



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE GUAYAQUIL**

**CARRERA:  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Proyecto técnico previo a la obtención del título de:  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**Título:  
“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
DETECCIÓN Y MONITOREO DE GAS METANO EN UNA  
MAQUETA DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS”**

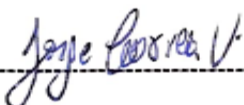
**Autores:  
JORGE STALIN CORREA VARAS  
ISAAC GERMAN ZAVALA CHACON**

**Tutor de proyecto Técnico:  
ING. LUIS NEIRA, MSc.**

**GUAYAQUIL- ECUADOR**

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.**

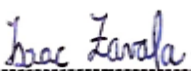
Nosotros, JORGE STALIN CORREA VARAS y ISAAC GERMAN ZAVALA CHACON autorizamos a la **Universidad Politécnica Salesiana** la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro. Además, declaramos que los conceptos y los análisis desarrollados con sus conclusiones en el presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.



---

Jorge Stalin Correa Varas

Cédula: 1718063199



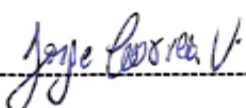
---

Isaac German Zavala Chacón

Cédula: 0950049254

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN A LA UPS**

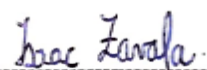
Nosotros, **JORGE STALIN CORREA VARAS**, con documento de identificación N° **1718063199** e **ISAAC GERMAN ZAVALA CHACÓN** con documento de identificación N° **0950049254**, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA** la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de grado titulado: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE DETECCIÓN Y MONITOREO DE GAS METANO EN UNA MAQUETA DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS”** mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de **INGENIERO ELECTRÓNICO**, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos antes cedidos. En aplicación a lo determinado por la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscrito este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



---

Jorge Correa

Cedula: 1718063199



---

Isaac Zavala

Cedula: 0950049254

**CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN  
SUSCRITO POR EL TUTOR.**

Yo, **ING. LUIS NEIRA CLEMENTE, MSc.** Director del proyecto de titulación denominado: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE DETECCIÓN Y MONITOREO DE GAS METANO EN UNA MAQUETA DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS”** realizado por los estudiantes **ISAAC GERMAN ZAVALA CHACON** y **JORGE STALIN CORREA VARAS**, certifico que han sido orientado y revisado durante su desarrollo, por cuanto se aprueba la presentación del mismo ante las autoridades pertinentes.



-----  
**Ing. Luis Neira Clemente, MSc.**

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar este proyecto primero a Dios, que, aunque muchas veces pensamos estamos solos a la larga siempre podemos ver la mano de él si le pedimos de la forma correcta.

A mi querida madre María Pilar Varas Gómez, ya que sin tu apoyo y guía no hubiera podido cumplir las metas que me he propuesto, siempre has sido mi ejemplo a seguir para poder ser mejor persona y a luchar por superarme cada día.

A mi hermano Josué Steve Correa Varas, aparte de hermano mi amigo, sé que en ti tengo y tendré siempre apoyo ante cualquier circunstancia que se nos pueda presentar en la vida.

Por último, a mi hija Mila Valentina Correa Nan, desde el momento que supe venías a mi vida he querido poder ser el papá que te mereces, un ejemplo que puedas seguir o del cual te sientas orgullosa.

**Jorge Stalin Correa Varas**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de Titulación se lo dedico en primer lugar a Dios por darme las fuerzas para continuar en estas jornadas y las que vienen.

A mi Madre Sara por darme fuerzas apoyo en momentos difíciles y haberme enseñado a nunca rendirme, gracias a sus enseñanzas y valores inculcados he llegado hasta donde estoy.

A mi hermano Christopher por su estima y apoyo incondicional brindado en este proceso  
Agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana por la formación académica y moral brindada en la institución.

Agradezco a mi compañero de Tesis Jorge por el esfuerzo, apoyo y perseverancia que le hemos dado al trabajo de Titulación.

Isaac German Zavala Chacón

## **AGRADECIMIENTO**

Primero quiero agradecer a Dios, por brindarme salud y darme fuerzas para que a pesar del tiempo transcurrido mantenerme en mi objetivo de seguir el camino de la superación intelectual. A mi madre querida quien supo guiarme con su ejemplo y dedicación, inculcando valores, enseñándome a esforzarme cada día e intentar ser mejor persona en todos los posibles aspectos de la vida.

A mis profesores que a lo largo de la carrera nos compartieron sus conocimientos, sin egoísmo, nos prepararon para los retos que la vida laboral nos puede poner, en especial a nuestro tutor de tesis el Ingeniero Luis Neira, gracias a toda la ayuda brindada a lo largo del desarrollo del proyecto, a todas las personas que directa o indirectamente formaron parte no solo del desarrollo de este proyecto sino a lo largo del estudio de la carrera de ingeniería.

**Jorge Stalin Correa Varas**

## **AGRADECIMIENTO**

El presente trabajo de Titulación se lo dedico en primer lugar a Dios por darme las fuerzas para continuar en estas jornadas y las que vienen

A mi Madre Sara por darme fuerzas apoyo en momentos difíciles y haberme enseñado a nunca rendirme, gracias a sus enseñanzas y valores inculcados he llegado hasta donde estoy.

A mi hermano Christopher por su estima y apoyo incondicional brindado en este proceso

Agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana por la formación académica y moral brindada en la institución

Agradezco a mi compañero de Tesis Jorge por el esfuerzo, apoyo y perseverancia que le hemos dado al trabajo de Titulación.

**Isaac German Zavala Chacón**



## RESUMEN

<b>AÑO</b>	<b>ALUMNOS</b>	<b>DIRECTOR DE PROYECTO TÉCNICO</b>	<b>TEMA DE PROYECTO TÉCNICO</b>
2019	<b>JORGE CORREA</b>  <b>ISAAC ZAVALA</b>	ING. LUIS NEIRA CLEMENTE MSc.	<b>“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE DETECCIÓN Y MONITOREO DE GAS METANO EN UNA MAQUETA DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS”</b>

El presente proyecto técnico tiene como objetivo realizar el diseño e implementación de un sistema de detección y monitoreo de gas metano, el principal subproducto de la descomposición anaeróbica de la materia orgánica del agua residual. Es un hidrocarburo combustible de alto valor energético, incoloro e inodoro. Normalmente no se encuentra en grandes cantidades en el agua residual, puesto que incluso pequeñas cantidades de oxígeno tienden a ser tóxicas.

Para ello, se va a prevenir que en las plantas de tratamiento exista riesgo de incendio por efecto de una elevada producción de metano debida a la descomposición anaeróbica. Con esto se soluciona el problema de que por la existencia de alguna chispa que se produzca alrededor de la piscina de la planta, se genere un conato de incendio.

## ABSTRACT

<b>YEAR</b>	<b>STUDENTS</b>	<b>DIRECTOR OF TECHNICAL PROJECT</b>	<b>TECHNICAL PROJECT THEME</b>
2019	<b>JORGE CORREA</b>  <b>ISAAC ZAVALA</b>	ING. LUIS NEIRA CLEMENTE MSc.	<b>“DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A METHANE GAS DETECTION AND MONITORING SYSTEM IN A WATER TREATMENT PLANT MODEL”</b>

This technical Project aims to carry out the design and implementation of a detection and monitoring system for methane gas, the main byproduct of anaerobic decomposition of organic matter from wastewater. It is a combustible hydrocarbon of high energy value, colorless and odorless. It is not normally found in large quantities in wastewater, since even small amounts of oxygen tend to be toxic.

For this, it is going to be prevent that in the treatment plants there is a risk of fire due to the high production of methane due to anaerobic decomposition. This solves the problem that due to the existence of a spark that occurs around the plan's pool, a fire hazard is generated

## ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN. ....	2
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS	3
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN SUSCRITO POR EL TUTOR.....	4
DEDICATORIA .....	5
AGRADECIMIENTO .....	7
AGRADECIMIENTO .....	8
RESUMEN .....	9
ABSTRACT.....	10
ÍNDICE FIGURAS .....	13
ÍNDICE DE TABLAS.....	15
INTRODUCCIÓN.....	16
1. EL PROBLEMA.....	18
1.1. Antecedentes .....	18
1.2. Importancia y Alcances .....	18
1.3. Delimitación .....	18
1.3.1. Temporal .....	18
1.3.2. Espacial.....	18
1.3.3. Académica .....	18
1.4. Objetivos .....	19
1.4.1. Objetivo General .....	19
1.4.2. Objetivos Específicos.....	19
2. Fundamentos teóricos .....	19
2.1. Metano.....	19
2.2. Sensor de gas MQ2 .....	20
2.3. Tarjeta Electrónica Arduino .....	23
2.4. Sensor de PH .....	25
2.5. Peligro de gases .....	26
2.6. LabView.....	27
2.6.1. Bloque Control Lazo Cerrado .....	27
2.7. Matlab.....	28
2.7.1. Adquisición de datos ARDUINO y MATLAB.....	29
3. MARCO METODOLÓGICO .....	31
3.1. Descripción del proceso .....	33
3.2. Tablero eléctrico de control y fuerza .....	34
3.3. Medición de nivel de GAS .....	35

3.4.	LECTURA DIGITAL DE LOS SENSORES MQ2 .....	35
3.5.	PROGRAMACIÓN EN MÓDULO ARDUINO UNO.....	37
3.6.	MODULO PUENTE H.....	40
3.7.	MODULO NODEMCU.....	41
3.8.	MODULO DE PODER.....	42
3.9.	Modulo dht11 humedad y temperatura.....	44
3.10.	Sensor de temperatura LM35 .....	45
3.11.	Programación para la lectura de humedad y temperatura con Arduino.....	47
3.12.	Medición de temperatura del agua .....	49
3.13.	Diseño del tablero de control .....	50
3.14.	Diseño Proteus 7 profesional .....	51
3.15.	Programación software labview .....	52
3.16.	Lógica difusa.....	53
3.17.	Diseño del sistema de control difuso.....	57
4	Resultados.....	64
5.	Conclusiones .....	71
6.	Recomendaciones.....	72
7.	Anexos.....	73
8.	Bibliografía .....	84

## ÍNDICE FIGURAS

Figura 2.1: Bolsas de metano en pozos geológicos .....	19
Figura 2.2: Módulo sensor de gas metano .....	20
Figura 2. 3: Dimensiones y partes.....	21
Figura 2.4: Placa electrónica Arduino.....	23
Figura 2.5: PCB de un Arduino .....	24
Figura 2.6: Ventajas de utilizar Arduino.....	24
Figura 2.7: Sensor de PH Arduino .....	25
Figura 2.8: Gases peligrosos .....	26
Figura 2.9: Diagrama de bloques .....	27
Figura 2.10: Ejemplo bloque de programación PID .....	28
Figura 2. 11: Ejemplo Control lazo cerrado.....	30
Figura 2. 12: Ejemplo de Grafica control lazo cerrado .....	30
Figura 3.1: Maqueta del Sistema de control de GAS METANO.....	31
Figura 3.2: Parte interna del tablero de Control y Fuerza .....	32
Figura 3.3: Ubicación de elementos en maqueta .....	32
Figura 3.4: Ingreso del Gas GLP .....	33
Figura 3.5: Tablero Eléctrico de control y Fuerza .....	34
Figura 3.6: Interface for Arduino para la medición de nivel de gas.....	35
Figura 3.7: Sensor de Gas MQ2.....	35
Figura 3.8: Conexión entre arduino y sensor MQ2.....	36
Figura 3.9: Materiales para prueba .....	36
Figura 3.10: Diseño circuito modulo puente H.....	40
Figura 3.11: Controlador de motores .....	41
Figura 3.12: Modulo NODEMCU .....	42
Figura 3.13: Módulo de poder .....	43
Figura 3.14: Módulo DTH11 (ELECTRONICOS) .....	44
Figura 3.15: Sensor LM35 (Instruments, 2017, pág. 38).....	45
Figura 3.16: Diagrama de bloques funcional (Instruments, 2017).....	46
Figura 3 17: Curvas características del sensor (Instruments, 2017).....	47
Figura 3.18: Sensor para medición de temperatura.....	49
Figura 3.19: Tablero de control posición de equipos .....	50
Figura 3.20: Cableado en tablero de control .....	51
Figura 3.21: Diseño Layout de la tarjeta.....	51
Figura 3.22: Vista 3D del diseño en tarjeta.....	52
Figura 3.23: Programación Labview.....	52
Figura 3.24: Diagrama funcional de un control difuso .....	53
Figura 3.25: Funciones de membresia .....	54
Figura 3.26: Función tipo trapezoidal .....	55
Figura 3.27: Función tipo triangular .....	55
Figura 3.28: Sistema de diseño fuzzy .....	56
Figura 3.29: Conjuntos difusos variable de entrada “Sensor” .....	58
Figura 3.30: Gráfica variable sensor gas 2.....	58
Figura 3.31: Variable de salida ventilador .....	59
Figura 3.32: Reglas difusas.....	63

Figura 3.33: Diseño control difuso .....	64
Figura 4.1: Gráfico Temperatura del agua.....	64
Figura 4.2: Lectura de la temperatura del agua y ambiente .....	65
Figura 4.3: Medición del PH del agua .....	66
Figura 4.4: Ajuste de la lectura del medidor de PH con estándares.....	66
Figura 4.5: Ubicación de los sensores de gas.....	67
Figura 4.6: Sensor de gas 1 ( SGAS 1) .....	67
Figura 4.7: Indicadores numéricos y comandos para el control PID .....	69
Figura 4.8: Grafica del control PID de concentración de gas .....	70

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Características de sensor MQ2 .....	22
Tabla 3.1: Características sensor.....	47
Tabla 3.2: Dimensiones Tablero .....	50
Tabla 3.3: Reglas de asociación con cada una de las variables .....	60
Tabla 4.1: Relación PPM vs Voltaje de salida del sensor de gas.....	68

## INTRODUCCIÓN

Uno de los componentes primordiales en el momento que comienza la descomposición de la materia orgánica en el agua residual es el denominado **Gas Metano**.

- Por lo general, este compuesto se produce en: los vertederos que terminan siendo una de las fuentes de generación de gas metano, en donde se desprende el metano conforme la materia orgánica se vaya descomponiendo. Para poder reducir dichas emisiones, los mismos deben incorporar tecnología para recuperar este gas y reutilizarlo para generar electricidad, calor, etc. El metano es un hidrocarburo combustible con un alto índice de energía, adicional tiene características que lo describen como: es incoloro e inodoro mucho más ligero que el aire y no es tóxico, pero tiene un elevado nivel de inflamabilidad. Por lo que se debe de tener mucho cuidado en las operaciones que se realicen con este denominado gas. (Metano, Septiembre de 2011)

Es un gas que existe en pequeñas cantidades en las plantas de tratamientos de agua, debido a que bajas concentraciones de oxígeno provoca el daño en los organismos que son prioritarios de la elaboración del gas metano.

El metano tiene un índice sumamente elevado de combustible por lo que existe el la probabilidad de explosión en los pozos sépticos , uniones de alcantarillas o cámaras de conexión en los que se presenten la posibilidad de acumulaciones de gas deberán ser aireados constantemente con un ventilador o algún equipo que disipe antes, durante y después en los periodos que los trabajadores laboren en esas plantas.

Los gases inflamables están considerados por propiedades específicas que se describen de acuerdo a su caracterización y control:

- **Temperatura de ignición:** Esta característica debe de tener un nivel mínimo y la determinamos a través de un conjunto de condiciones como: presión, temperatura, mezcla de gases es necesaria para que una materia combustible (altamente inflamable) empiece a arder y se mantenga sin necesidad de otro componente externo. Por lo que los equipos empleados en zonas de riego no



deben superarla, es decir: una limitante en la que se debe trabajar en todo momento.

- **Punto de inflamación:** Es una de las características más relevantes en un líquido inflamable, se la determina como la más pequeña limitante en la variable temperatura por la cual la superficie del líquido genera el vapor necesario para que se encienda una pequeña llama.
- **Densidad de vapor:** Con este ítem se puede encontrar la ubicación del sensor de gas. El mismo se lo obtiene mediante la comparación entre la densidad del gas con la del aire cuando es uno.

Hay que tener en cuenta las siguientes observaciones:

- En caso de obtener densidades menores que uno, el gas debe alzarse siendo más ligero que el aire.
- En caso de obtener densidades mayores a uno el vapor debe disminuir como en el caso de estos mencionados gases.

## **1. EL PROBLEMA**

### **1.1. Antecedentes**

Uno de los componentes primordiales en el momento que comienza la descomposición de la materia orgánica en el agua residual es el denominado gas metano. Es un gas que no se encuentra en grandes cantidades en el agua residual, debido a que incluso pequeñas cantidades de oxígeno tienden a ser muy dañinas para los organismos responsables de la producción del metano. Este denominado gas tiene un índice sumamente elevado de combustible ya que el riesgo de explosión es probable, los pozos de registro y empalmes de alcantarillas o cámaras de conexión en los que exista el riesgo de acumulaciones del mismo deberán ser aireados constantemente con un ventilador o algún equipo que disipe antes, durante y después en los lapsos de tiempo que los operarios trabajen en ellos.

### **1.2. Importancia y Alcances**

El alcance del proyecto, será considerado como objeto de estudio y demostración en **Diseño e implementación de un sistema de detección y monitoreo de gas metano en una maqueta de planta de tratamiento de aguas**, que será entregado a la Universidad Politécnica Salesiana en el transcurso del año 2019.

