : 3 % cambio de sensibilidad / cambio de 0.1V
- Vida útil: >24 Meses hasta el 75% de sensibilidad original (24 meses garantizados)
- Sensible a: propano ,hidrogeno, monóxido de carbono butano

#### 2.2.3 Sensor FIGARO TGS2610-D00

TGS2610 es un sensor de gas de tipo semiconductor que combina muy alto Sensibilidad al gas LP con bajo consumo de energía y larga vida útil. Debido a la miniaturización de su chip de detección, TGS2610 requiere una corriente de calentamiento de solo 56 mA y el dispositivo está alojado en un paquete estándar TO-5.



Ilustración 2-7. Encapsulado sensor TGS2610

TGS2610 utiliza material de filtro en su alojamiento, lo que elimina la influencia de gases de interferencia como el alcohol, lo que resulta en una respuesta altamente selectiva a gas LP. Esta característica hace que el sensor sea ideal para fugas residenciales de gas. Detectores que requieren durabilidad y resistencia al gas de interferencia.

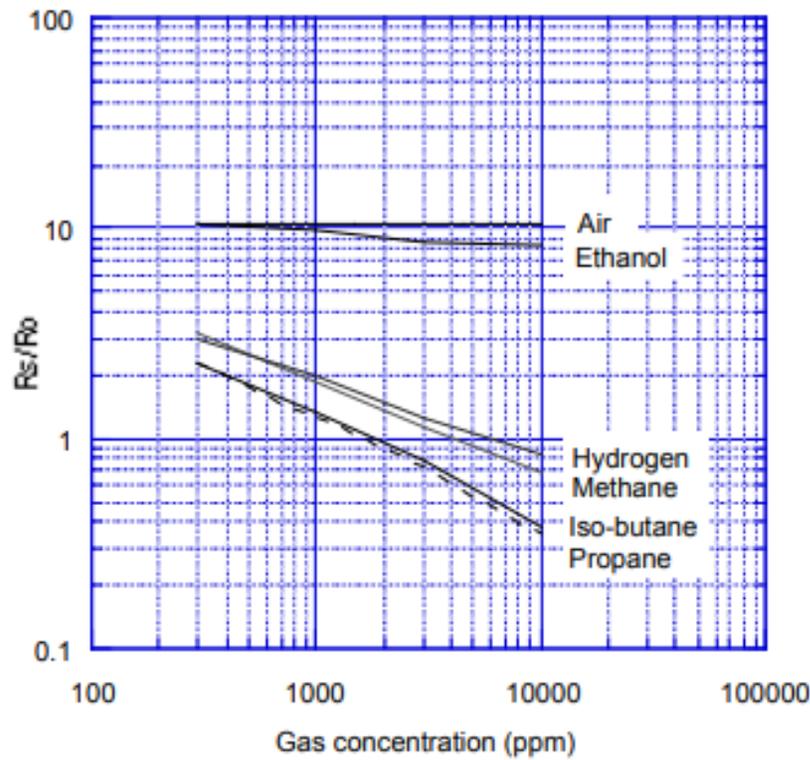


Ilustración 2-8. Curva sensibilidad sensor TGS2610

### Principio de funcionamiento

El sensor requiere dos entradas de voltaje:

Tensión del calentador ( $V_H$ ) y tensión del circuito ( $V_C$ ). La tensión del calentador ( $V_H$ ) se aplica al calentador integrado para mantener el elemento sensor en un nivel específico de temperatura óptima para la detección. El voltaje del circuito ( $V_C$ ) se aplica para permitir la medición del voltaje ( $V_{OUT}$ ) a través de una resistencia de carga ( $R_L$ ) que está conectada en serie con el sensor.

Se puede usar un circuito de alimentación común para  $V_C$  y  $V_H$  para cumplir con los requisitos eléctricos del sensor. El valor de la resistencia de carga ( $R_L$ ) debe ser elegido para optimizar el valor del umbral de alarma, manteniendo la disipación de potencia ( $PS$ ) del semiconductor por debajo de un límite de 15 mW. La disipación de potencia ( $PS$ ) será mayor cuando el valor de  $R_s$  sea igual a  $R_L$  en la exposición al gas.

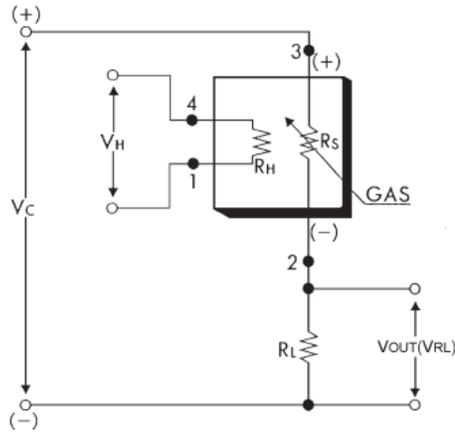


Ilustración 2-9. Circuito básico prueba sensor TGS2610

El valor de la disipación de potencia (PS) puede ser calculado utilizando la siguiente fórmula:

$$P_s = \frac{(V_c - V_{RL})^2}{R_s}$$

La resistencia del sensor ( $R_s$ ) se calcula con un valor medido de  $V_{OUT}$  ( $V_{RL}$ ) utilizando la siguiente fórmula:

$$R_s = \left( \frac{V_c}{V_{RL}} - 1 \right) * R_L$$

#### Datos técnicos:

- Voltaje del calentador :5v  $\pm$ 0.2ac/dc
- Corriente del calentador :56 $\pm$ 5mA
- Típico rango de detección: 500-10000ppm
- Encapsulado estándar: TO-5 metal

#### 2.2.4 Sensor de Gas MQ2

El sensor gas MQ2 es adecuado para detectar GLP, propano, metano, alcohol, hidrógeno, humo. Siendo más sensible al GLP y propano, el MQ2 es analógico y se utiliza en la detección de fugas de gas de equipos en los mercados de consumo y la industria. Cuenta con una alta sensibilidad y un tiempo de respuesta muy rápido, su sensibilidad puede ser ajustada gracias a un potenciómetro. Este sensor puede detectar concentraciones de gas combustible y humo en concentraciones de 300 a 10.000 ppm, incorpora una interfaz de tensión analógica que requiere un pin de entrada analógica del microcontrolador.



Ilustración 2-10. Encapsulados sensor MQ2

### Principio de funcionamiento

Este sensor es electroquímico y varía su resistencia cuando se expone a determinados gases, internamente posee un calentador encargado de aumentar la temperatura interna y con esto el sensor pueda reaccionar con los gases provocando un cambio en el valor de la resistencia. El sensor se comporta como una resistencia y necesita una resistencia de carga ( $R_L$ ) para cerrar el circuito y con este hacer un divisor de tensión y poder leerlo desde un microcontrolador:

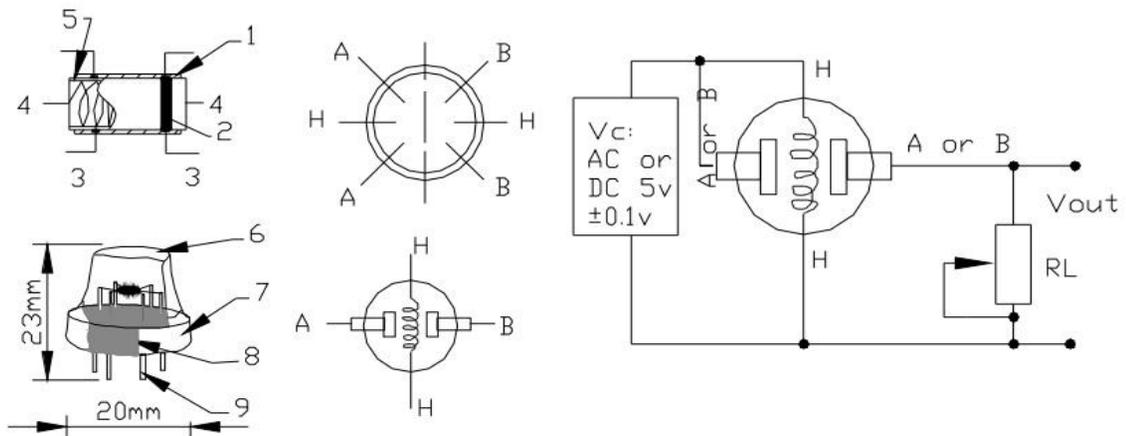


Ilustración 2-11. Circuito básico de prueba MQ2

Debido al calentador es necesario esperar un tiempo de calentamiento para que la salida sea estable y tenga las características que el fabricante muestra en sus datasheet, dicho tiempo puede ser entre 12 y 48 horas.

### Aplicaciones:

- Detector de fugas de gas doméstico
- Detector de gas combustible industrial
- Detector de gas portátil

### Especificaciones técnicas

- Tipo sensor : semiconductor

- Tipos de gas que detecta : gas combustible y humo
- Rango de detección : 300-10000ppm
- Voltaje calentador : 5v  $\pm$ 0.2ac/dc
- Resistencia de carga : ajustable
- Consumo de calentador : <900mW
- Tiempo de precalentamiento : 48 horas

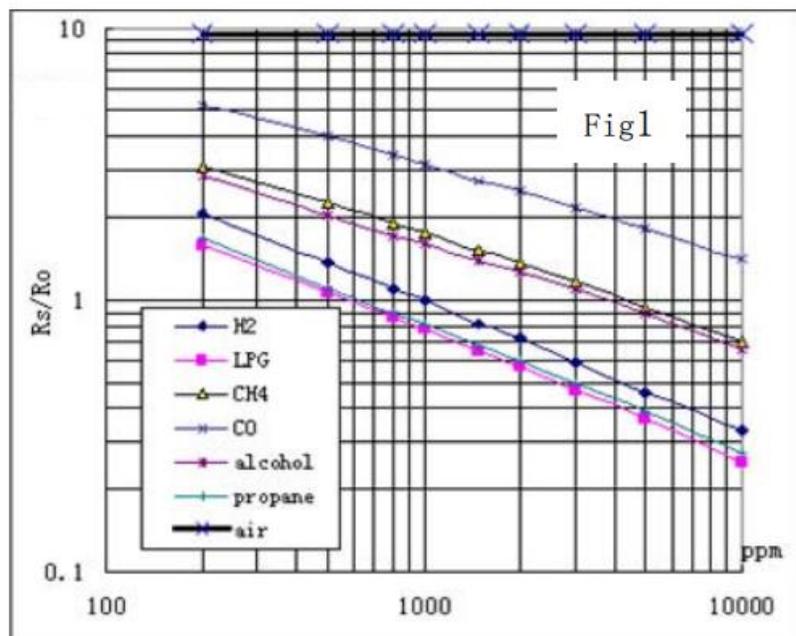


Ilustración 2-12. Curva de sensibilidad sensor MQ2

El cuadro muestra las características de sensibilidad típicas del MQ-2, la ordenada (Y) significa relación de resistencia del sensor ( $R_s / R_o$ ), la abscisa (X) es la concentración de gases.  $R_s$  es la resistencia del sensor que varía dependiendo de la concentración de un determinado gas, mientras  $R_o$  representa la resistencia del sensor a una concentración conocida. Todas las pruebas están bajo condiciones de prueba estándar.

#### 2.2.5 Sensor FIGARO CGM6812-B00

El sensor de gas tipo pellistor catalítico de Figaro proporciona durabilidad y estabilidad. Este módulo proporciona una tensión de salida analógica proporcional a la concentración de gas de hidrógeno.



Ilustración 2-13.Sensor Figaro CGM6812

CGM6812-B00 tiene recubrimientos conformes para aislamiento a prueba de humedad y aislamiento eléctrico, y también es capaz de detectar la rotura del cable del sensor. La unidad tiene un amplio rango de temperatura de funcionamiento de -10° a +60°C

Debido a que el sensor TGS6812 puede detectar metano y gas LP, así como hidrógeno, este módulo es adecuado para la detección de fugas de gas en celdas de combustible estacionarias y en detectores de fugas de hidrógeno y gas combustible.

#### Pines de conexión

Pin No.	Name	Description
1	GND	Common ground
2	NC	Any connection prohibited
3	NC	Any connection prohibited
4	VCONC	Concentration output voltage
5	VIN	Input voltage

Ilustración 2-14.Conexiones de pines CGM6812-B00

### Características de sensibilidad

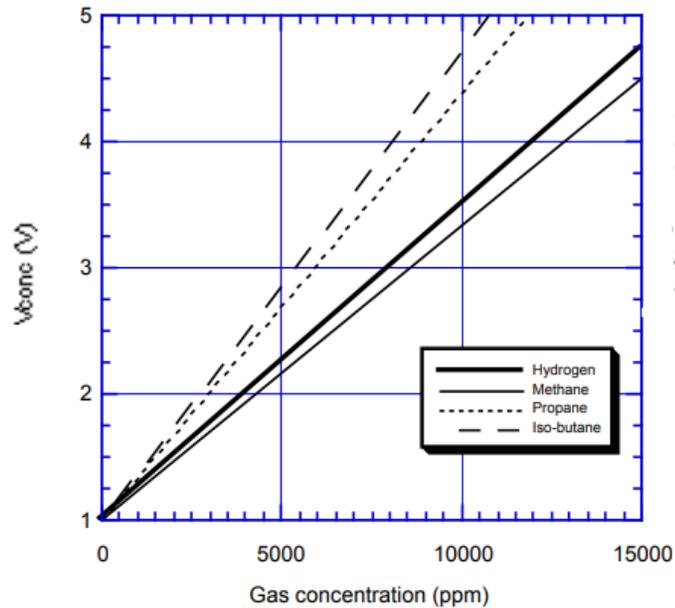


Ilustración 2-15. Curva sensibilidad sensor Figaro CGM6812

### Especificaciones técnicas

- Tipo de sensor :catalítico
- Rango de detección : 0-14000ppm
- Salida de voltaje :1-4.5v (máximo Vcc)
- Tiempo de respuesta :<30s
- Voltaje de alimentación : 5v  $\pm$ 0.2ac/dc
- Consumo: <1,5w

#### 2.2.6 Transmisor de Gases PrimaX P (propano)

El transmisor de la marca MSA ofrece calidad y confiabilidad comprobadas, y está disponible en sus versiones a prueba de explosión y seguridad intrínseca. Su carcasa de diseño innovador hace que el Monitor de Gases PrimaX sea fácil de usar e instalar, además de adecuado para su uso en instalaciones interiores y exteriores. Entrega una Señal de salida de 4 a 20 mA, El monitor cuenta con un enchufe de contacto que permite reemplazar el sensor de manera rápida y fácil, lo que simplifica su mantenimiento rutinario.

#### Características:

- El monitor de gas está contenido en una carcasa a prueba de explosión de aluminio

- Voltaje de funcionamiento: el monitor de gas puede funcionar entre 10-28 V CC
- Conexión a Cable de 3 hilos para todas las unidades combustibles
- El monitor de gas debe estar calibrado de fábrica, listo para usar de fábrica.
- La señal de salida del monitor de gas es de 4 a 20 mA
- La porción de lectura del sensor / transmisor mostrará la concentración de gas presente, La lectura será pantalla de cristal líquido (LCD).
- El sensor / transmisor estará dentro de una caja de plástico diseñada para cumplir con los requisitos de IP66
- Monitor de gas a prueba de explosiones
- Aprobación IECEx / EU: Gas - Ex d IIC Gb T4  
Dust - Ex ib IIIC Tx Db
- Aprobación NA: UL - Class I, Div 1, Group A, B, C, D  
CSA - Class I, Div 1, Group A, B, C, D



Ilustración 2-16. Monitor de gas primaX P

### 2.3 Electroválvula o válvula solenoide

Las electroválvulas o válvulas solenoides son dispositivos eléctricos diseñados para controlar el flujo de una sustancia líquida o gaseosa y solo pueden trabajar en modo TODO o NADA (ON/OFF) , es decir , o completamente abiertas o completamente cerradas bajo el efecto de una señal eléctrica . estos elementos están creados para poder utilizarse con agua, gas, aire, gas combustible, vapor entre otros

y , dependiendo del fluido que pase en su interior , puede ser fabricada de acero inoxidable , latón, bronce o PVC .