### **1.3. Delimitación**

#### **1.3.1. Temporal**

La implementación de este proyecto se realizó durante los años 2018- 2019.

#### **1.3.2. Espacial**

El proyecto será entregado a la Universidad Politécnica Salesiana como Laboratorio de planta de tratamiento de aguas.

#### **1.3.3. Académica**

Con la entrega de este proyecto se beneficiará a los estudiantes en la Carrera de Ingeniería Industrial y Electrónica ya que ellos cursan asignaturas que analizan el funcionamiento de sensores que pueden ser utilizados en las plantas de tratamiento de aguas.

## 1.4. Objetivos

### 1.4.1. Objetivo General

Diseñar y elaborar un sistema de detección y monitoreo de gas metano utilizando el software LabVIEW y dispositivos para la realización de un control PID y Fuzzy de ventilación.

### 1.4.2. Objetivos Específicos

- Diseñar y elaborar un sistema de detección de metano
- Diseñar un diagrama PID del sistema de monitoreo de PH y temperatura
- Diseñar un lazo de control PID y Fuzzy que controle la velocidad del ventilador según la concentración de metano.
- Realizar la identificación del sistema utilizando Matlab
- Realizar el programa en LabView para controlar y monitorear las variables de concentración de metano, PH y temperatura en el reservorio de agua.
- Realizar las pruebas respectivas y registrar los datos de concentración, PH y temperatura VS tiempo

## 2. Fundamentos teóricos

### 2.1. Metano



Figura 2.1: Bolsas de metano en pozos geológicos (*okdiario, s.f.*)

El gas metano tiene características conocidas de ser: incoloro, inflamable, no tóxico, su simbología química es  $\text{CH}_4$  esto quiere decir cuatro átomos de hidrógeno y uno de carbono. Es un componente primordial del gas natural; se extrae fundamentalmente de yacimientos, y se utiliza para fines industriales. (GreenFacts, 2001)

El mismo se produce de forma natural al descomponerse la materia orgánica. Otras de las fuentes que emiten este denominado gas son: los humedales, el ganado y la energía son fuentes primordiales que emiten el gas metano a la atmosfera donde actúa como gas de efecto invernadero.

El gas metano se produce durante el proceso de elaboración y desplazamiento del carbón, gas natural y petróleo. Así mismo se obtienen concentraciones por causa de la descomposición de la parte orgánica en los depositos de residuos sólidos de las ciudades y algunos depósitos de bodegas de estiércol y ciertos sistemas para las plantas de tratamiento de aguas de escorias. El metano nos da la una oportunidad de disminuir la alteración climática y a la vez elevar el suministro de energía para tenerla a disposición. Hay que tener en cuenta que, con medidas adecuadas para reducir las fuentes, se desea que las concentraciones de metano crezcan aproximadamente en un 45% hasta llegar a los 8522 millones de toneladas métricas. Muy bien pudiendo ser aprovechados para el bienestar del mundo. (Metano, Septiembre de 2011)

## 2.2. Sensor de gas MQ2



Figura 2.2: Módulo sensor de gas metano (*Hobby, s.f.*)

Sensor de gas Metano fue diseñado para realizar la detección del determinado gas. Adecuado debido a que su sensibilidad es ajustable para tener una lectura precisa a cualquier sistema en particular. El sensor se lo diseño a un tamaño pequeño para que sea práctico y sencillo de manipular. El cual también contiene una salida digital por medio de un comparador con un umbral ajustable y salida analógica con la que se puede trabajar con cualquier microcontrolador o tarjeta diseñada con ADC.

El sensor es diseñado con un material sensible es SnO<sub>2</sub>, el cual tiene una conductividad menor en aire no contaminado. Cuando hay presencia de gas combustible su principal función es que lo detecte teniendo como resultado que en ese momento la conductividad del sensor es más alta junto con la acumulación de gas creciente.

Utilizando un circuito simple, que convierta el cambio de conductividad a la señal de salida correspondiente de concentración de gas. (POLOLU, s.f.)

El sensor de gas MQ-2 tiene una alta sensibilidad al GLP, el propano y el hidrógeno, también podría usarse para el metano y otro vapor combustible, es de bajo costo y adecuado para diferentes aplicaciones. (POLOLU, s.f.)

En la figura 2.3, se muestran de que está compuesto el sensor.

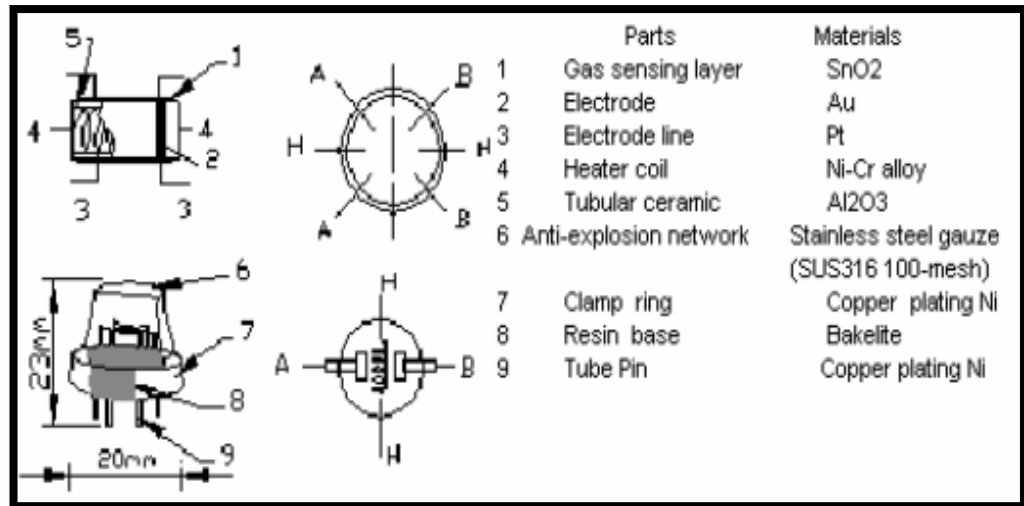


Figura 2.3: Dimensiones y partes (POLOLU, s.f.)

### Características

- Elevada sensibilidad al gas combustible con un amplio rango
- Elevada sensibilidad al LPG, PROPANO E HIDROGENO
- Larga duración y bajo costo
- Manejo simple de circuito

Model No.		MQ-2	
Sensor Type		Semiconductor	
Standard Encapsulation		Bakelite (Black Bakelite)	
Detection Gas		Combustible gas and smoke	
Concentration		300-10000ppm ( Combustible gas)	
Circuit	Loop Voltage	$V_c$	$\leq 24V$ DC
	Heater Voltage	$V_H$	$5.0V \pm 0.2V$ AC or DC
	Load Resistance	$R_L$	Adjustable
Character	Heater Resistance	$R_H$	$31\Omega \pm 3\Omega$ ( Room Tem. )
	Heater consumption	$P_H$	$\leq 900mW$
	Sensing Resistance	$R_s$	$2K\Omega - 20K\Omega$ (in 2000ppm $C_3H_8$ )
	Sensitivity	$S$	$R_s(\text{in air})/R_s(1000ppm \text{ isobutane}) \geq 5$
	Slope	$\alpha$	$\leq 0.6(R_{500ppm}/R_{300ppm} CH_4)$
Condition	Tem. Humidity	$20^\circ C \pm 2^\circ C$ ; 65% $\pm$ 5% RH	
	Standard test circuit	$V_c: 5.0V \pm 0.1V$ ; $V_H: 5.0V \pm 0.1V$	
	Preheat time	Over 48 hours	

Tabla 2.1: Características de sensor MQ2 (POLOLU, s.f.)

Las siguientes condiciones deben de tenerse muy en cuenta al momento de trabajar con el sensor MQ2:

- Expuesto al vapor de silicio orgánico

Los sensores de vapor de silicio orgánico no son válidos, los sensores deben evitar exponerlos al enlace de silicio, fijación, látex de silicio, masilla o plástico que contengan algún entorno de silicio. (POLOLU, s.f.)

- Gas altamente corrosivo

Si los sensores están expuestos a gases corrosivos de alta concentración (como  $H_2S$ ,  $SO_2$ ,  $Cl_2$ ,  $HCl$ , etc.), no solo da como resultado la corrosión de la estructura de los sensores, sino que también causa una atenuación de sensibilidad plena. (POLOLU, s.f.)

- Alkali, sal de metales alcalinos, contaminación por halógenos

El rendimiento de los sensores cambiará gravemente si los sensores se rocían y se contaminan con sal de metales alcalinos especialmente salmuera, o estar expuesto a halógenos como la fluorina, etc. (POLOLU, s.f.)

- Toque agua

La sensibilidad de los sensores se reducirá cuando se salpique o se sumerja en agua. (POLOLU, s.f.)

- Congelación

Evite la acumulación de hielo en el sensor, de lo contrario el sensor perdería sensibilidad. (POLOLU, s.f.)

- Tensión aplicada mayor

El voltaje aplicado en el sensor no debe ser mayor que el valor estipulado, de lo contrario, puede causar una línea descendente o dañar el cabezal y la característica de sensibilidad de los sensores cambia, teniendo un mal funcionamiento. (POLOLU, s.f.)

- Voltaje en pines incorrectos

Para el sensor de 6 pines, si aplica voltaje en 1, 3, 4 o 6 pines, hará que el cable se rompa y no interprete la señal. (POLOLU, s.f.)

### 2.3. Tarjeta Electrónica Arduino

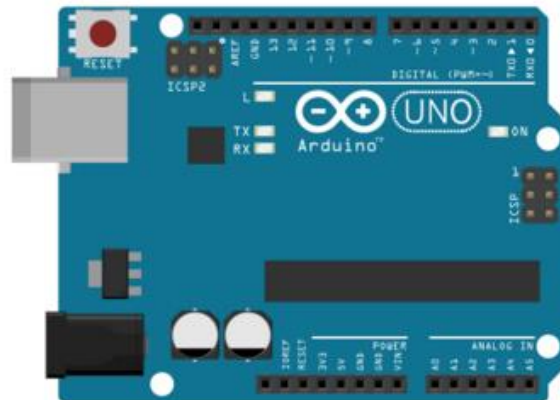


Figura 2.4: Placa electrónica Arduino (ARDUINO.CL, s.f.)

Arduino fue diseñado como una plataforma para desarrollo basado en una tarjeta electrónica de hardware libre que integra microcontroladores programables y algunos pines hembra, los cuales permiten al estudiante tener conexiones entre el microcontrolador y los diferentes instrumentos o equipos de un sistema de tal manera que el estudiante la manipula muy fácil y sin mayores errores. (ARDUINO.CL, s.f.)

Las placas electrónicas están diseñadas en un material no conductor, la cual está conformada de algunas capas de material conductor, termina siendo la manera más compacta y estable de implementar un circuito electrónico. Al final la placa electrónica de arduino no es más que una PCB con un establecido diseño de circuitos internos, de

esta manera el estudiante no debe de tener en cuenta las conexiones eléctricas que necesita el microcontrolador para funcionar. (ARDUINO.CL, s.f.)

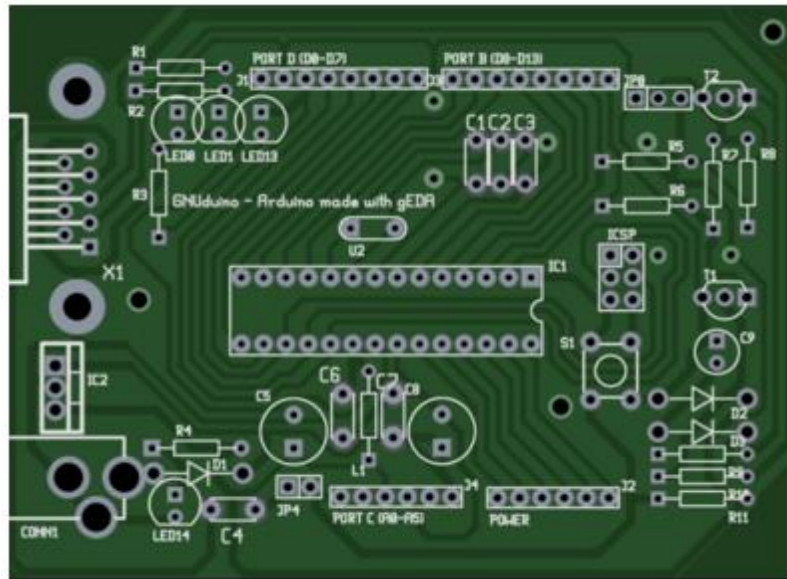


Figura 2.5: PCB de un Arduino (ARDUINO.CL, s.f.)

Es una plataforma libre y extensible: esto permite que cualquier persona que desee realizar mejoras al diseño tanto en el hardware de las placas como al entorno de desarrollo lo pueda realizar sin ningún inconveniente.

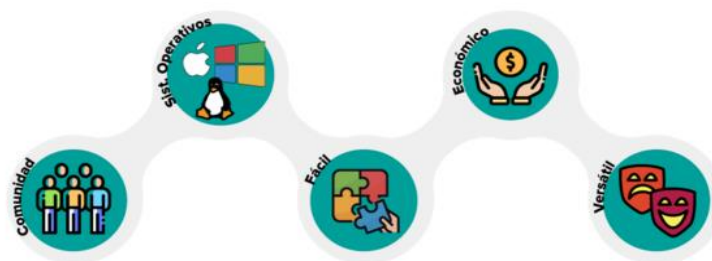


Figura 2.6: Ventajas de utilizar Arduino (ARDUINO.CL, s.f.)

- **Arduino tiene una gran comunidad:** Esto se debe a grandes ventajas y facilidades entre ellas tenemos: los costos, nivel de programación, etc. En la actualidad existe un gran número de personas trabajando con esta plataforma. (ARDUINO.CL, s.f.)
- **Su entorno de programación es multiplataforma:** Esta plataforma puede ser trabajada desde algunos sistemas operativos como: Windows, Mac OS y Linux. (ARDUINO.CL, s.f.)
- **Lenguaje de programación de fácil comprensión:** El lenguaje de programación que maneja esta plataforma es C++, la misma es de fácil comprensión y da apertura fácil a una sencilla programación para todas las personas interesadas de aprender y a la vez incorpora una capacidad tan grande,



que los programadores más avanzados pueden obtener todo el potencial de su lenguaje y adaptarlo a cualquier sistema. (ARDUINO.CL, s.f.)

- **Bajo costo:** Tiene un costo bajo muy fácil de adquirir para cualquier individuo. (ARDUINO.CL, s.f.)
- **Re-usabilidad y versatilidad:** Se lo puede utilizar varias veces debido a que una vez terminado el proyecto es fácil realizar el desmontaje de los componentes externos a la placa e iniciar con uno nuevo, y como ya antes mencionado todos los pines del microcontrolador están disponibles por medio de conectores hembra, el cual me da la facilidad de sacar provecho de todas las características que tiene el microcontrolador con un mínimo de posibilidad de hacer una conexión errónea. (ARDUINO.CL, s.f.)

#### 2.4. Sensor de PH

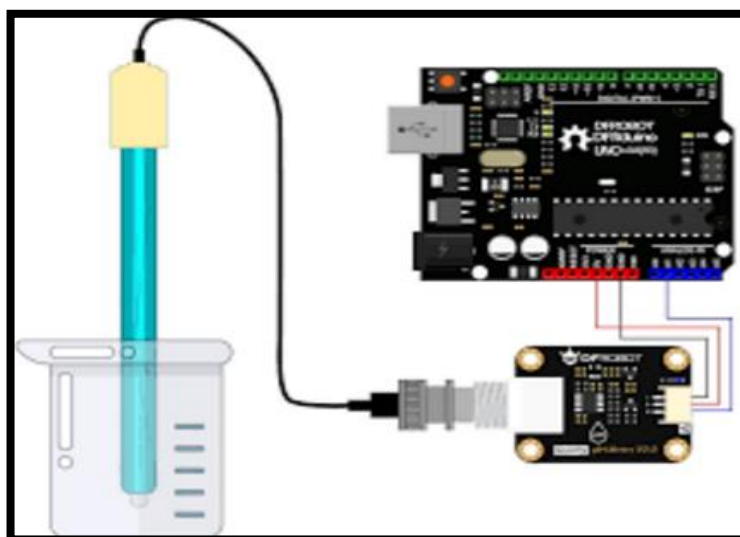


Figura 2.7: Sensor de PH Arduino (*dfrobot, s.f.*)

Los transmisores y sensores de pH se utilizan en diferentes procesos como en plantas de aguas residuales, para realizar productos químicos, alimentos, bebidas, productos farmacéuticos, etc. La variable de pH se la conoce como la medida de acidez o alcalinidad del líquido H<sub>2</sub>O conformándola con químicos disueltos. (Hausser, 2019)

La variable pH se utiliza como componente principal para la medición del nivel de acidez o alcalinidad de un producto. El elemento sensible al pH de los electrodos de vidrio es una bombilla que suministra un potencial electroquímico que depende del valor de pH del producto. Este potencial se genera debido a que los pequeños iones H<sup>+</sup> ingresan por medio de la capa exterior de la membrana mientras los iones con carga negativa más grandes permanecen en la solución. Las sondas de vidrio para pH contienen un sistema de referencia integrado Ag/AgCl que funciona como el electrodo de referencia requerido. (Hausser, 2019)

## 2.5. Peligro de gases



Figura 2.8: Gases peligrosos (*TÓXICOS, s.f.*)

Uno de los peligros principales relacionados con los gases es el alto riesgo de accidentes que pueden lesionar gravemente a personas que se encuentren cerca.

La combustión es un evento ocasionado debido a la combinación del oxígeno con otra sustancia permitiendo la liberación de energía, que primeramente se manifiesta en forma de calor.

Los gases inflamables están determinados por tres propiedades relevantes conocidas por la caracterización y control:

**Temperatura de ignición:** La temperatura mínima se obtiene de un conjunto de condiciones como: presión, temperatura, mezcla de gases necesaria para que una materia combustible (altamente inflamable) comience a calentarse y tenga la facilidad de mantenerse sin que intervenga otro componente externo. Por ello los equipos o instrumentos que se empleen en las zonas de riesgo no tendrán permitido sobrepasar este límite, es decir: una limitante de trabajo para los mismos.

**Punto de inflamación:** Es una característica muy importante que afecta al componente inflamable, que describe a la limitante inferior de la variable temperatura en la cual la superficie de un líquido emite vapor necesario para poder encender una pequeña llama.

**Densidad de vapor:** Es una de las características que me da la facilidad de saber la correcta ubicación del sensor de gas. Obteniéndola mediante una comparación de la densidad del gas con el aire llegando a uno.

## 2.6. LabView

Es un software para el diseño de ingeniería que permite al usuario realizar pruebas, medidas y control dando un acceso fácil y ágil a la parte de hardware adicional a la información de datos. Por la cual también podemos:

- **Elaboración de máquinas inteligentes o dispositivos industriales:** Nos permite el desarrollo de equipos o procesos industriales de una manera más fácil y ágil. Dicha plataforma para diseño embebido de NI hace la mezcla de un conjunto completo entre software, hardware adecuadamente integrado y personalizado en un perfecto ecosistema de usuarios. (National Instruments, 2018)
- **Capacitación a estudiantes de ingeniería:** Da la apertura para enseñar didácticamente en el aula o laboratorio, gracias a esto es posible enseñar a estudiantes los sistemas a escala real, usando el software LabVIEW para aumentar su nivel de descubrimiento, aportando al desarrollo de soluciones más ágil y mejorando su éxito. (National Instruments, 2018)

### 2.6.1. Bloque Control Lazo Cerrado

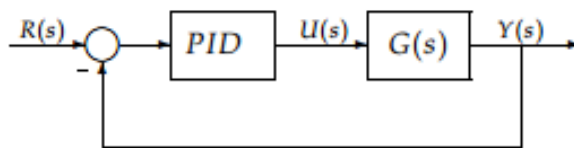


Figura 2.9: Diagrama de bloques (Mazzone, Marzo 2002)

Los controladores PID, forman tres tipos de acciones:

proporcional (P)

integral (I)

derivativa (D).

Los mismos son controladores que se los pueda encontrar de la siguiente manera: P, I, PI, PD y PID. (Mazzone, Marzo 2002)

- **Control proporcional (P):** Me permite obtener una salida del controlador que es proporcional al error, es decir:

$$u(t) = K_P \cdot e(t); \text{ donde } K_P \text{ es una ganancia proporcional ajustable.}$$

El mismo tiene la capacidad de controlar cualquier planta estable, pero tiene un desarrollo muy limitado y un error en régimen permanente (off-set). (Mazzone, Marzo 2002)

- **Control integral (I):** Me permite obtener una salida del controlador que es proporcional al error acumulado, lo que indica que es un tipo de control lento. (Mazzone, Marzo 2002)

$$u(t) = K_i \int_0^t e(\tau) d\tau$$

Esta señal de control  $u(t)$  me permite obtener un valor diferente de cero cuando la señal de error  $e(t)$  es cero. Por ello se determina que, dada una referencia constante el error es cero. (Mazzone, Marzo 2002)

- **Control proporcional-integral-derivativa (PID):** En este control se combinan las cualidades de cada una de las acciones de control. La ecuación de un controlador PID se obtiene mediante: (Mazzone, Marzo 2002)

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau + K_p T_d \frac{de(t)}{dt}$$

El denominado sistema de control de lazo cerrado es indispensable para automatizar el monitoreo y mantenimiento de una variable en un sistema. Uno de los ejemplos para un sistema de control de lazo cerrado es un control de velocidad, una característica estándar en la mayoría de los automóviles. El chofer proporciona el punto de referencia o velocidad deseada y el sistema de control monitorea la velocidad actual y ajusta el acelerador del motor como corresponde. (National Instruments, 2014)

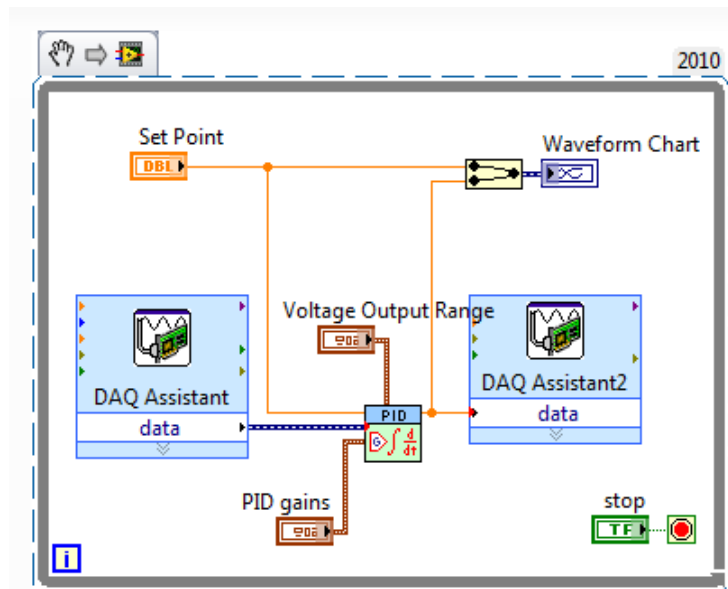


Figura 2.10: Ejemplo bloque de programación PID (National Instruments, 2014)

## 2.7. Matlab

Es un software indispensable para el análisis iterativo de sistemas de diseño con un lenguaje de programación que se expresa con matemáticas de matrices y arreglos. (MathWorks, 1994 - 2019)

### Ventajas de utilizar Matlab:

- **Despliegue en aplicaciones empresariales:** Esto quiere decir que se podrá direccionar un enlace con la nube y agregar el proyecto realizado en el software para poder trabajar de mejor manera con sistemas empresariales. (MathWorks, 1994 - 2019)
- **Ejecución en dispositivos embebidos:** Tiene la facilidad de convertir automáticamente sus algoritmos de código C/C++ y HDL para su posterior realización en otros dispositivos. (MathWorks, 1994 - 2019)
- **Integración con el diseño basado en modelos:** Permite el diseño basado en modelos, el mismo que es empleado para simulaciones con multidominio, nos permite generar automáticamente códigos, a la vez de obtener la comprobación y verificación continua de los sistemas. (MathWorks, 1994 - 2019)

#### 2.7.1. Adquisición de datos ARDUINO y MATLAB

Control PID es un mecanismo de retroalimentación de lazo de control básico. El regulador reduce al mínimo la diferencia entre la medida y el valor deseado de una variable de sistema elegido ajustando las entradas de control de un proceso. (MathWorks, 1994 - 2019)

Este ejemplo muestra cómo simular el control usando un modelo simple de la planta, con el control de retroalimentación:

- Abrir el modelo. Observar dos subsistemas en el modelo
- Haga doble clic en subsistema **Regulador de PID**. Observe que el control proporcional (P) se utiliza para sincronizar los dos motores cuando el vehículo va recto. Tenga en cuenta también durante un turno, no se aplica sincronización. (MathWorks, 1994 - 2019)
- Acceda al botón **Ejecutar** se encuentra en la barra de herramientas de Simulink. Haga clic en el bloque Scope y observe que el codificador de salida discrepancia sigue siendo próximo a cero. Esto indica que el vehículo se inclina menos en comparación con el modelo de **Control de lazo abierto**. (MathWorks, 1994 - 2019)

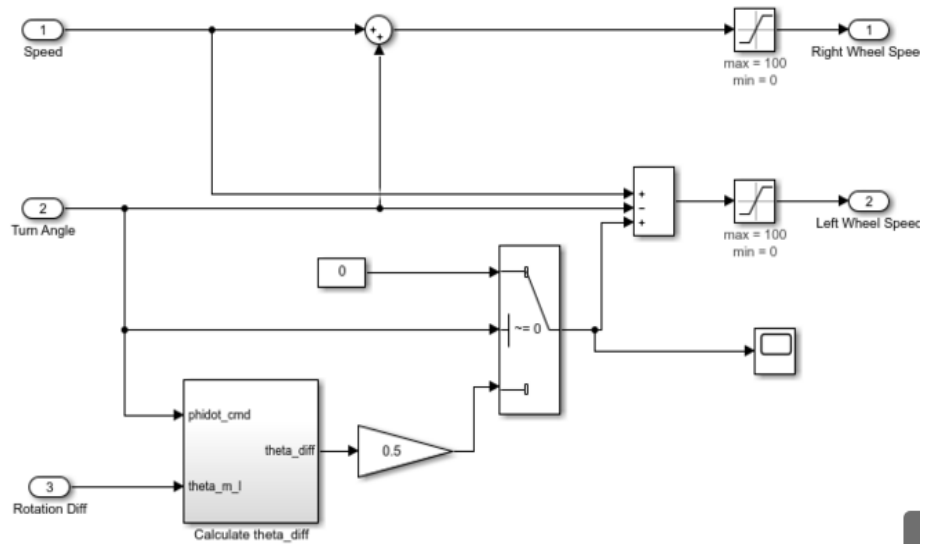


Figura 2. 11: Ejemplo Control lazo cerrado (*MathWorks, 1994 - 2019*)

En la figura 2.12, se muestra el ejemplo en gráfico del comportamiento en lazo cerrado

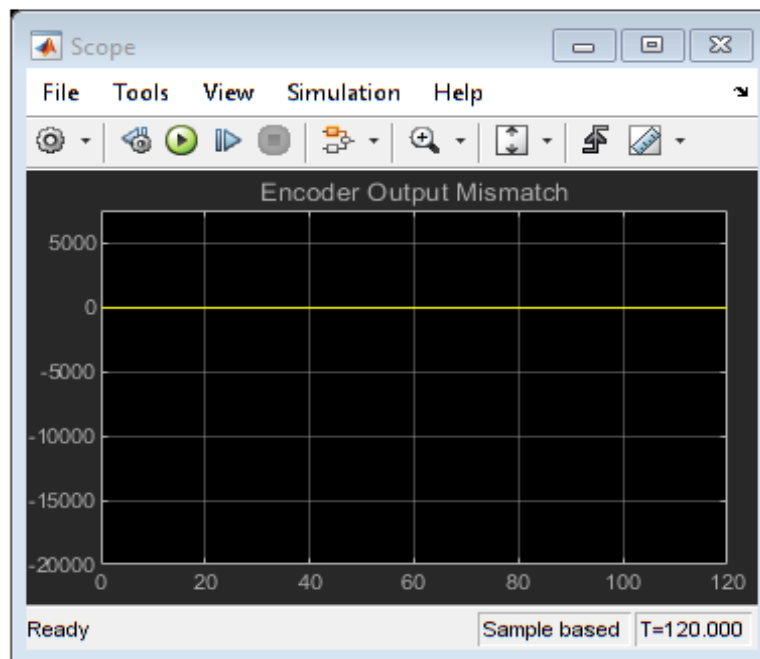


Figura 2. 12: Ejemplo de Grafica control lazo cerrado (*MathWorks, 1994 - 2019*)

### 3. MARCO METODOLÓGICO



Figura 3.1: Maqueta del Sistema de control de GAS METANO

En la figura 3.1, se muestra la estructura de la maqueta para el sistema de control de GAS Metano, el cual contiene las siguientes partes con sus respectivas siglas :

**TANQUE:** Tanque de agua tratada

**PH1:** Sensor analógico de PH

**LCD:** Visualizador de datos según sensores

**SGAS1:** Sensor de gas propano

**SGAS2:** Sensor de gas propano

**STE:** Sensor de Temperatura encapsulado LM35

**VENT:** Ventilador DC 12v

**VA:** Válvula de entrada de GAS

Tablero Eléctrico de control y fuerza

**FC:** Fuente conmutada de 120 VAC – 12 VDC 5A.

Arduino uno

**RGV:** Modulo Regulador de voltaje LM2596

**SH:** Sensor de humedad y temperatura DTH 11

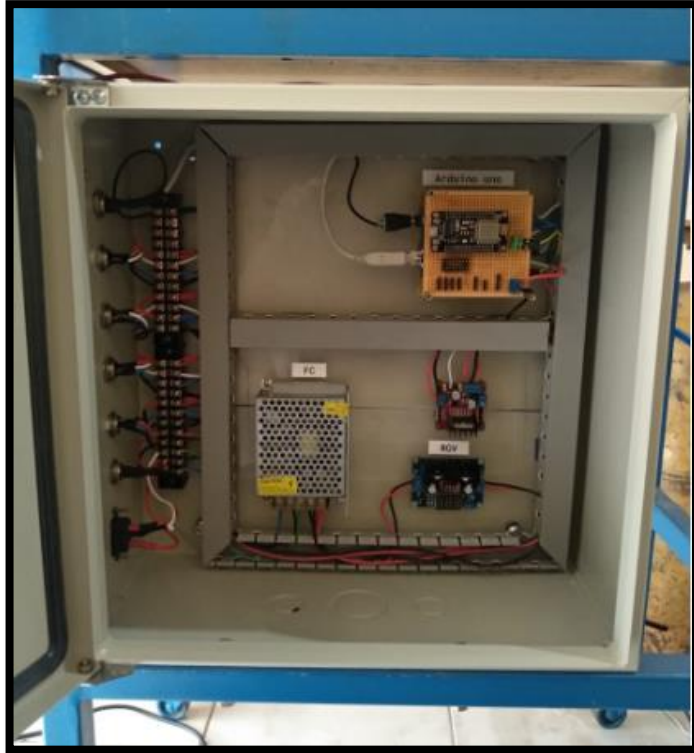


Figura 3.2: Parte interna del tablero de Control y Fuerza

En la figura 3.2, se muestra el interior del tablero eléctrico, el cual contiene:

- Fuente de voltaje DC
- Módulo regulador de voltaje RGV
- Tarjeta Arduino.



Figura 3.3: Ubicación de elementos en maqueta

En la figura 3.3, se observa algunos dispositivos de la maqueta como son:

- Display (LCD)
- Ventilador (VENT) entrada de gas



- Depósito de agua (TANQUE)

En la parte superior están los dos sensores de gas (SGAS1 y SGAS 2).



Figura 3.4: Ingreso del Gas GLP

### 3.1. Descripción del proceso

- Al iniciar el proceso, se produce la medición de temperatura a través de un sensor LM35 encapsulado tipo pt100
- El cual se encuentra conexionado en serie con la resistencia de valor 100 Ohmios.
- Esta señal debe ser transformada a voltaje y por consiguiente ir a la entrada del Arduino.
- Luego esta señal sea interpretada por el Software LabView

Así mismo es el procedimiento para que el Sensor de gas propano M-Q2 pueda detectar GLP, gas natural, gas de carbón ideal para medir concentraciones de GLP (compuesto en su mayor parte de propano y butano) en el aire.

- La lectura del PH se realiza por medio del sensor de PH Arduino la cual emite una salida de 0 a 5 Voltios DC según el nivel de PH del agua.
- Primero se ajusta el punto de referencia (setpoint) del SGAS1 y SGAS2 que se requiere, adquiriendo las características del sensor según el Datasheet

A continuación, se muestra las características conocidas de sensibilidad en el MQ-2 para varios gases. en las siguientes variables:

Temperatura: 20 ° C 、

Humedad: 65% 、

Concentración de O2 21%

$R_L = 20k\Omega R_o$ :

Resistencia del sensor a 1000ppm de H2 en el aire limpio.

$R_s$ : resistencia del sensor a varias concentraciones de gases

El control Fuzzy permite que el nivel de gas que se encuentre sobre el valor de referencia del setpoint active la ventilación en forma proporcional al del gas hasta que el nivel de gas sea aproximadamente neutro dentro del tanque.

Por el contrario, si el flujo de gas está por debajo del setpoint, no mandara a accionar el motor del ventilador.