### 2.3.1 Partes de una válvula solenoide

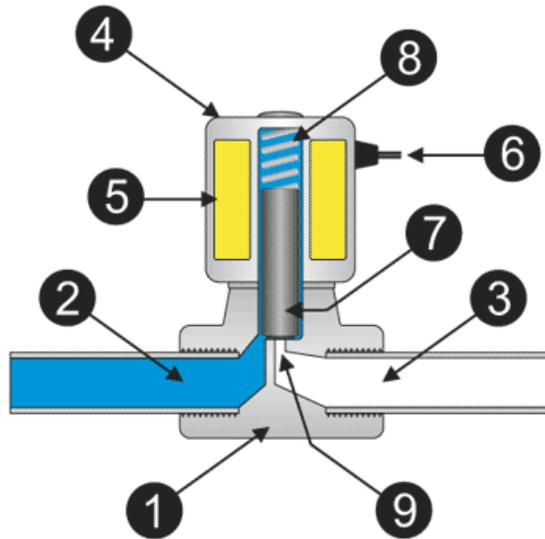


Ilustración 2-17. Partes válvula solenoide

1. Cuerpo de la válvula
2. Entrada del fluido
3. Salida del fluido
4. Cabeza solenoide
5. Bobina o solenoide
6. Cable de alimentación o señal eléctrica
7. Pistón o embolo
8. Resorte o muelle
9. Asiento de válvula

### 2.3.2 Principio de funcionamiento

Un solenoide es elementalmente una bobina de material conductor cuyo funcionamiento se basa en campos magnéticos. Al fluir una corriente eléctrica a través de él se genera un campo magnético (se crea un electroimán) de cierta intensidad en

su interior. un embolo hecho de metal ferroso es atraído por la fuerza magnética hacia el centro de la bobina, este movimiento provoca la apertura o cierre total en el cuerpo de la válvula.

Una vez que se activa el solenoide, la válvula se mantendrá abierta o cerrada (dependiendo del diseño) hasta que se corte la energía eléctrica y se desvanezca el campo electromagnético. En ese momento, un muelle o resorte empuja el embolo nuevamente hacia su posición original cambiando otra vez de estado la válvula.

### 2.3.3 Válvula normal cerrada

Es su estado de reposo el cierre del paso de fluido es el que predomina en la válvula. Al inyectarse un corriente al solenoide, esta se abre permitiendo la circulación del producto.

### 2.3.4 Válvula normal abierta

En estado de reposo (en condición de inactividad) la circulación del producto en el interior del cuerpo de la válvula prevalece hasta el momento en que el solenoide es editado.

### 2.3.5 Válvula de acción directa

Cuando se le aplica una tensión se acciona directamente la apertura o cierre de la válvula. Como en el caso de la válvula N.C., cuando no se encuentra energizada el embolo permanece en una posición que bloquea e impide el paso del fluido, cuando se energiza la bobina el embolo es magnetizado permitiendo que fluya el producto. a diferencia de la válvula N.A. el resorte sostiene el estado de apertura del asiento, y al momento de ser energizada esta se cierra bloqueando el gas, vapor o líquido.

### 2.3.7 Consideraciones de la válvula

- Hay que considerar la dirección del fluido para la cual fue diseñada la válvula. una flecha grabada en el cuerpo de esta determina el sentido que debe seguir el fluido
- Debe considerarse también, la posición en que se instala ya que las válvulas en su interior contienen un embolo de peso no despreciable. por ejemplo, en una válvula N.C. cuando el embolo no está magnetizado es el peso de este el que permite el cierre del asiento. si la válvula se instala con la parte superior de lado o hacia abajo, permanecerá en la posición magnetizada, cuando realmente no lo está.

### 2.3.8 Válvula Samsomatic Serie 3962

válvula solenoide para control de actuadores neumáticos lineales o rotativos.

La válvula solenoide tipo 3962 proporciona un alto nivel de seguridad operativa para controlar los actuadores neumáticos en áreas peligrosas.

Los diferentes tipos de protección, funciones de conmutación, caudales y tipos de conexión permiten que la válvula solenoide se adapte de manera óptima a la tarea específica.



Ilustración 2-18.Válvula Samsomatic

Los datos para este tipo de válvula solenoide y su actuador son entregados específicamente según su modelo, para este caso su modelo es:3962-940210401301012220000 y según la hoja de datos en adición a la codificación descrita las características técnicas más relevantes son:

- tipo de protección Ex d
- voltaje nominal 230V ac/dc
- certificados de protección || 2 GD Ex d ||C Ex iD A21 IP66 T
- Válvula 3/2 con retorno por resorte

- Conexión válvula ¼" NPT
- Grado de protección IP66
- Temperatura ambiente de trabajo -20°C a +40°C

### 2.3.9 Válvula Solenoide control de escape de gas

Esta válvula solenoide electrónica permite cortar automáticamente el paso del gas ante una fuga registrada por el detector de gas. El diámetro de la válvula es de 1 pulgada y ½ pulgada . al momento de detectar una fuga de gas, un impulso eléctrico es necesario para que la bobina de la válvula solenoide se accione y corte el paso del gas.

#### Características técnicas

- Alimentación: 12V
- Tipos De gas: Gas natural, gas licuado de petróleo, gas de carbón
- Materiales: Aleación cobre y zinc sellado con goma NBR
- Temperatura de operación -20°C hasta 60°C
- Consumo < 1,5A (pulso)
- Test Operación presión: 0 a 0.6 Mpa
- Cierre eléctrico o manual. Apertura manual
- Tipo de resistencia a la explosión: Seal
- Resistencia a la explosión: ExmIIT6
- Standards Q/TDBX01-2003
- Tiempo de cierre 1s



Ilustración 2-19.valvula control fuga de gas

### 2.3.10 Valvula solenoide Danfoss modelo 018Z6857



Ilustración 2-20.Válvula Danfoss

#### Características :

Es una valvula de solenoide Danfoss de 2 vias, esta diseñada para utilizarse en equipos de vapor, comprimidos y gases. El diseño esta basado en un concepto de diafragma PTFE, que garantiza un funcionamiento fiable, incluso en contacto con vapor contaminado.

El cuerpo de la valvula y asientos estan construido en bronce para garantizar una vida util prolongada, incluso en contacto con vapores y gases agresivos.

#### Características:

- Tipo: EV S1 15
- Temperatura: -30 a 100 °C
- Presión de prueba: 20 bar
- Dif. de presión: 0.3 a 10 bar
- Diámetro de conexión: 1/2 pulgada hembra
- Cuerpo: Bronce
- Bobina 220 VAC

## 2.4 Controlador Industriano IND. I/O D21G

IND.I / O es el controlador industrial compatible con Arduino. La lectura de los sensores de nivel industrial y el accionamiento de los actuadores se puede lograr con la misma facilidad que entregan las placas de desarrollo Arduino. Sumado a esto cuenta con la capacidad de E / S de nivel industrial aislado.

Las interfaces de E/S incluyen:

- 8 CH 24V I/O
- 4 CH 0-10V/4-20mA 18bit input
- 2 CH 0-10V/4-20mA 12bit output
- Transceptor RS485 aislado
- Fuentes de alimentación aisladas.

“IND.I / O” significa “I / O de nivel industrial”. El controlador ofrece una gran cantidad de opciones de interfaz, y tiene fuentes de alimentación aisladas para cada una de sus tres zonas funcionales.