### 3.2. Tablero eléctrico de control y fuerza

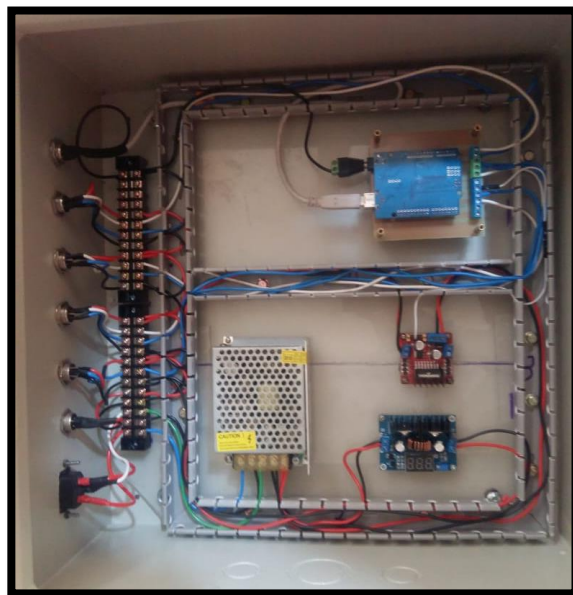


Figura 3.5: Tablero Eléctrico de control y Fuerza

En la figura 3.5, se visualiza la parte interna del tablero teniendo en su interior el cableado de control y fuerza en donde se aprecia los elementos que se implementaron para desarrollar el proyecto a continuación, los elementos que lo constituyen:

- Fuente de voltaje continua de 12 Voltios, 5Amperios
- Módulo regulador de voltaje LM2596
- Arduino uno
- Módulo puente H L298N
- Módulo NodeMCU
- Modulo Sensor de Temperatura y Humedad

### 3.3. Medición de nivel de GAS

Para la obtención de la medición del nivel del gas se utiliza el módulo de sensor de gas serie MQ

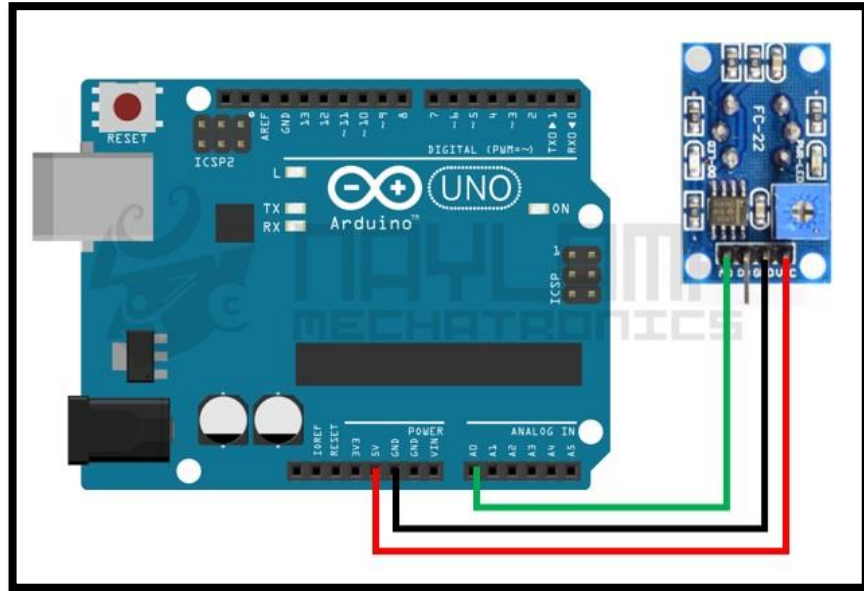


Figura 3.6: Interface en Arduino para la medición de nivel de gas (mechatronics, 2019)

### 3.4. LECTURA DIGITAL DE LOS SENSORES MQ2



Figura 3.7: Sensor de Gas MQ2 (mechatronics, 2019)

El sensor se adquiere con amplificador para una ágil integración con múltiples dispositivos. Para este proyecto utilizamos un Arduino UNO y específicamente el sensor de gas MQ-2 que da la facilidad para poder detectar diferentes tipos de gases y en especial el Metano y Propano.

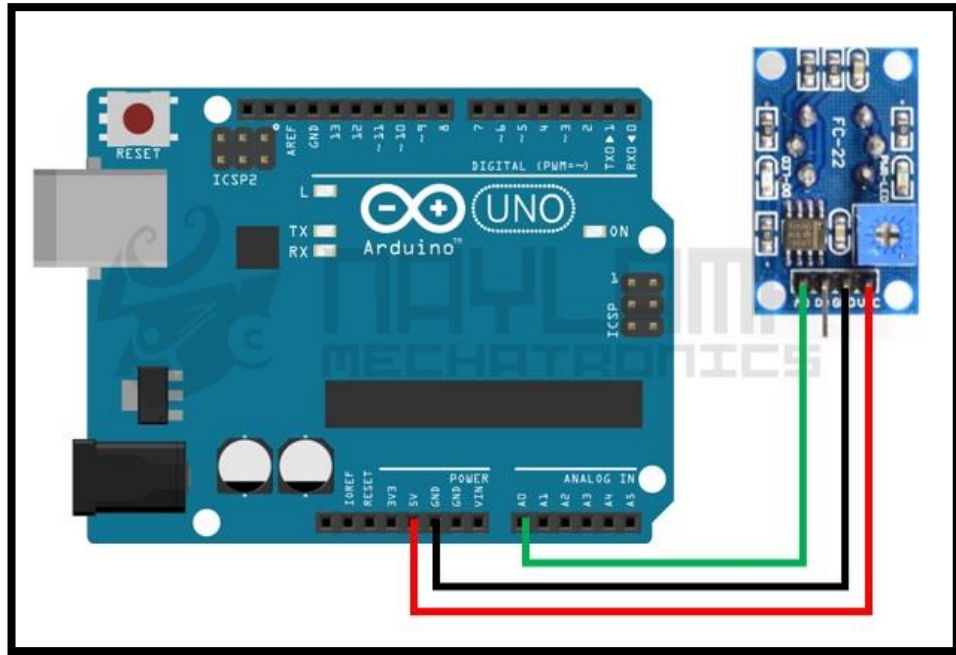


Figura 3.8: Conexión entre Arduino y sensor MQ2 (mechatronics, 2019)

Para realizar la conexión es importante recalcar que el MQ2 se lo puede conectar de forma digital, analógica o combinada. Realizando la conexión digital se lo implementa para control de los límites, con la conexión analógica normalmente se realizan las lecturas de la concentración de gas en el aire generalmente en ppm.

El dispositivo, al igual que otros, para que funcione es indispensable un lapso de “calentamiento” antes de comenzar a obtener lecturas correctas. Lo más recomendable es un tiempo de 2 minutos para que caliente. La puesta en marcha empieza cuando lo energice con el valor nominal (normalmente se produce al conectar la placa con el ordenador).

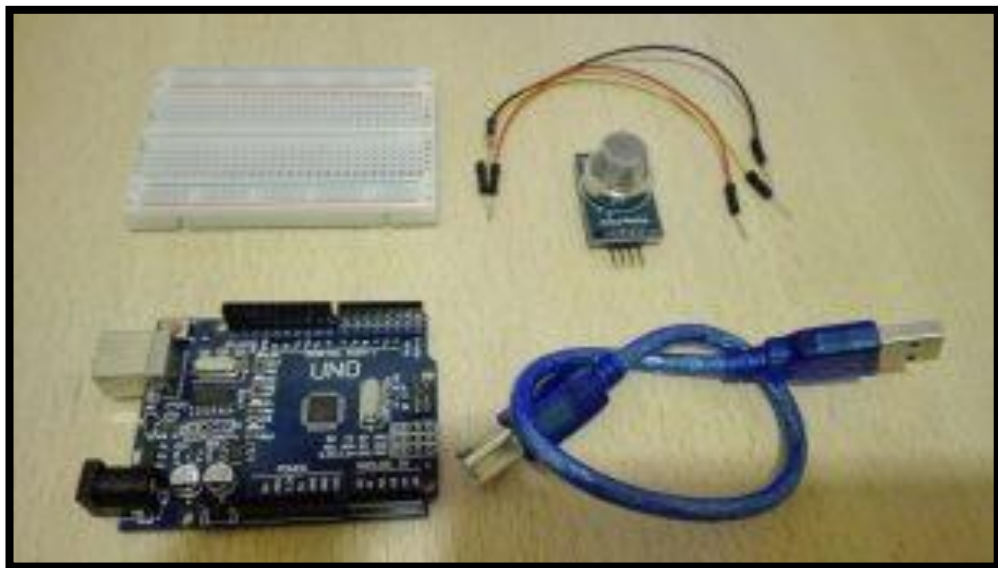


Figura 3.9: Materiales para prueba

Los componentes que se observa en la figura 3.9, son los que usaremos para la respectiva programación y son los siguientes:

- Arduino MEGA o UNO
- Conector USB para el Arduino
- Sensor MQ-2
- Placa para conexiones
- Cables para protoboard

Una de las formas para conectar el módulo y poder realizar las respectivas pruebas es por medio de la salida digital. La salida digital, que en el módulo es un pin denominado D0, tendrá dos únicos estados 0 o 1, en representación de 0 = 0v, y 1 = 5v aproximadamente, y que viene a ser interpretados como:

0 = presencia de gas

1 = No hay presencia de gas.

### 3.5. PROGRAMACIÓN EN ARDUINO UNO

```
D0 = pin 8
Gnd = GND (cualquiera de los disponibles)
Vcc = 5v
```

Donde se puede comprobar el estado del sensor con el siguiente código que se mostrara a continuación:

```
// Pin del Arduino donde se procede a conectar D0 del módulo y se lo
define como GAS_PIN8

voidsetup(){
// Inicializamos el pin como entrada
pinMode(GAS_PIN, INPUT);

Serial.begin(9600);
Serial.println("Deteccion de gas con MQ-2");
}

// Para guardar el estado anterior y solo mostrar cambios
intdigitalValue=-1;

voidloop(){
// Se procede a obtener el estado del sensor
intdigitalNew=digitalRead(GAS_PIN);

// Si el estado del sensor cambió, informamos por el Monitor Serial
if(digitalNew!=digitalValue){
// Actualizamos el ultimo estado
digitalValue=digitalNew;
// Compartimos el nuevo estado
Serial.println(String("Nuevo estado del sensor: ")+digitalValue);
}
// Lo podemos repetir 10 veces por segundo (cada 100ms)
delay(100);
}
```

Después de cargar el programa, el siguiente paso es abrir el serial de la placa e ir realizando pruebas para ir mejorando la detección del gas en el sensor. La pantalla nos muestra los datos de la siguiente manera:

```
Detección de gas con MQ-2  
Nuevo estado del sensor: 1|
```

Con esto se observa que el MQ2 no censa la concentración de gas mayor a la normal por lo que se debe proceder a aproximar el MQ2 con el gas. Por ello para realizar las pruebas se usó un encendedor (solo se deja escapar el gas) y con esto se alcanzó el porcentaje deseado, posteriormente al observar la concentración de gas en la pantalla que no se dejó que salga gas. Después de este procedimiento se pudo observar los siguientes datos:

```
Detección de gas con MQ-2  
Nuevo estado del sensor: 1  
Nuevo estado del sensor: 0  
Nuevo estado del sensor: 1
```

El nivel 0 indica la presencia, y luego al bloquear el paso en el encendedor regreso al nivel 1.

### **Comprobación mediante la salida analógica**

A continuación, se realiza el procedimiento para leer cuanto gas está detectando el sensor, con lo cual determinaremos el momento para decidir “cuando” esta bien sin que el MQ2 trabaje. Para esto se corre el software y se espera el aumento de los niveles de voltaje entre 0 y 5 según la concentración de gas existente.

### **Módulo -> Arduino UNO**

A0 = Entrada del MQ2

GND = Ground

Vcc = 5 voltios

Lo siguiente es conectar la placa al ordenador y se procede a cargar el siguiente programa:

```

// Pin del Arduino donde conectamos la pata A0 del sensor y se lo
define como GAS_PIN A0
// Se Cambia en las lecturas (en porcentaje) que consideraremos
significativo
Se define CAMBIO_SIGNIFICATIVO 3

void setup(){
Serial.begin(9600);
Serial.println("Deteccion de gas con MQ-2");
}

// Para guardar el valor anterior y solo mostrar cambios
significativos
int analogValue=-1;

void loop(){
int analogNew=analogRead(GAS_PIN);

// Si el nuevo valor es diferente al anterior en el porcentaje que
usamos se demuestra lo siguiente
if(abs(analogNew-analogValue)>=(10.23*CAMBIO_SIGNIFICATIVO)){
// Actualizamos el nuevo valor
Valoranalogo=analogNew;
// Mostramos el nuevo valor por el Monitor Serial
Serial.println(String("Nuevo valor de gas detectado:
")+valoranalogo);
}

// Repetimos 10 veces por segundo (100 milisegundos)
delay(100);
}

```

No olvidar darle un lapso de tiempo para que el sensor tenga la temperatura adecuada para realizar las pruebas necesarias. Cuando este en ese período las lecturas pueden variar aún se aproxime gas al sensor. Después de unos 3 minutos, realice el ensayo que realizo en la conexión digital. A continuación, se expone un ejemplo:

```

Detección de gas con MQ-2...
Nuevo valor de gas detectado: 129
Nuevo valor de gas detectado: 98
Nuevo valor de gas detectado: 67 < Luego de calentar, este fue el
valor normal para mi sensor
Nuevo valor de gas detectado: 146 < Se comenzó a liberar gas del
encendedor
Nuevo valor de gas detectado: 222
Nuevo valor de gas detectado: 281
Nuevo valor de gas detectado: 321
Nuevo valor de gas detectado: 353
Nuevo valor de gas detectado: 384
Nuevo valor de gas detectado: 423 < Aquí se detuvo el gas. Este fue
el valor máximo de gas detectado
Nuevo valor de gas detectado: 391 < Inmediatamente luego de detener
el flujo de gas comienza a decrecer los valores leídos por el sensor
Nuevo valor de gas detectado: 355
Nuevo valor de gas detectado: 318
Nuevo valor de gas detectado: 283

```



Nuevo valor de gas detectado: 252  
 Nuevo valor de gas detectado: 221  
 Nuevo valor de gas detectado: 190  
 Nuevo valor de gas detectado: 159  
 Nuevo valor de gas detectado: 128  
 Nuevo valor de gas detectado: 97  
 Nuevo valor de gas detectado: 67 < varios segundos volver a su valor normal

### 3.6. MODULO PUENTE H

El amplificador puente H versión L298N integra dos canales de Puente , haciéndolos indispensables de utilizar para accionar dos motores de corriente directa o un motor step to step, permitiendo controlar el cambio de giro y la velocidad.

Al circuito del módulo lo integra un driver L298N con diodos de protección y adicional un regulador de voltaje de 5V (serie 78LM05)

Su esquema electrónico es el siguiente:

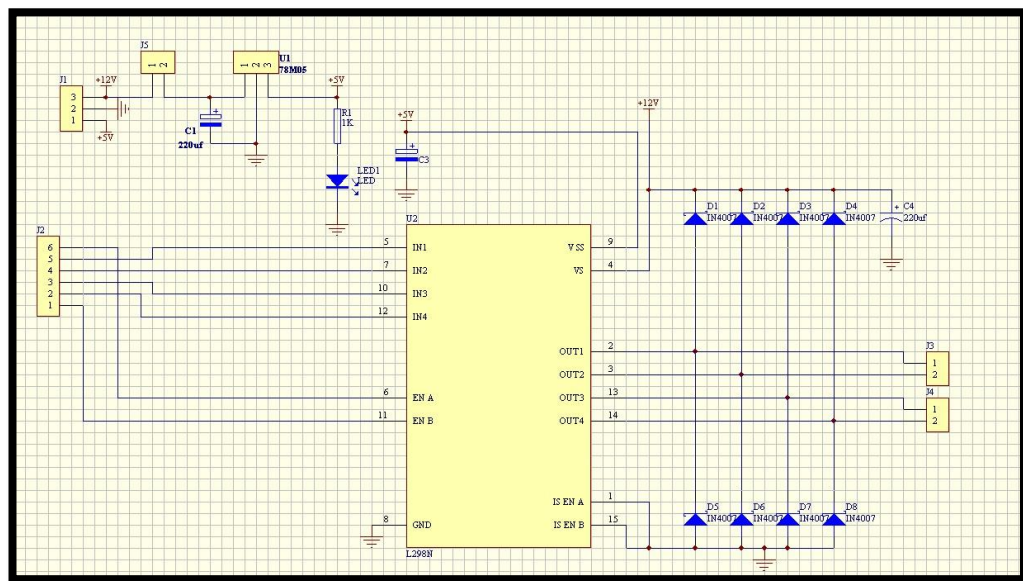


Figura 3.10: Diseño circuito modulo puente H

El mismo tiene un conector de seis terminales para ingresar las señales digitales estas controlan los motores, y una bornera de 3 terminales para la alimentación.

El amplificador tiene todos los dispositivos suficientes para trabajar sin requerir de otros componentes, como elementos de contra cortocircuitos y un integrado del grupo 7805 que permite tener una fuente de 5 voltios a la parte digital del L298N. Contiene también conectores las cuales ponen en funcionamiento las salidas del módulo A y B. La salida A se relaciona con OUT1 y OUT2. El terminal B se relaciona con OUT3 y OUT4. Los terminales para su respectiva habilitación son ENA (Enable A) Y ENB (Enable B). (Electronilab, 2019)



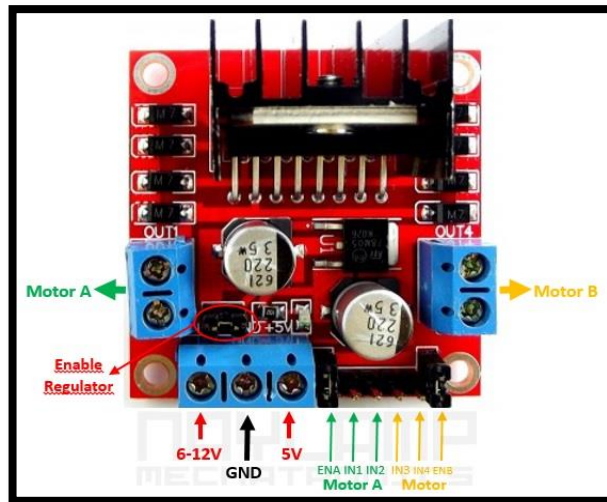


Figura 3.11: Controlador de motores (Prometec, 2019)

La tarjeta del controlador de motores L298N tiene en su interior dos circuitos controladores y contiene las siguientes características:

- Voltaje de trabajo de 6 – 48 voltios
- Corriente por canal de 2 Amperios
- Generación: 5 voltios

Es importante tener en cuenta el no conectar una tensión de entrada al pin de +5V, cuando el conector de 5 V este encendido. Esto generaría un cortocircuito y puede afectar el MQ2. (arduino, 2019)

### 3.7. MÓDULO NODEMCU

Dicho modulo contiene un microcontrolador diseñado por la empresa Espressif Systems, con una herramienta indispensable en la actualidad como lo es la red WiFi autónoma la misma ofrece un puente desde el microcontrolador existente al WiFi (Technology, 2019).