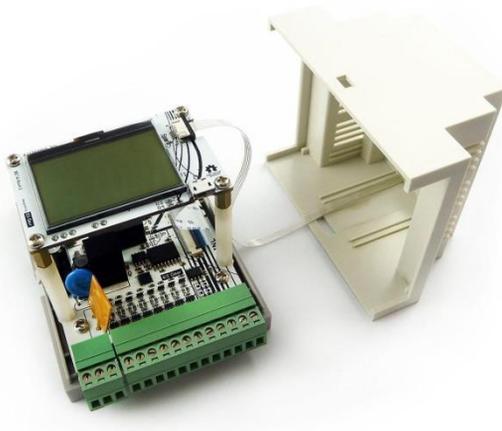


Ilustración 2-21. Industriano IND I/O D21G

### 2.4.1 Características analógicas

- Canales de entrada analógica: 4
- Canales de salida analógicos: 2
- Niveles analógicos: 0-10V / 4-20mA (conmutable en software)
- Resolución de entrada analógica: 18 bit.
- Resolución de salida analógica: 12 bit
- Totalmente aislado de MCU y lado digital (aislamiento de 1 kV)

### 2.4.2 Características digitales

- Voltaje de alimentación: 8-28V

- Canales de E / S digitales: 8
- Rango de voltaje de entrada digital: 3.3-28V
- Rango de voltaje de salida digital: atado a Vin (8-28V)
- Corriente de salida por pin digital 2.3A (Cortocircuito, sobre corriente, sobrecalentamiento protegido).
- Corriente de salida total: 6A (bloque omni fusionado)
- Totalmente aislado de MCU y lado analógico (aislamiento de 1 kV)
- Transceptor RS485 semidúplex

#### 2.4.3 Características microcontrolador

- Tipo de MCU: ATSAMD21G Arduino Cero / MKR equivalente
- Memoria Flash 256 KB
- SRAM 32 KB
- EEPROM 1 KB
- Velocidad del reloj 48 MHz
- Voltaje de funcionamiento MCU 3.3V / 5V tolerante
- Biblioteca compatible U8G y UC1701 LCD
- Panel de membrana de 3 botones conectado a los pines D23-D25
- Contraluz LCD PWM controlado a través del pin D26.
- Batería RTC respaldado con interrupciones programadas.
- Cargador de arranque Ethernet TFTP

Los desarrolladores de este Arduino tipo PLC además ofrecen dos módulos de expansión que permiten tener la información de las entradas y salidas de nuestro sistema vía ethernet o GSM, se pueden conectar a industruino mediante el puerto de expansión IDC 14p.



Ilustración 2-23. Módulo GSM/GPRS



Ilustración 2-22. Módulo Ethernet

## Capítulo 3 : diseño del sistema de detección y corte

### 3.1 Diseño del sistema: elección de dispositivos.

Los dispositivos fundamentales que se detallan a continuación fueron seleccionados para el diseño del sistema, para la elección de estos nos basamos en nuestro marco teórico y en el estudio del datasheet de cada instrumento con el fin de ver cuales cumplían con las normas y protecciones detalladas en el marco teórico, según lo anterior se optó por los instrumentos más fiables, prestaciones entregadas y seguridad en el campo.

- Transmisor de Gases Primax P: el motivo de la elección se basa en la fiabilidad de la medición, ya que al ser un instrumentos con características industriales los valores de salida son lo mas cercano a la realidad, sumado a esto gracias a que entrega una salida de 4-20mA podemos cubrir largas distancia desde el sensor al controlador sin perder datos de la medición . para ver los detalles ver anexo A
- Válvula Solenoide Control Escape Gas: esta simple válvula solenoide tiene una gran ventaja respecto de otras y es que en el caso de un corte general de energía eléctrica esta puede abrir y cerrar manualmente, en adición a esto el costo de adquisidor no se compara a las válvulas industriales .
- Controlador Industruino IND.I/O : los méritos que presenta este controlador por sobre otros controladores de nivel industrial es que a pesar de su bajo precio tiene ,por ejemplo ,en un solo dispositivo entradas tanto digitales como analógicos en este último caso incluso con resolución más alta que otros dispositivos de su tipo. Otra prestación importante tiene que ver con la plataforma de programación que entrega el fabricante puesto que el software es libre y no hay que desembolsar mayores sumas de dinero para poder obtener una licencia. para ver con detalles la información de industruino revisar ANEXO B

### 3.2 esquema general de entrada y salidas

La lógica de control tiene como referencia el siguiente esquema que representa que dispositivos se comportaran como entradas para el sistema y cuales indicaran una salida de este.

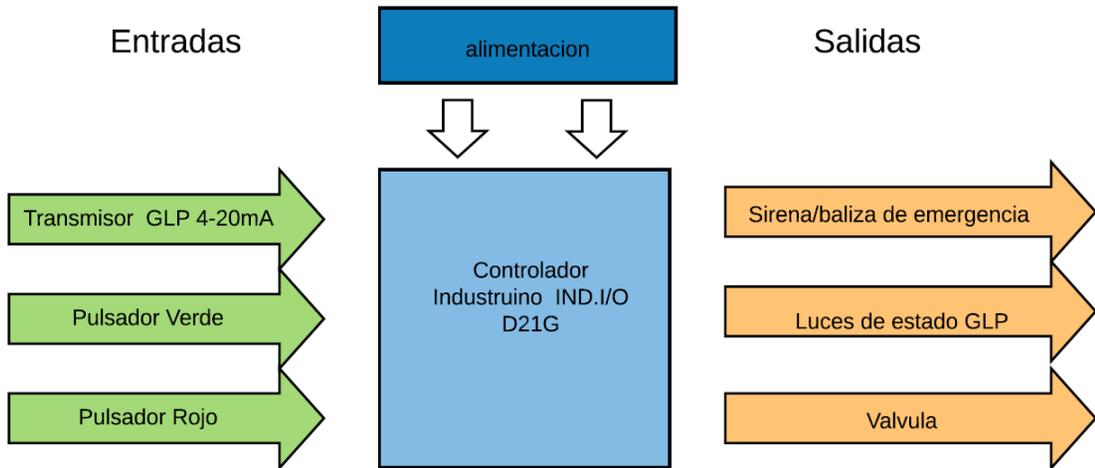


Ilustración 3-1.esquema de E/S del sistema de control

### 3.3 P&ID del sistema de control

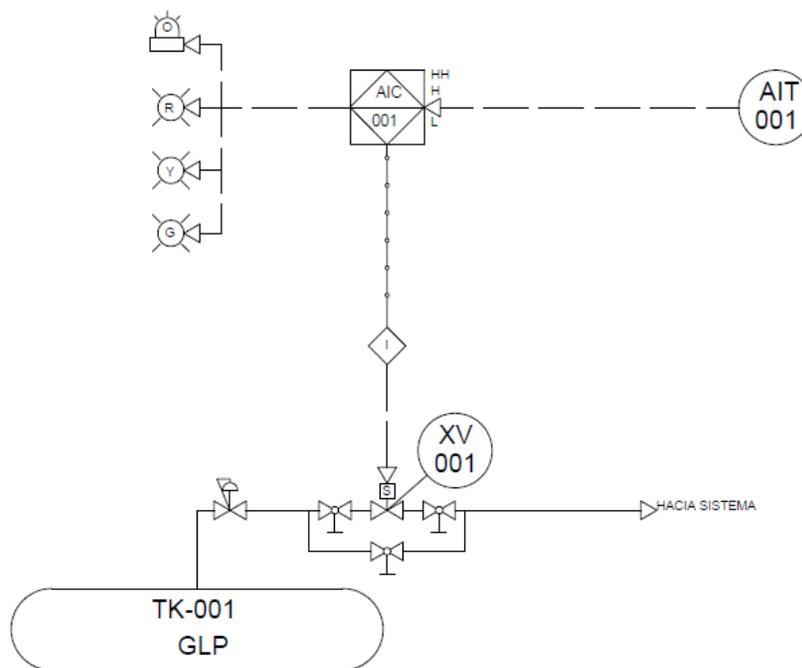


Ilustración 3-2.P&amp;id sistema de control

El diagrama de tuberías e instrumentos que muestra la ilustración describe la forma en que la válvula intervendrá en la línea de suministro de GLP cuando exista una fuga o una lectura mayor al establecido como la medición umbral en dirección hacia el sistema. El transmisor estará encargado de la detección del gas dentro del recinto enviando la captura de datos hasta el controlador, siendo este el encargado de la lógica de control establecida para la mitigación del riesgo. Los indicadores luminosos nos darán una respuesta visual al evento que se desencadene. En caso de un posible reemplazo o mantención de la válvula se disponen 3 válvulas manuales

que hacer de bypass para no entorpecer el suministro normal de las líneas del hidrocarburo.

3.4 Disposición de elementos en el gabinete de control

En las ilustraciones 3-3 y 3-4 se aclara distribución de los elementos principales del control del circuito dentro de un gabinete de dimensiones 500x400x200mm

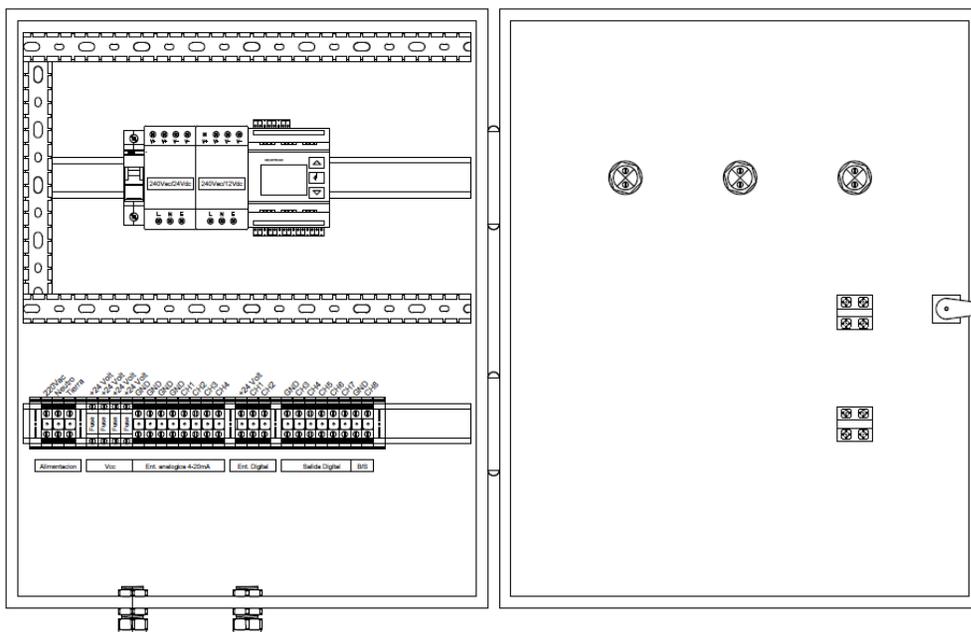


Ilustración 3-3. Disposición de elementos dentro del tablero (interior)

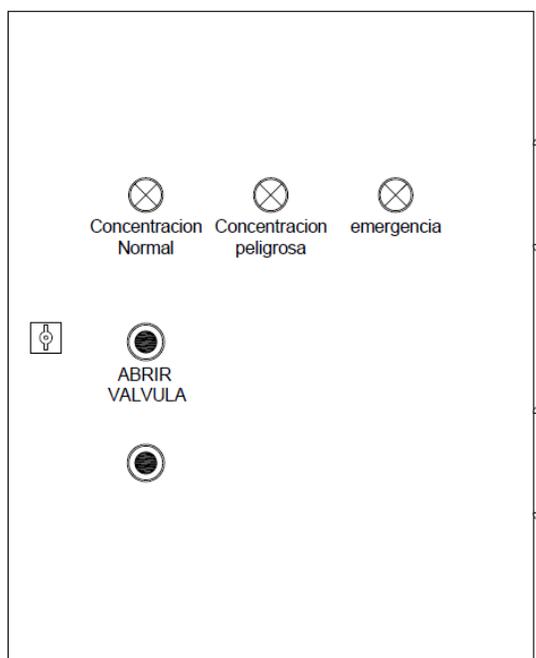


Ilustración 3-4. Disposición de elementos en tapa del tablero

3.5 esquema de conexiones

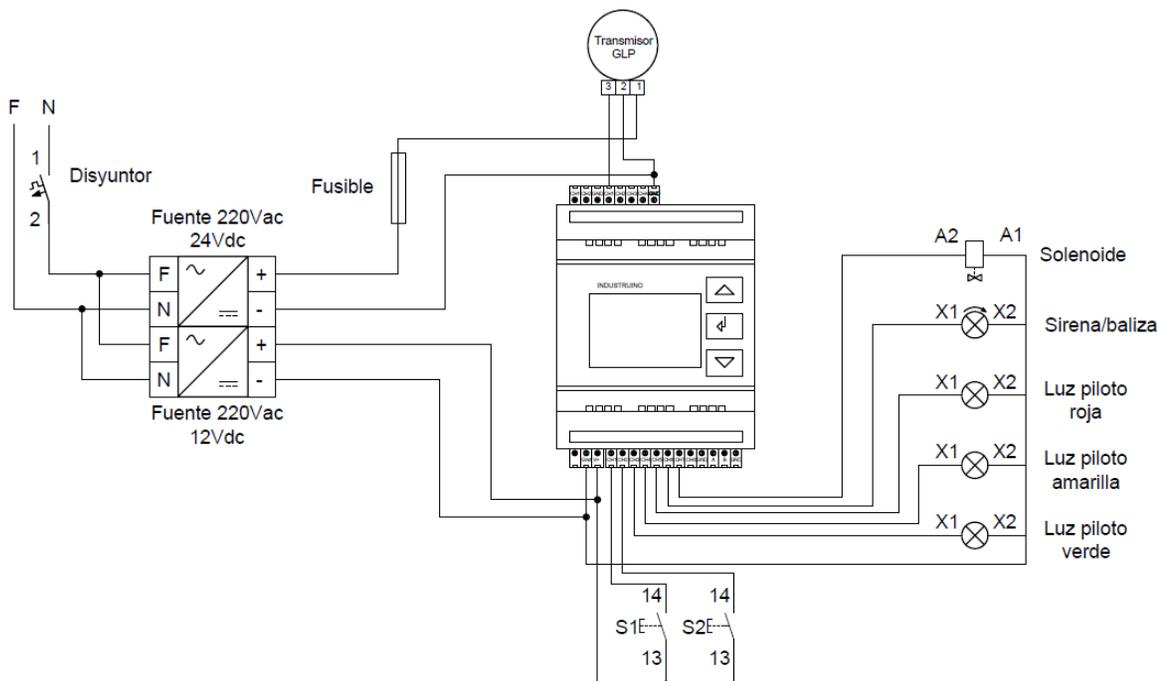


Ilustración 3-5. Esquema de conexiones

Tabla 3-1. Tabla de E/S industruino

Pin industruino	descripción	Tipo de entrada
Entradas o salidas digitales industruino		
Ch1	Pulsador verde S1	Entrada digital
Ch2	Pulsador Rojo S2	Entrada digital
Ch3	Luz piloto verde	Salida digital
Ch4	Luz piloto amarilla	Salida digital
Ch5	Luz piloto roja	Salida digital
Ch6	Baliza/sirena emergencia	Salida digital
Ch7	Válvula solenoide	Salida digital
Ch8	libre	Salida o entrada digital
Entradas análogas industruino		
Ch1	Entrada de señal 4-20mA	Entrada analógica
Ch2	Entrada de señal 4-20mA (libre)	Entrada analógica
Ch3	Entrada de señal 4-20mA (libre)	Entrada analógica
Ch4	Entrada de señal 4-20mA (libre)	Entrada analógica

3.6 Materiales básicos y cotización del sistema

En la siguiente tabla se detalla la cantidad y precio de cada uno de los materiales mínimos necesarios para la implementación funcional del sistema de corte, monitoreo, alarma .