Este dispositivo es diseñado para dar solución integrando la red WiFi a todo proyecto que se requiera, tiene una autonomía que ofrece un puente desde el microcontrolador existente al WiFi y también puede ejecutar aplicaciones autónomas. Este módulo viene con un conector USB incorporado y una gran variedad de pines. El cual tiene la ventaja de que si se requiere puede ser conectado al PC y flashearlos en caso de ser necesario. Y también pueden realizarle pruebas en el protoboard con dicho modulo. NodeMCU es un firmware que tiene la ventaja de programar los módulos ESP8266 con script LUA. Teniendo un lenguaje de programación parecido al software Arduino. Con unas cuantas líneas de código, se puede realizar un enlace en una conexión WiFi, y a la vez controlar los GPIO del ESP8266, tener la posibilidad de convertir su ESP8266 en un servidor web y demás aplicaciones. (Technology, 2019)

### Especificaciones del módulo:

- Voltaje: 3.3 voltios
- Wi-Fi Direct (P2P), soft-AP
- Consumo de corriente: 10uA - 170mA
- Memoria Flash conectable: 16MB máximo (512K normal)
- Pila de protocolo TCP/IP integrado
- Procesador: L106 de 32 bits
- Velocidad del procesador: 80 – 160 MHz
- RAM: 32K + 80K
- GPIO: 17 (multiplexado con otras funciones)
- Analógico - digital: 1 entrada con resolución de 1024 pasos
- Potencia de salida de +19.5dBm en modo 802.11b
- Soporte 802.11: b/g/n

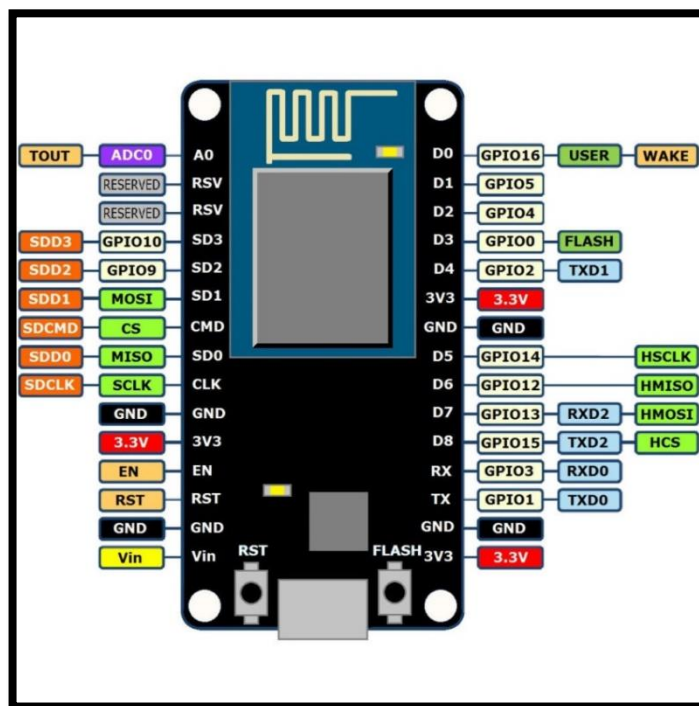


Figura 3.12: Módulo NODEMCU (Technology, 2019)

### 3.8. MODULO DE PODER

El módulo de poder nos permite adquirir un voltaje y regularlo partiendo de una fuente de tensión con un nivel mayor, por ejemplo: Se tiene una fuente de 12vdc con el módulo nos da la facilidad de poderlo estabilizar a 5, 3.3, 2 Voltios DC, etc., para el posterior uso de Arduinos, PICs, Raspberry, amplificadores, fuentes, drivers para leds, etc.

Consta de un Convertidor DC-DC LM2596 que es un elemento ideal para el diseño de una fuente conmutada. Es posible conducir una corriente de hasta tres amperios.

Tiene la facilidad de manejar una carga con una buena estabilización y bajo nivel de rizado. Este dispositivo puede ser de salida variable.

El dispositivo convertidor LM2596 es una fuente que energiza mediante conmutación y su eficiencia es considerablemente alta.

### Recomendaciones al utilizar el módulo:

1. Con la pantalla de medidor de voltaje se puede visualizar el error del medidor con un margen de  $\pm 0.1V$ ; y un rango entre 0 - 40V. (nota: para garantizar la precisión del medidor de voltaje, asegúrese de que el voltaje de entrada sea de 4.2V o más). (Instructables, 2019)
2. El medidor de voltaje puede apagarse presionando prolongadamente el botón. (Instructables, 2019)
3. El rango de voltaje de entrada es 4.2 - 40V y el voltaje de salida es 1.25V - 37V, que son continuamente ajustables. (El voltaje de entrada debe ser 1V más alto que el voltaje de salida) (Instructables, 2019)
4. La corriente de salida máxima puede ser tan alta como 3A, pero la corriente de trabajo normal estable es 2A. (Instructables, 2019)
5. Utilice una frecuencia de oscilación interna de 150KHZ, que pertenece a la segunda generación del regulador de voltaje del interruptor con bajo consumo y alta eficiencia. (Instructables, 2019)

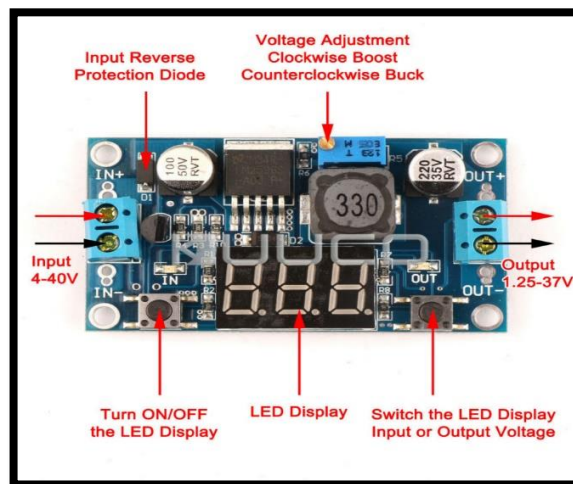


Figura 3.13: Módulo de poder (Instructables, 2019)

### Características

- Tensión de entrada: 4 - 40VDC
- Tensión de salida: 1.5 - 35V (Ajustable)
- Capacidad de salida: 3A
- Frecuencia: 150 KHz

### 3.9. Módulo dht11 humedad y temperatura



Figura 3.14: Módulo DHT11 (ELECTRONICOS)

Permite detectar la humedad y la temperatura en un determinado lugar por lo que nos ayudara a detectar cambios en el entorno al momento en que la planta se libere el gas. Lo que hace diferente de los demás sensores es que resulta su medición muy estable gracias a la señal digital. (ELECTRONICOS)

Contiene un sensor capacitivo para medición de humedad y un termistor para medir el aire circundante, y puede mostrar los datos mediante una señal digital en el pin de datos. (ELECTRONICOS)

Los pines del módulo DHT11 se denominan:

GND: Conexión con tierra  
DATA: Transmisión de datos  
VCC: Alimentación

#### Características técnicas

Modelo: DHT11

- Voltaje de entrada: 3.3V a 5VDC
- Capacidad máxima: 2.5mA
- Valores de humedad con un +/- 5% de precisión
- Valores de temperatura con un +/- 2°C de precisión
- Lectura de humedad de 20% a 80%
- Lectura de temperatura de 0 a 50°C
- Velocidad de muestreo de 1 Hz (una vez cada segundo) (ELECTRONICOS)

#### TEMPERATURA

Rango: de 0°C a 50°C

Precisión: 25°C +/- 2°C

Resolución: 1°C (8bits) (ELECTRONICOS)

## HUMEDAD

Rango: de 20% RH a 90% RH

Precisión: entre 0°C y 50°C  $\pm$  5% RH

Resolución: 1% RH (ELECTRONICOS)

### 3.10. Sensor de temperatura LM35

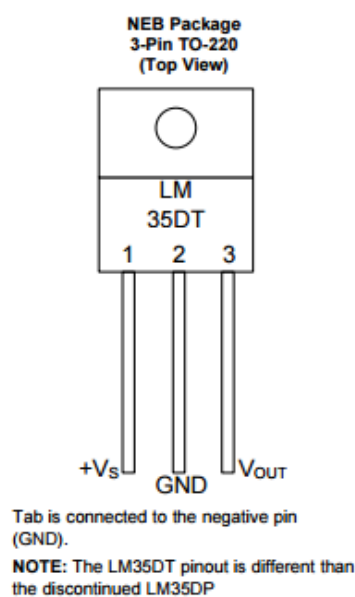


Figura 3.15: Sensor LM35 (*Instruments, 2017, pág. 38*)

El sensor de la serie LM35 son dispositivos que permiten obtener una lectura precisa, integrados de temperatura con un voltaje de salida lineal y proporcional a la temperatura en grados centígrados. El dispositivo LM35 tiene mejores características sobre el lineal en sensores de temperatura calibrados en grados Kelvin, según las recomendaciones no es necesario restar un voltaje constante grande a la salida para obtener un valor más aproximado al deseado. (*Instruments, 2017*)

El sensor LM35 no necesita ningún ajuste externo o recorte para poder obtener lecturas en precisiones de  $\pm 0.25$  ° C a temperatura de ambiente y  $\pm 0.75$  ° C sobre un rango completo de temperatura de  $-55$  ° C a  $150$  ° C. (*Instruments, 2017*)

Los dispositivos de la serie LM35 me permiten realizar mediciones de temperatura que constan de un circuito integrado para obtener una mejor precisión, con un voltaje de salida lineal y proporcional a la temperatura centígrada. El dispositivo LM35 tiene una característica que lo hace resaltar ante los sensores lineales de temperatura calibrado

en grados Kelvin, ya que el usuario no está obligado a restar un voltaje constante grande a la salida para obtener un valor conveniente. (Instruments, 2017)

El elemento sensor de temperatura es amortiguado por un amplificador y provisto de un pin VOUT. El amplificador tiene una etapa de salida simple de clase A con una impedancia de salida típica de  $0.5 \Omega$  como se muestra en el Diagrama de bloque funcional. Por lo tanto, el LM35 solo puede generar corriente y su capacidad de hundimiento está limitada a  $1 \mu\text{A}$ . (Instruments, 2017)

Cuando se interactúa con una interfase como puede ser la DAQ de la National Instruments y el Software LabVIEW, hay que tener en cuenta que la salida del lm35 se debe multiplicar por 100 para que el valor en la pantalla del panel frontal de un valor real.

### Diagrama de bloques funcional del LM35

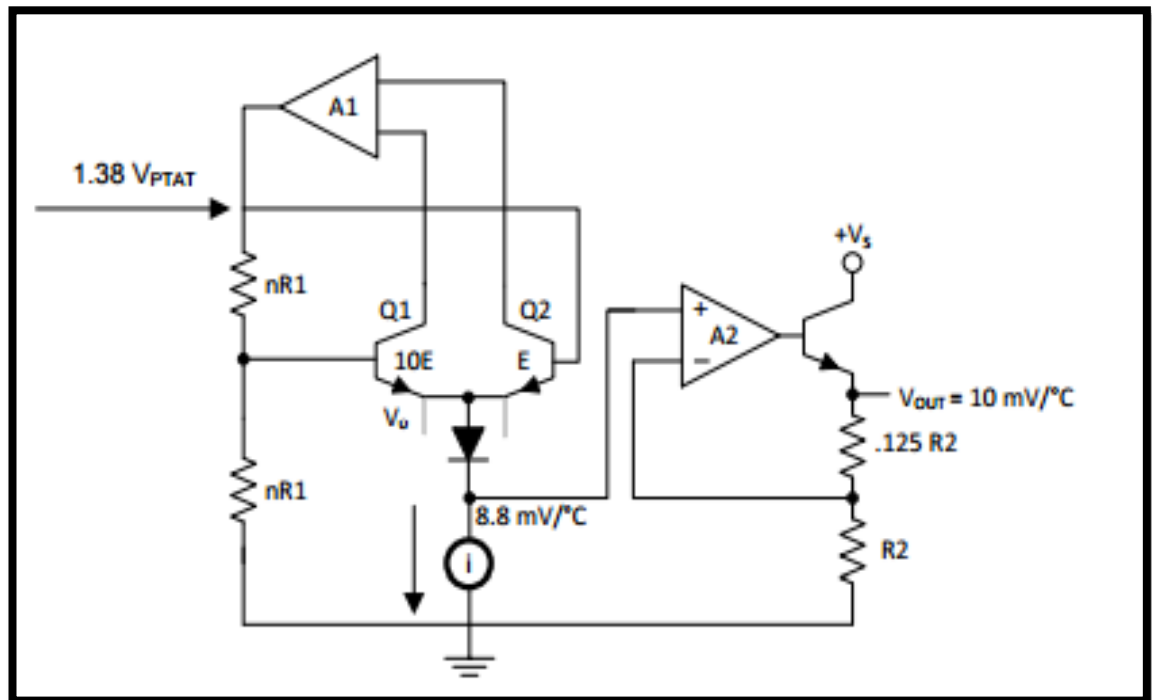


Figura 3.16: Diagrama de bloques funcional (Instruments, 2017)

## Curvas características del sensor LM35

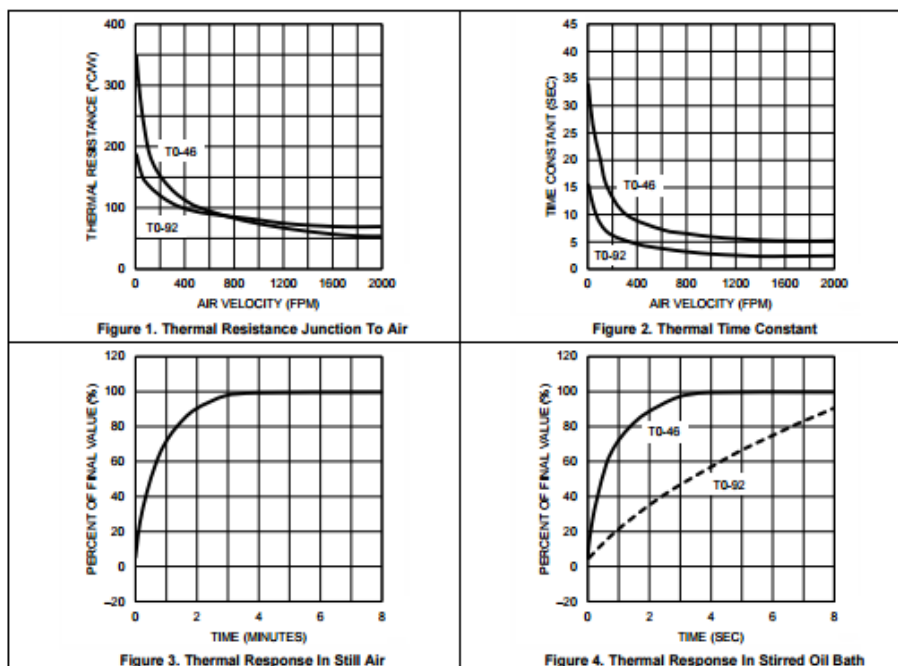


Figura 3 17: Curvas características del sensor (*Instruments, 2017*)

Pin Functions						
NAME	PIN				TYPE	DESCRIPTION
	TO46	TO92	TO220	SO8		
V <sub>out</sub>	2	2	3	1	O	Temperature Sensor Analog Output
N.C.	—	—	—	2	—	No Connection
	—	—	—	3		
GND	3	3	2	4	GROUND	Device ground pin, connect to power supply negative terminal
N.C.	—	—	—	5	—	No Connection
	—	—	—	6		
	—	—	—	7		
+V <sub>s</sub>	1	1	1	8	POWER	Positive power supply pin

Tabla 3.1: Características sensor (*Instruments, 2017*)

### 3.11. Programación para la lectura de humedad y temperatura con Arduino

Para proceder a que el sensor realice la lectura es un procedimiento básico, el siguiente programa nos indica obtener datos de humedad y temperatura en unidades C o F.

```

#include "DHT.h"

#define DHTPIN 2 // Pin donde está conectado el sensor

//#define DHTTYPE DHT11 // Descomentar si se usa el DHT 11
#define DHTTYPE DHT22 // Sensor DHT22

DHTdht(DHTPIN, DHTTYPE);

voidsetup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Iniciando...");
  dht.begin();
}
voidloop() {
  delay(2000);
  float h = dht.readHumidity(); //Leemos la Humedad
  float t = dht.readTemperature(); //Leemos la temperatura en grados Celsius
  float f = dht.readTemperature(true); //Leemos la temperatura en grados Fahrenheit
  //-----Enviamos las lecturas por el puerto serial-----
  Serial.print("Humedad ");
  Serial.print(h);
  Serial.print(" %t");
  Serial.print("Temperatura: ");
  Serial.print(t);
  Serial.print(" *C ");
  Serial.print(f);
  Serial.println(" *F");
}

```

El código anterior se explica a continuación:

Con las líneas que se muestran a continuación se define el terminal asociado con el sensor, el tipo de detector y se elabora la variable DHT:

```

#include "DHT.h"

#define DHTPIN 2 // Terminal donde está conectado el dispositivo

//#define DHTTYPE DHT11 // No conectar si se usa el DHT 11
#define DHTTYPE DHT22 // DHT22

DHTdht(DHTPIN, DHTTYPE);

```

Hay que tener muy en cuenta el tipo de sensor con el que está trabajando para así definir el DHTTYPE, en nuestro caso es el DHT22, si usan el DHT11, se debe cambiar a **#define DHTTYPE DHT11**, también es posible cambiar el número del DHTPIN.