Tabla 3-2.Presupuesto controlador

Item	Cantidad	Descripción	unidad	Precio / unidad	Precio
1	1	Transmisor MSA PrimaX™gas	unidad	\$500.000	\$500.000
2	1	Controlador industruino INDIO21G	unidad	\$115.000	\$115.000
3	1	Valvula solenoide 165GASVLV	unidad	\$29.990	\$29.990
4	3	Cable de alimentación 1,5mm	m	\$311	\$933
5	1	Cable control libre halogeno 1,5mm	m	\$102	\$102
6	15	CABLE INSTRUMENTACION 1X3X16AWG	m	\$1.226	\$18.390
7	1	Baliza / zumbador ambar 12 V IP 65	unidad	\$20.300	\$20.300
8	3	Luz piloto 12-24VAC/CC LED	unidad	\$3.683	\$11.049
9	23	Bornera estandar 2.5mm	unidad	\$589	\$13.544
10	3	Bornera tierra 6mm2 verde/amarillo	unidad	\$1.314	\$3.941
11	5	Tapa separador para borne	unidad	\$207	\$1.033
12	1	Canaleta ranurada de 40 X 40MM TIRA 2M	unidad	\$3.184	\$3.184
13	2	Boton pulsador NA	unidad	\$3.232	\$6.464
14	1	Fuente de alimentacion 24VDC 30W	unidad	\$30.533	\$30.533
15	1	Fuente de alimentacion 12VDC 30W	unidad	\$38.169	\$38.169
16	1	Caja metalica 500x400x200 mm IP65 con placa montaje	unidad	\$24.990	\$24.990
17	1	Condulet "LB" aluminio 1/2"	unidad	\$1.012	\$1.012
18	1	Condulet "T" aluminio 1/2"	unidad	\$802	\$802
19	1	ABRAZADERA ELECTROGALVANIZADA PARA CONDUIT 2PC 1/2	unidad	\$44	\$44
20	1	Conduit rigido galvanizado 1/2" x 3000 mm	unidad	\$3.799	\$3.799
21	4	Prensa estopa PG 13,5	unidad	\$971	\$3.885
22	1	Interruptor termomagnetico 1P 2A	unidad	\$7.363	\$7.363
23	1	borne portafusible 2,5 mm2	unidad	\$3.990	\$3.990
24	50	Terminal Starfix 1.5mm2	unidad	\$143	\$7.128
25	1	Riel Din	m	\$721	\$721
				subtotal	\$846.365,75
				IVA 19%	\$160.809
				total	\$1.007.175,24

Como se aprecia en la tabla el precio final del controlador equivaldría a \$1.007.175 , la mayor parte del precio está en el transmisor esto debido a que es de tipo industrial y específico para este tipo de aplicaciones. Otros materiales que aportan a esta cifra son las fuentes de poder y el controlador industruino.

#### Ejemplo de cotización

Bien es cierto que un cálculo exacto de las necesidades de una instalación necesitaría de un estudio en detalle de las características para cada caso, tipo de ventilación,

estructura de la cocina, techos en caso de gas ciudad, etc. Pero a rasgos generales y como orientación diremos que se instalara un detector en una cocina (zona 1) de aproximadamente 15m<sup>2</sup> y otro en una sala de calefón (zona 2) de 20m<sup>2</sup> .

El transmisor se instalará a una altura de unos 25 cm. del suelo, lo más cercano posibles fugas como conexiones (codos,T , terminales) .

Cotización

Infraestructura: Restaurant

Condiciones de funcionamiento:

Lugar de Instalación: Cocina y sala de calefón

Gas a detectar: GLP (Propano).

Margen de funcionamiento: 0-100% LEL

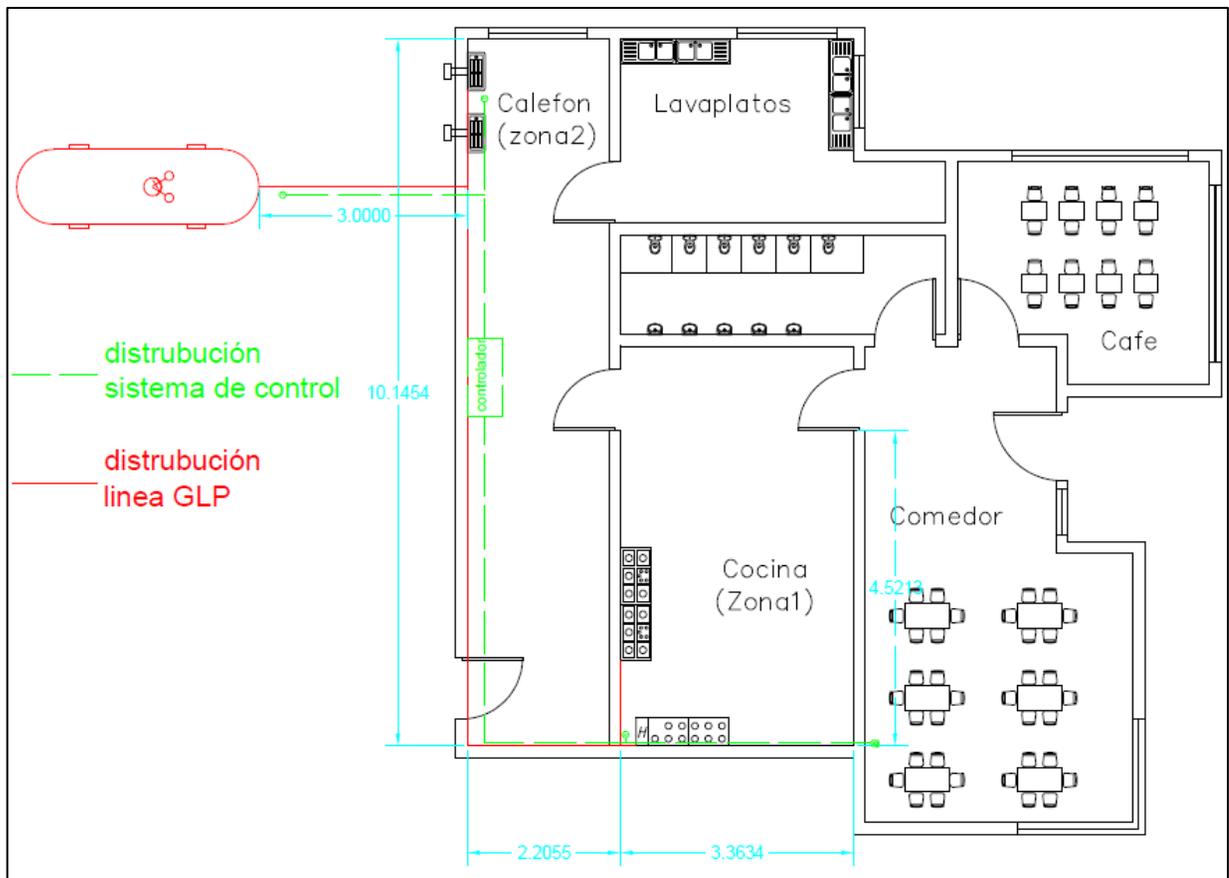


Ilustración 3-6.Planta restorant

Tabla 3-3.Oferta de instalacion

Ítem	Precio unitario
Unidad básica de control de fuga GLP (incluye 1 detector primax P, controlador, válvula solenoide, y detalles básicos de instalación )	\$846.365
Se agrega un detector de Gas PrimaX P (zona 2)	\$500000
Se agrega 4 Conduit rígido galvanizado 1/2" x 3000 mm	\$3.799
Se agrega 1 Condulet "LB" aluminio 1/2"	\$3.799
Se agrega Condulet "T" aluminio 1/2"	\$971
Se agrega 10 mts cable instrumentación 1x3x16awg	\$12.260
<b>Subtotal 1</b>	<b>\$1.367.194</b>
<b>IVA</b>	<b>\$259.766</b>
<b>Subtotal 2</b>	<b>\$1.626.960</b>
<b>Mano de obra instalación</b>	<b>\$2.000.000</b>
<b>total</b>	<b>\$3.626.960</b>

### 3.7 Seudocódigo para el sistema

Cuando se desarrolle el programa, se proponen las siguientes líneas de seudocódigo que contiene las indicaciones mínimas para que el controlador tome las correctas decisiones

1. Inicio
2. Iniciar válvula cerrada
3. Iniciar luz verde, amarilla, roja, sirena/baliza apagadas
4. Iniciar variable sensor = 0
5. Iniciar botón verde y rojo
6. Leer botón verde, verde y sensor
7. Si se pulsa el botón verde
  - a. Abrir válvula
  - b. Escribir: "válvula abierta"

8. Si no, si se pulsa botón rojo
  - a. Cerrar válvula
  - b. Escribir: "válvula cerrada"
9. Si no, si sensor < 20 %
  - a. Encender luz verde
10. Si no, si sensor >=40 %
  - a. Encender luz amarilla
  - b. Escribir: "precaución niveles altos de GLP"
11. Si no, si sensor >=80 %
  - a. Encender luz roja, sirena/baliza
  - b. Cerrar válvula
  - c. Escribir: "emergencia fuga de gas , se cerró válvula de suministro"
12. Si no volver a leer (punto 6)

Adicionalmente en el ANEXO C se presenta un diagrama de flujo que describe la misma sintaxis del programa para mayor comprensión .

### 3.8 Entorno de programación de alto nivel: EASYCODING.TN

EASYCODING.TN es una página web desarrollada por Adel Kassah profesor de informática en una secundaria en Túnez. En ella se puede encontrar herramientas de programación online que facilita la tarea de desarrollar líneas de código de bajo nivel mediante la utilización de un sencillo lenguaje de bloques.

Las herramientas de programación que se pueden encontrar son:

- Blocklyduino: diseñado para desarrollar sketch para la placa de desarrollo Arduino.



Ilustración 3-7. Blocklyduino

- Tuniot For ESP8266: desarrollado para programar el SoC ESP8266, también aplicable para las placas de desarrollo Nodemcu V0.9, V1.0/V2,V1.0/V3 .



Ilustración 3-8.Tuniot for esp8266

- Tuniot For ESP32: creado para desarrollar programas para la tarjeta de desarrollo ESP32 , que incluye la posibilidad de conexión wifi y bluetooth .



Ilustración 3-9.Tuniot for ESP32

- EasyPython: enfocado para ayudar a escribir códigos para el entorno de programación Python

Ejemplo de aplicación en entorno Blocklyduino:

Se requiere leer e imprimir mediante el puerto serial una variable analógica, según las mediciones de la variable se cumpla que cuando la lectura supere el valor 500 inicie el parpadeo de un led instalado en el pin digital 3 , si no es así el led debe permanecer apagado.

En la pestaña de interacción “Bloques” se puede encontrar todas las funciones, lógicas, matemáticas, funciones específicas , retardos , salidas digitales ,analógicas etc.. para agregarlas al y ensamblarlas solo se debe seleccionar y arrastrar el bloque hasta donde se requiera

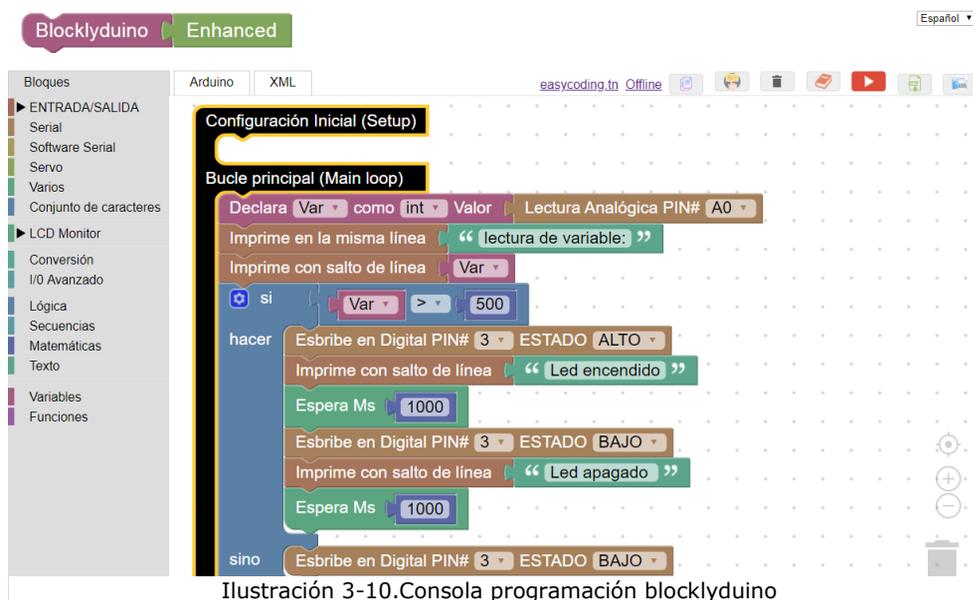
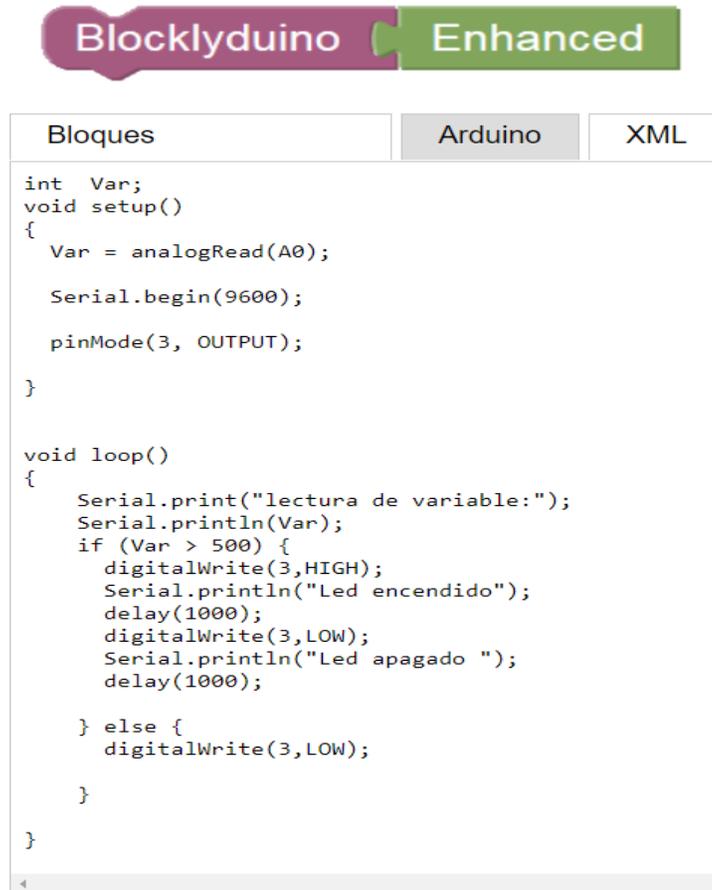


Ilustración 3-10.Consola programación blocklyduino

Para visualizar el código que se genera se debe hacer click sobre la pestaña "arduino"



The image shows the Blocklyduino Enhanced interface. At the top, there is a logo with 'Blocklyduino' in a purple rounded rectangle and 'Enhanced' in a green rounded rectangle. Below the logo is a tabbed interface with three tabs: 'Bloques', 'Arduino', and 'XML'. The 'Arduino' tab is selected and active. The code displayed in the 'Arduino' tab is as follows:

```
int Var;
void setup()
{
  Var = analogRead(A0);

  Serial.begin(9600);

  pinMode(3, OUTPUT);
}

void loop()
{
  Serial.print("lectura de variable:");
  Serial.println(Var);
  if (Var > 500) {
    digitalWrite(3,HIGH);
    Serial.println("Led encendido");
    delay(1000);
    digitalWrite(3,LOW);
    Serial.println("Led apagado ");
    delay(1000);
  } else {
    digitalWrite(3,LOW);
  }
}
```

Ilustración 3-11.Resultado blocklyduino

La herramienta entrega todas la líneas necesarias para la programación en el entorno IDE de Arduino , incluyendo en el caso de ser necesarias llamar a las librerías específicas .

### 3.9 Maqueta del de sistema de detección

El prototipo del sistema de detección fue elaborado utilizando como controlador la placa de desarrollo Nodemcu v2 basado en el módulo ESP8266 que cuenta al igual que arduino con pines de entrada y salida digital, una entrada analógica y pines de conexión serial entre otras cualidades. Su particularidad recae en la posibilidad de conexión WIFI y contando además de un bajo consumo eléctrico (alrededor de los 80mA).