Para comenzar iniciamos el sensor:



```
dht.begin();
```

Y para darle continuidad a los datos se utilizan las siguientes operaciones:

```
float h = dht.readHumidity(); //Lectura de Humedad  
float t = dht.readTemperature(); //T en Grados Centígrados  
float f = dht.readTemperature(true); //T en grados F
```

Es importante recordar que solo se puede tener un dato cada 1.5 segundos, y por esta razón colocamos un receso de 1.5 segundos antes de tomar las siguientes lecturas para tener la certeza de que ya han pasado 1.5 segundos posterior de la última lectura.

### 3.12. Medición de temperatura del agua



Figura 3.18: Sensor para medición de temperatura (*KITS, 2019*)

Se estableció para el proyecto el uso del elemento DS18B20 de temperatura que requiere el protocolo 1-Wire para comunicación, este protocolo requiere solo un terminal de datos para comunicarse y da la facilidad de conectar más de un dispositivo en el mismo bus.

Con este elemento se pueden medir temperaturas desde los  $-55^{\circ}\text{C}$  hasta los  $125^{\circ}\text{C}$  y con una resolución ajustable entre nueve y doce bits.

Cada dispositivo tiene una capacidad de 64bits, la cual sirve para identificar cada elemento con el que se está comunicando, puesto que en un bus de datos es posible que existan más de un equipo.

- **Alimentación a través del pin de datos:**

Al dispositivo en su parte interna le llega voltaje del terminal de datos cuando el mismo se encuentra en un nivel 1 y guarda la tensión en un capacitor en el momento en que la línea de datos pase a nivel 0. A este método de recibir voltaje se le denomina “Parasite Power” y se usa cuando el dispositivo debe conectarse a considerables distancias.

### 3.13. Diseño del tablero de control

Para la selección de las dimensiones del tablero en la parte de control es necesario tener en cuenta de los equipos que se utilizaran y la ubicación de todos los elementos que van a integrar este tablero, así como también la facilidad para ubicar los elementos con su respectivo cableado. Tomando en cuenta estos aspectos se seleccionó un tablero cuyas medidas se indican en la tabla.

ALTURA (CM)	PROFUNDIDAD (CM)	ANCHO (CM)
H	D	W
40	15	30

Tabla 3.2: Dimensiones Tablero

Una vez seleccionado todos los elementos que conforman el tablero de control se procede a realizar el montaje de cada uno de ellos.

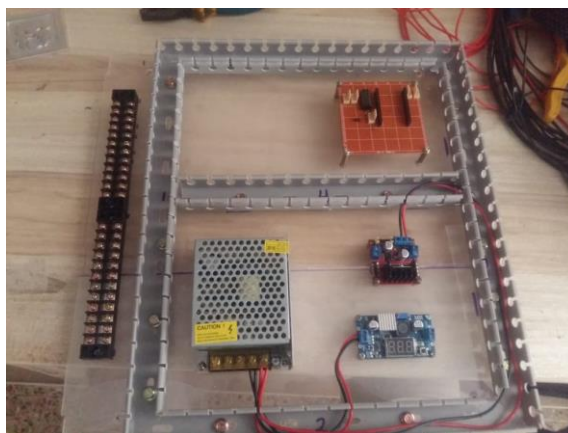


Figura 3.19: Tablero de control posición de equipos

De esta manera se van a ir colocando los elementos a utilizar para su correcto funcionamiento

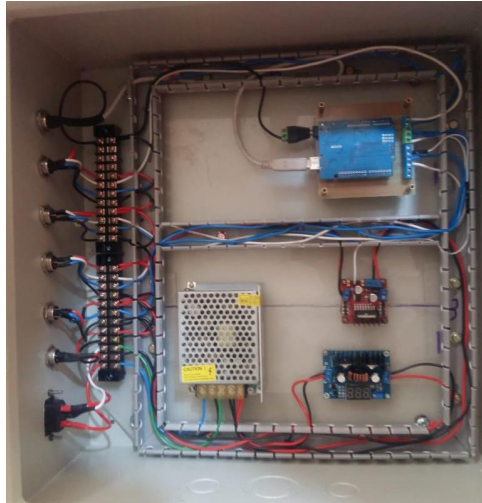


Figura 3.20: Cableado en tablero de control

El sistema fue diseñado para monitorear, indicar, alertar y tomar decisiones automáticamente en los niveles de alarma dictados por normativa de aplicación.

### 3.14. Diseño Proteus 7 profesional

Proteus 7 Profesional es un software para diseñar y simular tarjetas electrónicas para estudiantes y profesionales que deseen mejorar habilidades, con el desarrollo de todo tipo de aplicaciones electrónicas.

Se procedió a utilizar este software para el desarrollo de una tarjeta que nos permite facilitar la conexión a los sensores y el resto de componentes ya mencionados.

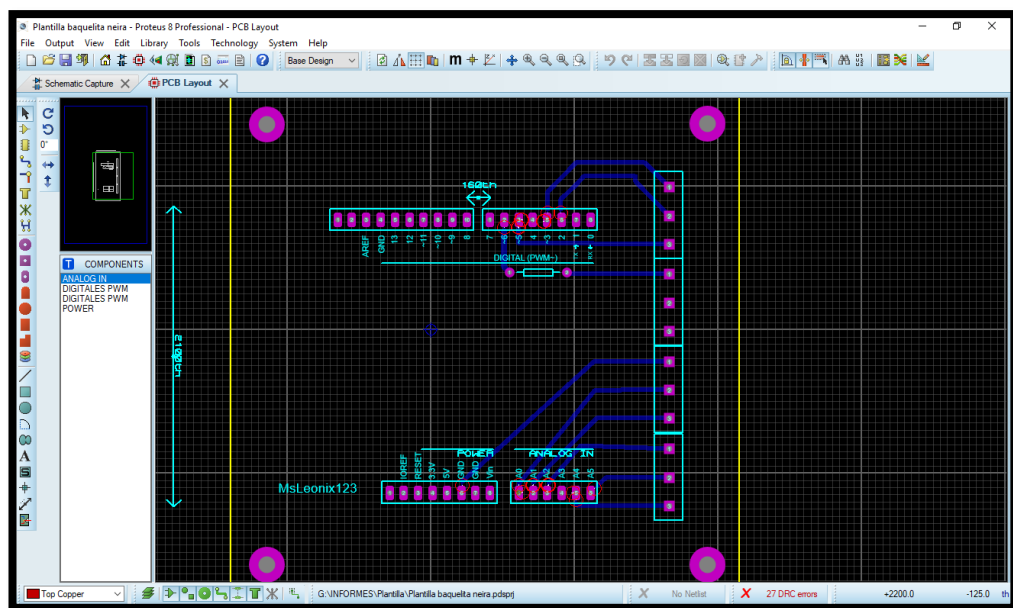


Figura 3.21: Diseño Layout de la tarjeta

A Continuación, se muestra nuestra tarjeta en 3d que cumple con las expectativas propuestas

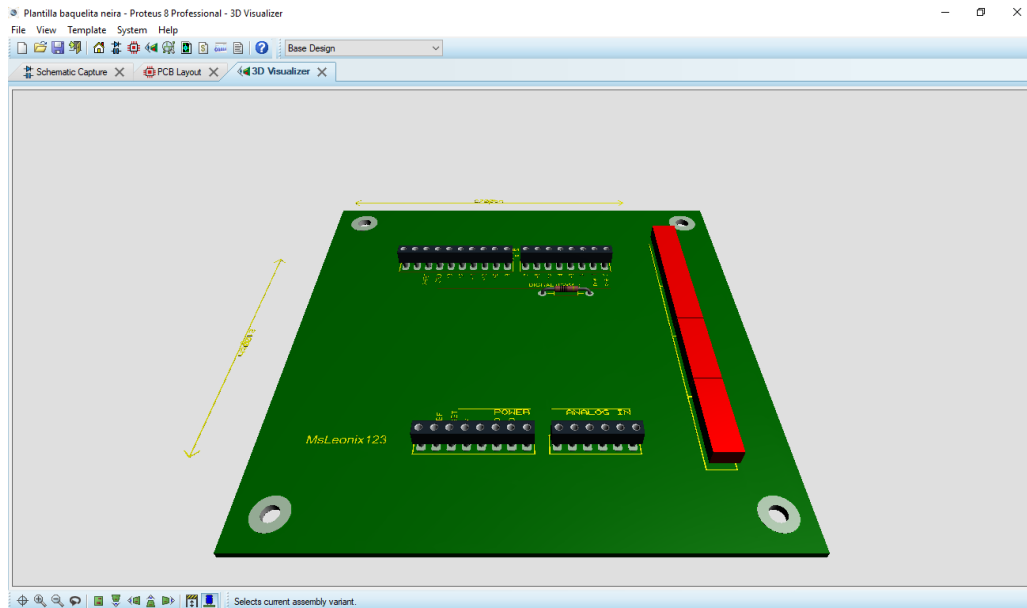


Figura 3.22: Vista 3D del diseño en tarjeta

Con la tarjeta desarrollada tenemos asignados los siguientes pines para cada función conjunto al Arduino.

### 3.15. Programación software Labview

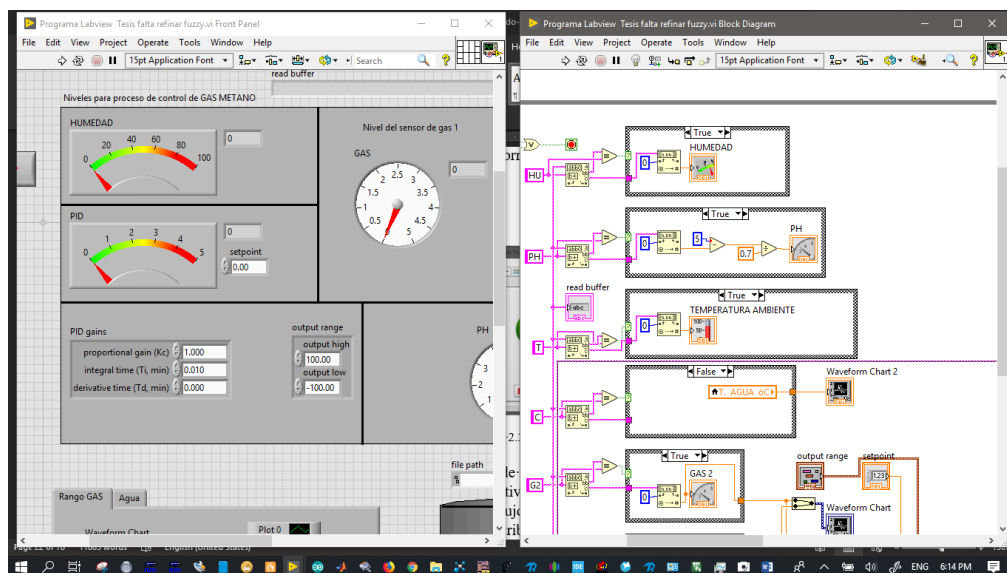


Figura 3.23: Programación Labview (National Instrument)

LabView es un software de entorno gráfico para realizar diseño y programación el cual nos permite desarrollar aplicaciones de todo tipo en una forma más rápida y eficaz.

Es un software con un lenguaje de programación gráfico para ingenieros y científicos para un mejor desarrollo de aplicaciones en pruebas, control y medidas. La programación gráfica de LabVIEW lo hace fácil de usar por docentes e investigadores y así incorporar el software en varios cursos y aplicaciones. Lo más importante los educadores e investigadores pueden usar un enfoque técnico de diseño de sistemas gráficos para generar prototipos y desplegar sistemas o procesos embebidos. (National Instrument)

### 3.16. Lógica difusa

La Lógica Difusa nos permite simular procedimientos para razonamiento humano en sistemas basados en el conocimiento, y proporciona un marco matemático que permite modelar la incertidumbre de los procesos cognitivos humanos de manera que pueda ser interpretada por el computador. (Morcillo, 2019)

En conclusión, la Lógica Difusa es una lógica multivaluada que nos permite representar de forma matemática la incertidumbre y la vaguedad, por ello proporciona alternativas para un tratamiento adecuado. Básicamente, cualquier problema se puede resolver como un conjunto de variables de entrada, y a la vez determinar un valor ideal de variables de salida. Este método nos permite adecuar un tipo de mapeo en una forma adecuada, atendiendo diferentes criterios. (Morcillo, 2019)

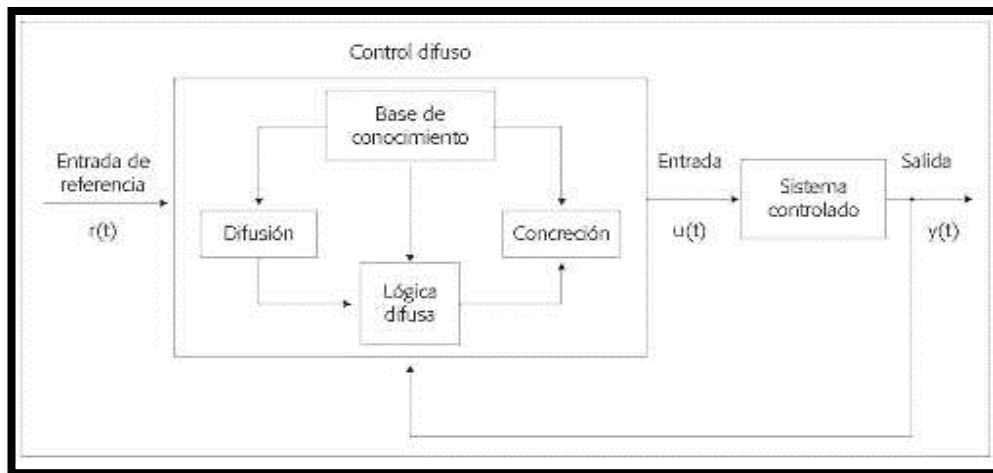


Figura 3.24: Diagrama funcional de un control difuso (Martinez, 2019)

Debido a este diseño de control, nos ha permitido insertar sentencias del lenguaje común, para que un sistema y el usuario pueda interpretarlo mediante el estado de las variables en diferentes procesos, teniendo en todo instante un grado de pertenencia a cualquier conjunto.

La lógica difusa fue diseñada para ser especialmente útil en sistemas de nivel avanzado y en cualquier aplicación de inteligencia artificial. También puede ser utilizada en el reconocimiento y para corregir voz y así tener sugerencias en una lista de probables palabras a reemplazar por una mal dicha.

## Operaciones Difusas

También se puede encontrar operaciones difusas en los conjuntos clásicos, por el cual se pueden generar distintos tipos de operaciones, lo mismo se puede generar en conjuntos difusos. Con ello se puede definir tres comandos básicos los cuales son: la intersección, el complemento y la unión.

## Funciones de Membresía

Estas funciones se enmarcan en un grado de pertenencia en un elemento a un subconjunto identificado por una etiqueta.

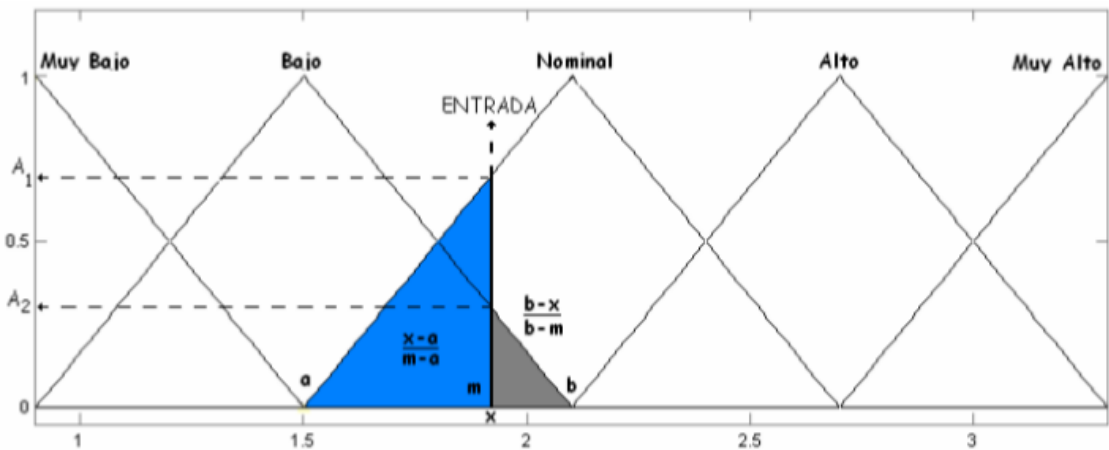


Figura 3.25: Funciones de membresía (*Control de diseño*)

Para diseñar un control difuso en la plataforma de LabVIEW, se debe programar mediante módulos que vienen integrados ya en el software, los cuales son conocidos como Toolkits, donde uno de ellos es el FuzzyLogic. Al ingresar al módulo, se despliega una ventana donde nos pide los datos para el posterior análisis del control difuso en el proceso que se vaya a realizar, como son las variables de entrada y las variables de salida, uno de los tipos de control que se puede utilizar como ejemplo es de tipo MIMO por sus siglas en inglés (Multi-Input Multi-Output).

## Grupos Difusos (Fusificación)

Los elementos difusos son emparejados con variables lingüísticas conceptualizada por una nombres o adjetivos que nos otorgan varias opciones con una amplitud considerada, a diferencia de los elementos convencionales que solo tienen dos opciones: Verdadero o Falso. La identificación más importante para desarrollar la definición de grupos difusos es la función de pertenencia.

$\mu_F$  normalmente está cambiando entre un rango mínimo y máximo en un intervalo previamente definido, da a lugar a que existan varias funciones de pertenencia como las denominadas funciones de tipo triangular, GAMMA, trapezoidal, tipo  $\pi$ , etc.

Una vez analizado se determinó usar de tipo  $\pi$  y de tipo triangular.

**Función trapezoidal:** Esta función se encuentra entre cuatro intervalos  $a, b, c, d$ .

La equivalencia de esta función es la siguiente:

- La salida es nula para valores menores de  $a$  y mayores de  $d$
- Tiene un valor unitario entre  $b$  y  $c$
- Crece en valores de 0 a 1 entre  $a$  y  $b$ , y decrece de 1 a 0 entre  $c$  y  $d$ .

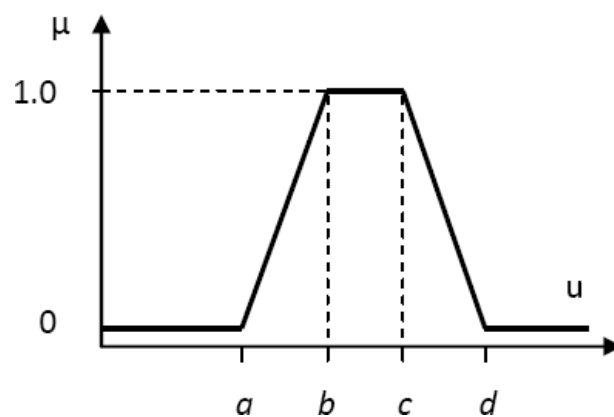


Figura 3.26: Función tipo trapezoidal (*LÓGICA DIFUSA Y SISTEMAS DE CONTROL*)

**Función triangular:** Es determinada como una función que define el modelamiento con valores de pertenencia diferente de cero, para un rango de valores especificados a un punto de valor  $b$ .

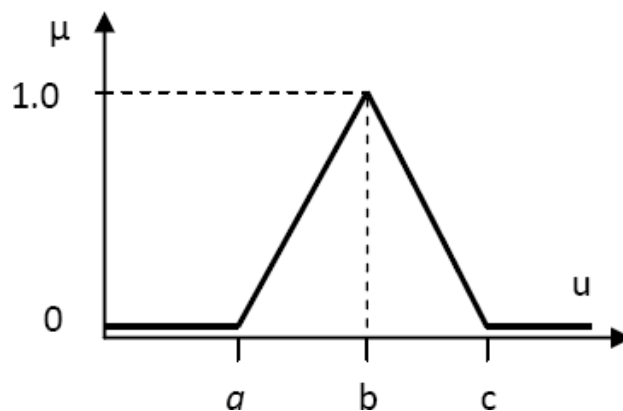


Figura 3.27: Función tipo triangular (*LÓGICA DIFUSA Y SISTEMAS DE CONTROL*)

Como se muestra en la figura 3.28, en la ventana de fuzzy sistema designer de LabView, nos permite establecer cuantas variables de entradas y salidas sean necesarias para el diseño de nuestro sistema.

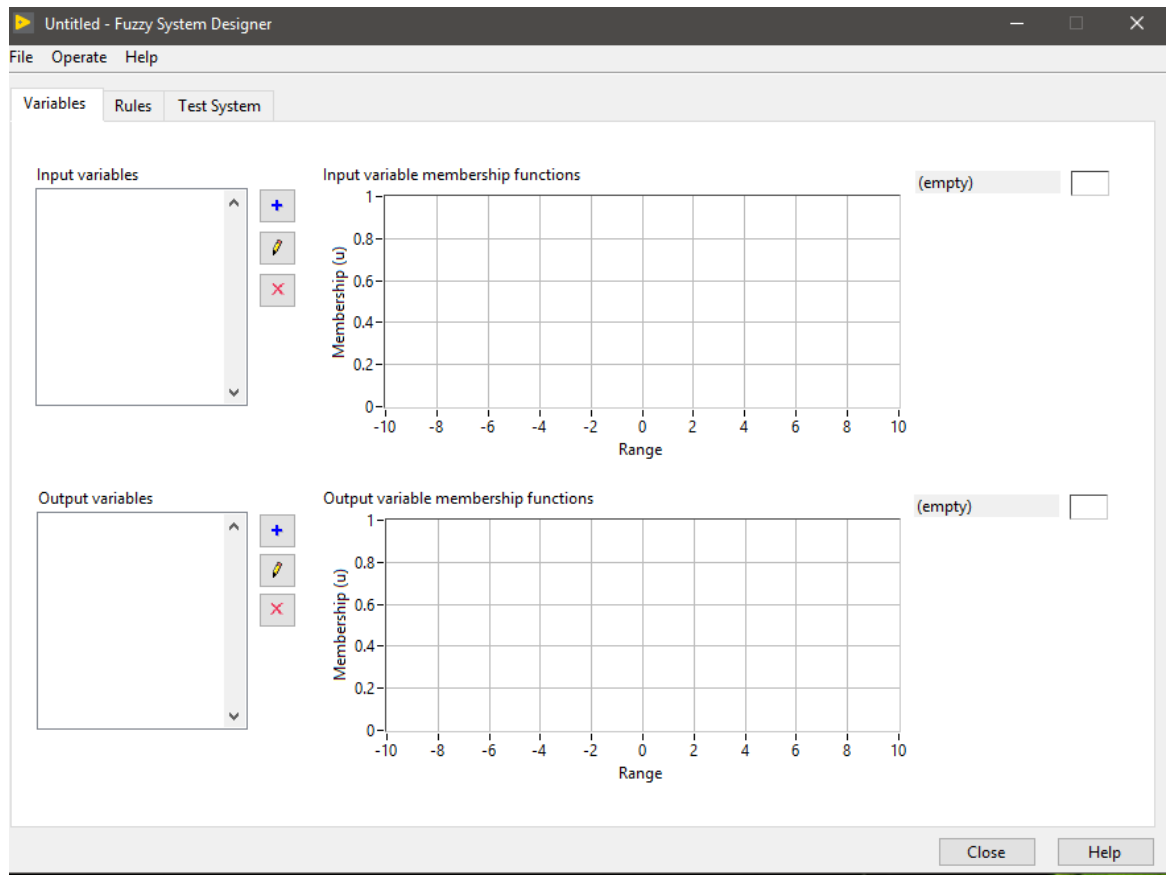


Figura 3.28: Sistema de diseño fuzzy

La etapa de Fusificación, les da a los datos de entrada un grado de membresía dentro de diferentes expresiones, para ello se busca la correspondencia del estado en las variables, y funciones de pertenencia definidas. Entonces, para determinados valores de una variable, su grado de pertenencia será mayor en una expresión que en las otras.

Ya obtenidos los estados de las variables en forma lingüística se puede asignar relaciones lógicas entre ellas, mediante reglas tales como si... entonces (IF – THEN). Se elaboran varias relaciones que permiten interpretar de forma l, y lógica con lo que se logra definir una actuación deseada, que se usa en la planta. Posteriormente esta debe ser llevada a número, para que después el convertidor digital analógico la convierta a una señal de tal manera que pueda ser utilizada en la planta según el requerimiento. (Samir Kouro)

- **Defusificación**

Se pueden utilizar varias formas de defusificación como:



- Máximo de centros.
- Media de centros.
- Centro de área.

$$y_d = \frac{\sum_{l=1}^R \delta_l \mu_{B_l}(\delta)}{\sum_{l=1}^R \mu_{B_l}(\delta)}$$

El método de Defusificación que se tiene pensado implementar es el de centro de área ya que con el mismo se elabora el cálculo resumido, si tenemos en cuenta un universo finito y así,  $Y(d)$  esta es una función de membresía discreta y  $R$  es la cantidad de reglas que son los siguientes pasos:

- Especificar las variables de entrada y control
- Especificar los conjuntos difusos, es decir, obtener las variables lingüísticas y sus funciones.
- Especificar las reglas, que darán la interpretación de cuáles se encenderán y según qué condiciones.
- Las bases de las reglas tienen la siguiente forma:

**SI** Antecedente\_1 **Y** Antecedente\_2 **ENTONCES** consecuente 1

- Especificar la unidad de procesamiento difuso, ésta me da a conocer la salida difusa. Para evaluar cada regla se usa un valor mínimo, el cual hay que considerar el valor de verdad menor.

Cambiar la acción del control difuso correspondiente, a valor real que es el que se aplica en el sistema.

### 3.17. Diseño del sistema de control difuso

#### Definir las variables de entrada y de control.

A continuación, se muestran las variables y condiciones del proyecto:

- La variable de entrada A lo que controla en el proceso es la variable VENTILADOR.
- Las variables de control están definidas mediante el nombre "SENSOR

## GAS1 Y SENSOR GAS 2".

### Fusificación.

- En el caso de la Fusificación se utiliza la forma triangular y en otros casos la trapezoidal. (Ver figura 3.29).

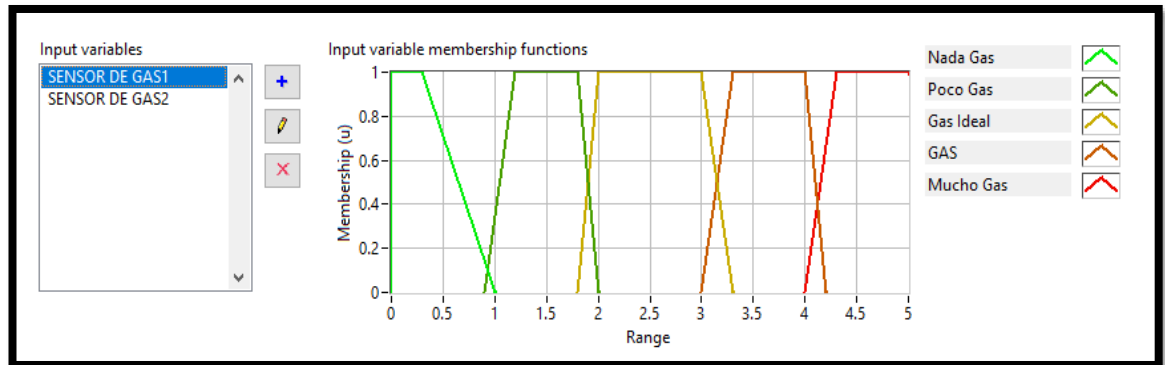


Figura 3.29: Conjuntos difusos variable de entrada "Sensor"

- Para la variable "SENSOR GAS 2" también se utiliza el método trapezoidal, observar figura 3.30

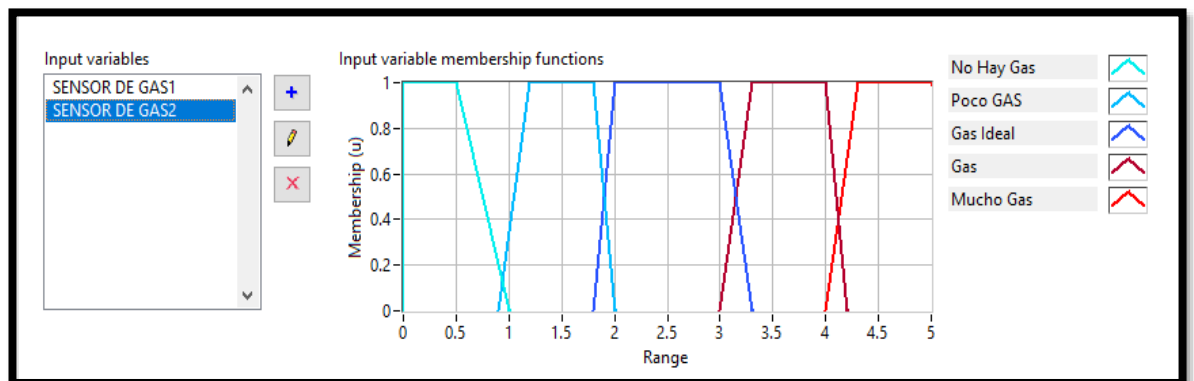


Figura 3.30: Gráfica variable sensor gas 2

- Variable de salida "VENTILADOR" se utiliza el método trapezoidal y gaussiana, observar figura 3.31

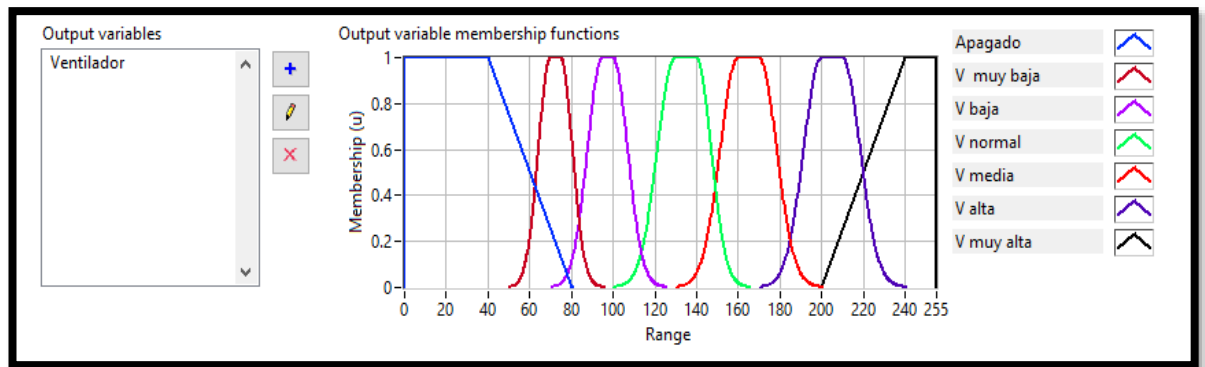


Figura 3.31: Variable de salida ventilador

Se definen las siguientes variables:

➤ Variable "Sensor de Gas 1":

- ✓ Mucho Gas
- ✓ Gas
- ✓ Gas Ideal
- ✓ Poco Gas
- ✓ Nada Gas

➤ Variable "Sensor de Gas 2":

- ✓ Mucho Gas
- ✓ Gas
- ✓ Gas Ideal
- ✓ Poco Gas
- ✓ No hay Gas

➤ Variable "Ventilador"

- ✓ V. muy alta
- ✓ V. alta
- ✓ V. media
- ✓ V. normal

- ✓ V. baja
- ✓ V. muy baja
- ✓ Apagado

### Reglas

Para la especificación de las reglas, se elabora un cuadro general que indica la relación de cada una de las variables para el trabajo. (Ver tabla 3.3)

**Tabla. Mapa general de reglas**

<i>Gas1 / Gas2</i>	<b>Nada Gas</b>	<b>Poco Gas</b>	<b>Gas Ideal</b>	<b>Gas</b>	<b>Mucho Gas</b>
<b>Nada Gas</b>	Apagado	Apagado	Apagado	V. Baja	V. Normal
<b>Poco Gas</b>	Apagado	V. Muy Baja	V. Baja	V. Normal	V. Media
<b>Gas Ideal</b>	V. Muy Baja	V. Baja	V. Normal	V. Media	V. Máxima
<b>Gas</b>	V. Baja	V. Normal	V. Media	V. Alta	V. Máxima
<b>Mucho Gas</b>	V. Normal	V. Media	V. Alta	V. Máxima	V. Máxima

Tabla 3.3: Reglas de asociación con cada una de las variables

1. **IF 'SENSOR DE GAS1' IS 'NADA GAS' AND 'SENSOR DE GAS2' IS 'NO HAY GAS' THEN 'VENTILADOR' IS 'APAGADO'**
  
2. **IF 'SENSOR DE GAS1' IS 'NADA GAS' AND 'SENSOR DE GAS2' IS 'POCO GAS' THEN 'VENTILADOR' IS 'APAGADO'**

3. **IF 'SENSOR DE GAS1' IS 'NADA GAS' AND 'SENSOR DE GAS2' IS 'GAS IDEAL' THEN 'VENTILADOR' IS 'V.MUY BAJA'**
4. **IF 'SENSOR DE GAS1' IS 'NADA GAS' AND 'SENSOR DE GAS2' IS 'GAS' THEN 'VENTILADOR' IS 'V. BAJA'**
5. **IF 'SENSOR DE GAS1' IS 'NADA GAS' AND 'SENSOR DE GAS2' IS 'MUCHO GAS' THEN 'VENTILADOR' IS 'NORMAL'**
6. **IF 'SENSOR DE GAS1' IS 'POCO GAS' AND 'SENSOR DE GAS2' IS 'NADA GAS' THEN 'VENTILADOR' IS 'APAGADO'**
7. **IF 'SENSOR DE GAS1' IS 'POCO GAS' AND 'SENSOR DE GAS2' IS 'POCO GAS' THEN 'VENTILADOR' IS 'V. MUY BAJA'**
8. **IF 'SENSOR DE GAS1' IS 'POCO GAS' AND 'SENSOR DE GAS2' IS 'GAS IDEAL' THEN 'VENTILADOR' IS 'V. BAJA'**
9. **IF 'SENSOR DE GAS1' IS 'POCO GAS' AND 'SENSOR DE GAS2' IS 'GAS' THEN 'VENTILADOR' IS 'V. NORMAL'**
10. **IF 'SENSOR DE GAS1' IS 'POCO GAS' AND 'SENSOR DE GAS2' IS 'MUCHO GAS' THEN 'VENTILADOR' IS 'V. MEDIA'**
11. **IF 'SENSOR DE GAS1' IS 'GAS IDEAL' AND 'SENSOR DE GAS2' IS 'NADA GAS' THEN 'VENTILADOR' IS 'APAGADO'**