Ilustración 3-12. Maqueta a escala del sistema

Esta maqueta cumple con las funciones primordiales del sistema de control:

- Detección
- Corte de suministro
- Alarma de fuga de GLP

Adicionalmente se instaló una ventilación forzada en caso de detección y aprovechando las características del Nodemcu se integró la capacidad de enviar un correo electrónico notificando la fuga del gas. En el ANEXO D se puede ver el código de programación utilizado para configurar estas características.

Materiales :

- Nodemcu V2 (Esp8266)
- Modulo sensor GLP MQ-2
- Modulo 2 relé
- Válvula solenoide Danfoss
- Regulador de voltaje LM2596 DC-DC
- Transformador 220Vac/12Vdc
- Acrílico 300x300x3mm
- Ventilador mm 12v 0,15mA

- Tubos cobre ½"
- Cilindro GLP 2Kg
- Manguera
- Caja estanca 200x155x80mm ip55
- Led bicolor verde rojo 5mm
- Led rainbow 5mm
- Pulsador NA 11mm verde
- Pantalla LCD 16x2 (i2c)

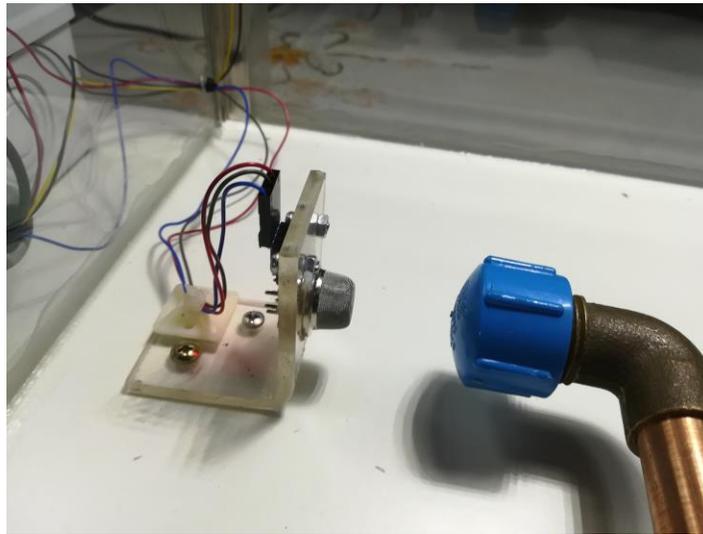


Ilustración 3-13. Sensor MQ2 y fuga de GLP

Para provocar una fuga controlada se dispuso de un orificio de 1mm de diámetro en la punta de un tapón de PVC de ½" instalado en el final de la línea de suministro de GLP. esta perforación apunta directamente al cabezal del modulo sensor MQ2 para facilitar la velocidad de detección del gas evitando el escape excesivo del combustible.

## Conclusión

Las aplicaciones de la automatización no son solo para dar solución a problemáticas de la gran industria sino también para llevarlas al diario vivir, hospitales, restaurantes, locales comerciales, edificios en otras, debido a que es adaptable y moldeable a las necesidades del problema.

El sistema de mitigación propuesto en este escrito se orientó a espacios donde el tránsito de personas es habitual, donde muchas veces la seguridad es ignorada y la mezcla de aire, GLP y una fuente de ignición puede ser letal para personas y estructuras.

En el presente trabajo se pusieron en práctica los conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera, llevándolo a la práctica con el objetivo de crear un sistema que preste seguridad a las personas e integridad a los recintos en que sea instalado, ya que desde el momento es que analizamos las hojas de seguridad del GLP se demuestra lo peligroso que puede ser.

Respecto a la selección de materiales, cabe señalar que gracias a la interpretación de las hojas de datos se puede discriminar que instrumento y material es el adecuado para cumplir a cabalidad y con exactitud el objetivo del control.

## Brechas

¿Qué cosas le haría pensar al dueño de un restorán, hospital, café, que es innecesario un sistema de control de fugas?

La tecnología que se desconoce o no se entiende a veces puede traer incertidumbre y duda, por ejemplo, es correcto pensar que agregarle una electroválvula a la línea de suministro de GLP puede ser más un problema que una medida de seguridad o que sucedería si el sensor falla, a esto también hay que agregar los costos de instalación y posterior mantención y actualización del sistema.

Una brecha importante es que en Chile no existe legislación explícita con respecto a sistemas de seguridad para líneas de suministro de gases, por tanto, no obliga a ningún administrador a tener un sistema como el propuesto en este trabajo.

## Oportunidades

¿Qué cosas le haría pensar al dueño del mismo local instalar un sistema de control de fugas?

Si se instala un sistema de este tipo habrá un plus en la seguridad del local ya que por ejemplo si existe una fuga mientras nadie se encuentre en el local el controlador tomará la decisión de corte de suministro sin la necesidad que un

operador tenga que estar presente. otro punto a favor es que industrial tiene más de una entrada analógica por lo que se puede monitorear más ambientes por vez, y mucho mejor el controlador puede monitorear otras variables como la calidad del aire dentro de una cocina o los gases producidos por la combustión del GLP como por ejemplo monóxido y dióxido de carbono etc.

## Linkografía

- D21G, I. Industruino IND.I/O kit | Industruino. [en línea] Industruino.com. <<https://industruino.com/shop/product/industruino-ind-i-o-d21g-2>> [consulta: 5 junio 2019].
- Sec.cl. Hoja de datos GLP. [en línea]. <[http://www.sec.cl/pls/portal/docs/PAGE/SEC2005/COMBUSTIBLES/HDS/GLP/HDS\\_INDURA\\_GAS\\_LICUADO\\_DE\\_PETROLEO.PDF](http://www.sec.cl/pls/portal/docs/PAGE/SEC2005/COMBUSTIBLES/HDS/GLP/HDS_INDURA_GAS_LICUADO_DE_PETROLEO.PDF)> [consulta: 25 mayo 2019].
- Pololu.Hoja de datos MQ2. [en línea]< <https://www.pololu.com/file/0J309/MQ2.pdf>> [consulta:25 mayo 2019].
- Figaro.product information TGS2610 . [en línea] <[https://www.figaro.co.jp/en/product/docs/tgs2610\\_product\\_information\\_rev03.pdf](https://www.figaro.co.jp/en/product/docs/tgs2610_product_information_rev03.pdf)> [consulta: 14 junio 2019]
- Serma Chile .EL Diamante de Materiales Peligrosos. [en línea] <<http://www.sermachile.cl/nfpa-704-el-diamante-de-materiales-peligrosos/>> [consulta: 25 mayo 2019]
- MAGGIO, Andrés. Clasificación de los materiales peligrosos .[en línea] <[http://www.asiquim.com/asiquim2/documentos/Clasificacion\\_2009\\_v3.pdf](http://www.asiquim.com/asiquim2/documentos/Clasificacion_2009_v3.pdf)> [consulta: 25 mayo 2019]
- Draeger. Introducción a los sistemas de detección de gases. [en línea]. <[https://www.draeger.com/Library/Content/9046703\\_infoflip\\_gds\\_es\\_l3.pdf](https://www.draeger.com/Library/Content/9046703_infoflip_gds_es_l3.pdf)> [consulta: 20 junio 2019]
- Msa .manual de funcionamiento primaX. [en línea] <[http://s7d9.scene7.com/is/content/minesafetyappliances/PrimaX%20I-P%20Operating\\_Manual%20-%20ES](http://s7d9.scene7.com/is/content/minesafetyappliances/PrimaX%20I-P%20Operating_Manual%20-%20ES)> [consulta: 30 julio 2019]
- Easycoding.tn. Easycoding. [en línea]< <http://easycoding.tn> > [consulta: 4 agosto de 2019]
- Detectores y Sensores. Válvula Solenoide Control Escape Gas 1 Pulgada. [en línea]<<https://www.detectores.cl/tienda/valvula-solenoide-control-escape-gas>> [consulta: 30 julio 2019].