12. **IF** 'SENSOR DE GAS1' **IS** 'GAS IDEAL' **AND** 'SENSOR DE GAS2' **IS** 'POCO GAS' **THEN** 'VENTILADOR' **IS** 'V. BAJA'
  
13. **IF** 'SENSOR DE GAS1' **IS** 'GAS IDEAL' **AND** 'SENSOR DE GAS2' **IS** 'GAS IDEAL' **THEN** 'VENTILADOR' **IS** 'NORMAL'
  
14. **IF** 'SENSOR DE GAS1' **IS** 'GAS IDEAL' **AND** 'SENSOR DE GAS2' **IS** 'GAS' **THEN** 'VENTILADOR' **IS** 'V. MEDIA'
  
15. **IF** 'SENSOR DE GAS1' **IS** 'GAS IDEAL' **AND** 'SENSOR DE GAS2' **IS** 'MUCHO GAS' **THEN** 'VENTILADOR' **IS** 'V. ALTA'
  
16. **IF** 'SENSOR DE GAS1' **IS** 'GAS' **AND** 'SENSOR DE GAS2' **IS** 'NADA GAS' **THEN** 'VENTILADOR' **IS** 'V. BAJA'
  
17. **IF** 'SENSOR DE GAS1' **IS** 'GAS' **AND** 'SENSOR DE GAS2' **IS** 'POCO GAS' **THEN** 'VENTILADOR' **IS** 'NORMAL'
  
18. **IF** 'SENSOR DE GAS1' **IS** 'GAS' **AND** 'SENSOR DE GAS2' **IS** 'GAS IDEAL' **THEN** 'VENTILADOR' **IS** 'V. MEDIA'
  
19. **IF** 'SENSOR DE GAS1' **IS** 'GAS' **AND** 'SENSOR DE GAS2' **IS** 'GAS' **THEN** 'VENTILADOR' **IS** 'V. ALTA'
  
20. **IF** 'SENSOR DE GAS1' **IS** 'GAS' **AND** 'SENSOR DE GAS2' **IS** 'MUCHO GAS' **THEN** 'VENTILADOR' **IS** 'V. MAXIMA'
  
21. **IF** 'SENSOR DE GAS1' **IS** 'MUCHO GAS' **AND** 'SENSOR DE GAS2' **IS** 'NADA GAS' **THEN** 'VENTILADOR' **IS** 'NORMAL'

22. **IF** 'SENSOR DE GAS1' **IS** 'MUCHO GAS' **AND** 'SENSOR DE GAS2' **IS** 'POCO GAS' **THEN** 'VENTILADOR' **IS** 'V. MEDIA'
  
23. **IF** 'SENSOR DE GAS1' **IS** 'MUCHO GAS' **AND** 'SENSOR DE GAS2' **IS** 'GAS IDEAL' **THEN** 'VENTILADOR' **IS** 'V. MEDIA'
  
24. **IF** 'SENSOR DE GAS1' **IS** 'MUCHO GAS' **AND** 'SENSOR DE GAS2' **IS** 'GAS' **THEN** 'VENTILADOR' **IS** 'V. MAXIMA'
  
25. **IF** 'SENSOR DE GAS1' **IS** 'MUCHO GAS' **AND** 'SENSOR DE GAS2' **IS** 'MUCHO GAS' **THEN** 'VENTILADOR' **IS** 'V. MAXIMA'

Presentación de las variables y línea de programación en el software LabVIEW.

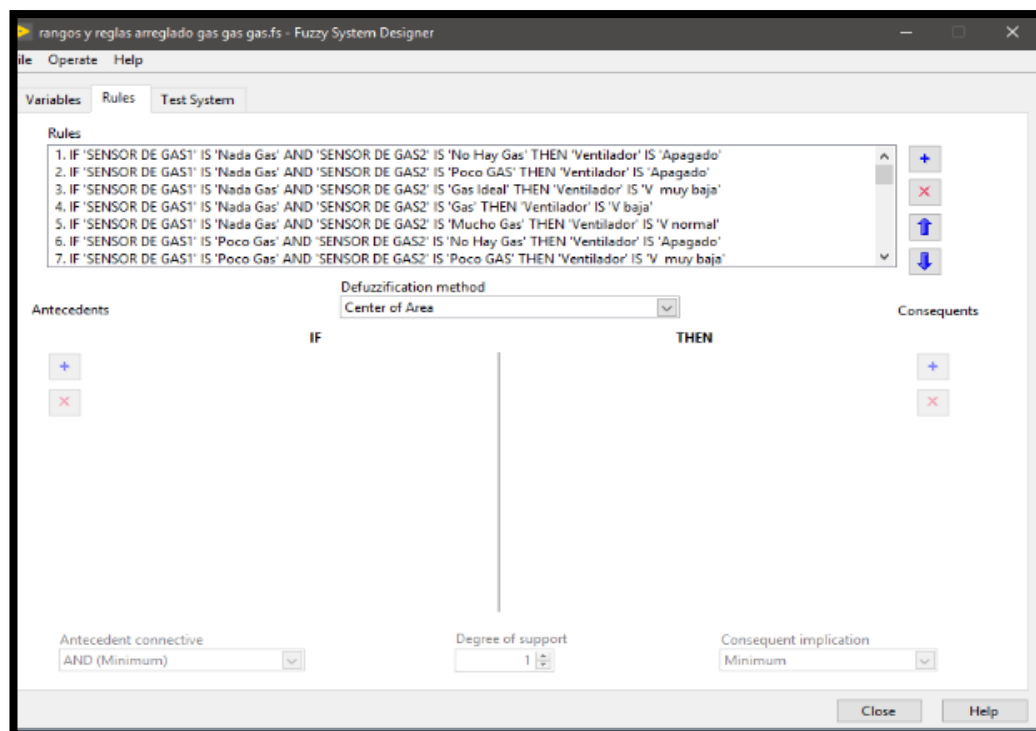
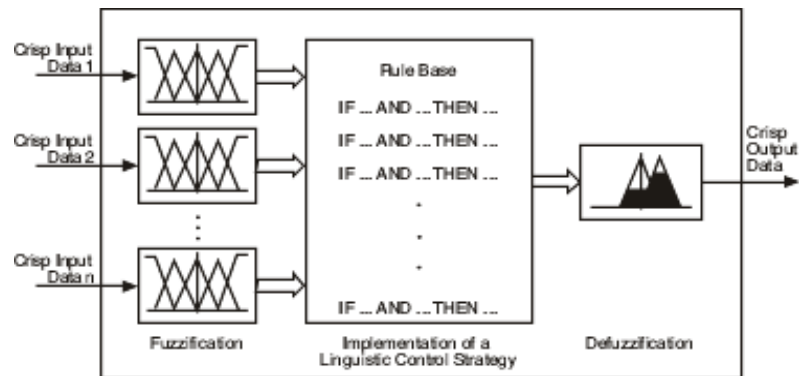


Figura 3.32: Reglas difusas

Un controlador difuso puede tener algunas entradas de diferentes sensores y datos además puede configurarse en una o varias salidas, según el medio al que se vaya a someter.



#### 4 RESULTADOS

Figura 3.33: Diseño control difuso

#### MEDICION DE LA TEMPERATURA DEL AGUA

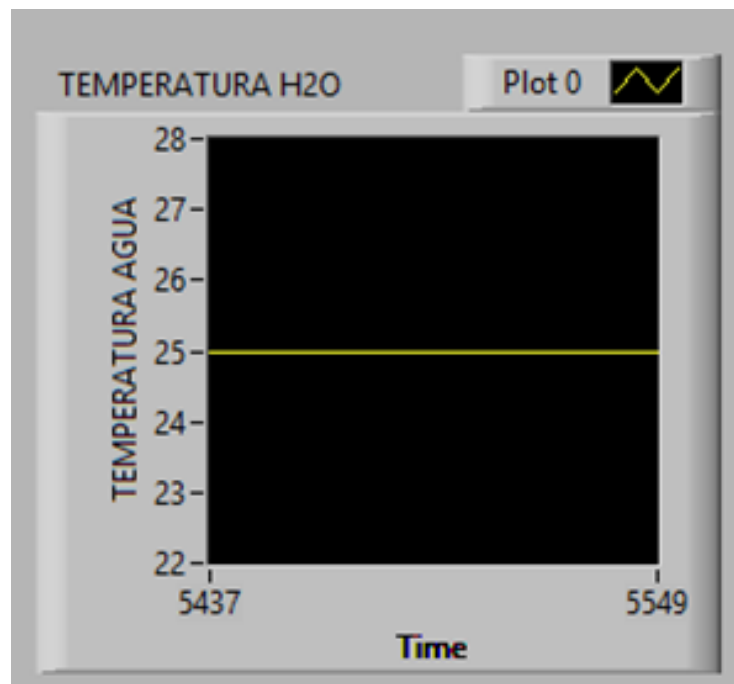


Figura 4.1: Gráfico Temperatura del agua

En la figura 4.1 se observa el registro del agua de la maqueta de planta de tratamiento en el software LabView. Esta señal proviene de una salida analógica de la tarjeta Arduino la cual tiene en una de sus entradas la salida de voltaje proveniente del sensor LM35.



En el momento de la lectura la salida del sensor es de 0.25 Voltios leído en el display del panel frontal de LabView. En este sensor la respuesta es lineal desde – 50 hasta 150 grados 1 grado Centígrado equivale a 10 milivoltios.

Entonces  $0.25 \text{ V} * 1000 \text{ mV/1 V} * 1 \text{ grado C} / 10 \text{ mV} = 25 \text{ grados Centígrados}$

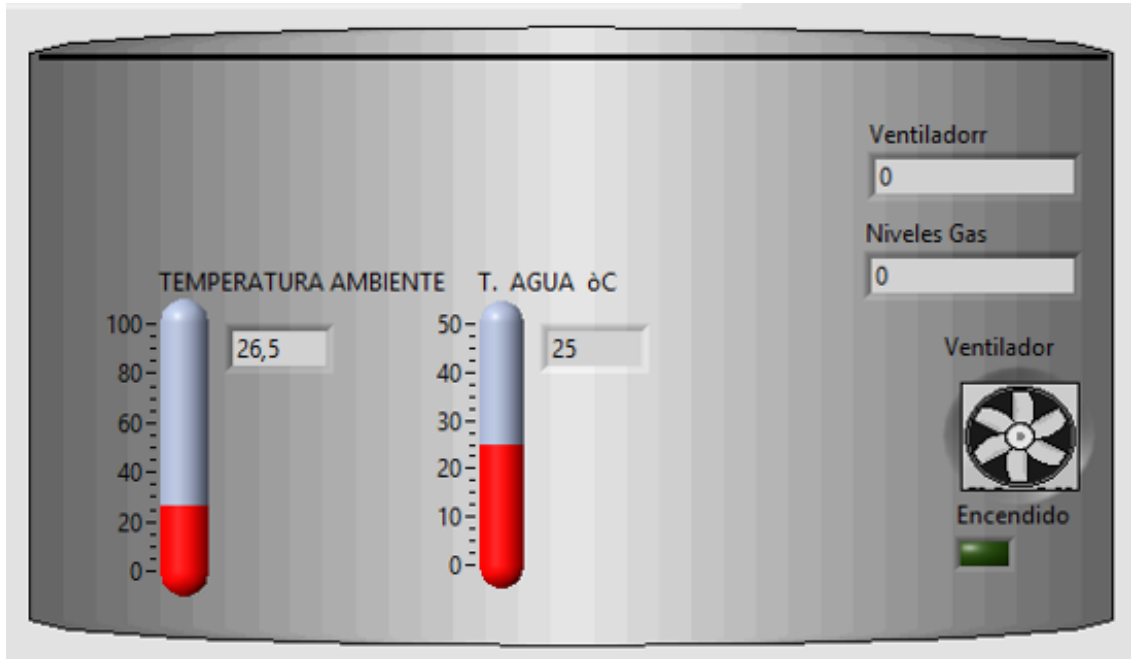


Figura 4.2: Lectura de la temperatura del agua y ambiente

En la figura 4.2 también se puede visualizar la lectura del agua tratada de la maqueta. Así mismo se puede apreciar las valores PWM del ventilador, los niveles de gas , el aviso de encendido o apagado del ventilador

## MEDICIÓN DEL PH

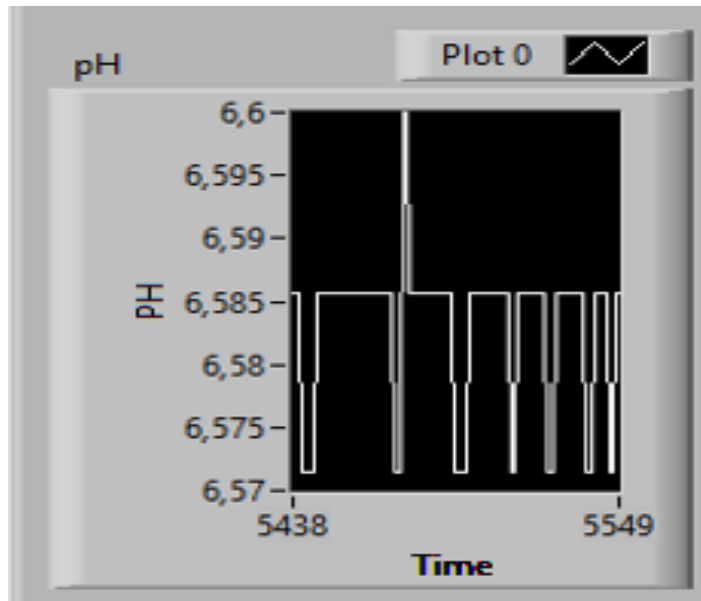


Figura 4.3: Medición del PH del agua

En la figura 4.3 tenemos la medición del pH mostrada en un Indicador Gráfico de LabView. El sensor de PH toma la lectura del agua y la transforma en señal eléctrica con la ayuda de la tarjeta electrónica acondicionadora de señal. Esta entra en el Arduino 1 y emite una salida de 0 a 5 Voltios. Con la ayuda de un VI se procede a tomar la lectura en el LabView y a graficarla.



Figura 4.4: Ajuste de la lectura del medidor de PH con estándares

En la figura 4.4, se aprecia el momento en que se está realizando un ajuste del medidor de PH utilizando los estándares de 4 y 7 PH para que las lecturas sean confiables.

## MEDICIÓN DEL GAS METANO



Figura 4.5: Ubicación de los sensores de gas

En la Figura 4.5 se aprecia la ubicación de los sensores de gas metano SGAS1 y SGAS2 ubicados en lugares opuestos para una mejor detección del mismo. La tapa superior de acrílico puede ser alzada para revisión del estado de los dos dispositivos o mantenimiento de los mismos. Para una mejor detección hay que asegurarse de que no se encuentren con ninguna suciedad producido por alguna partícula que se pueda adherir a la superficie de estos ya que restaran sensibilidad en la detección del gas.



Figura 4.6: Sensor de gas 1 (*SGAS 1*)

En la Figura 4.6 se aprecia la ubicación más cercana de uno de los dos sensores de gas MQ2 debidamente entornillado y con espiral alrededor del cable para protección externa del mismo.

## RELACIÓN PPM VS VOLTIOS DEL SENSOR DE GAS MQ2

A continuación, se deduce relación del voltaje de salida del sensor de gas:

Cuando la salida del sensor tiene un Voltaje de 0 Voltios indica que la medición mínima es de 300 ppm de gas.

Cuando la salida del sensor tiene un Voltaje de 5 Voltios, indica que la medición máxima es de 10.000 ppm.

Utilizando la ecuación de la recta:

$$y = mx + b:$$

$$m = (10.000 - 300) \text{ PPM} / 5 \text{ Voltios} = 1.940 \text{ PPM/V}$$

La relación partes por millón versus voltios queda:

$$\text{PPM} = 1940 \text{ PPM/V} * V + 300 \text{ PPM}$$

ITEM	Salida ( Voltios )	Partes por millón (PPM)
1	0	300
2	1	2.240
3	2	4.180
4	3	6.120
5	4	8.060
6	5	10.000

Tabla 4.1: Relación PPM vs Voltaje de salida del sensor de gas

## PRUEBAS DEL CONTROL DE CONCENTRACION DE GAS

Las pruebas del control de la concentración de gas consisten en setear un valor en el panel de control de LabView de tal manera que, si esta concentración se acerca al setpoint, empieza a funcionar el ventilador para empezar a desalojar el gas de la planta de tratamiento y no llegue a un punto que puede ser perjudicial para las personas o que provoque un peligro de explosión.

### Prueba con el Control PID

Comenzamos con arrancar el sistema ubicando los valores de las constantes Proporcional, Integral y Derivativa. Posteriormente abrimos la válvula que permite el ingreso del gas para que se vaya llenando la cámara de la planta de tratamiento de

aguas. En el Display se debe observar la variación de voltaje entre 0 y 5 Voltios que tienen relación lineal con las PPM del gas. El programa toma los dos valores y le saca el promedio y esa será la señal de proceso que entra en el bloque PID del LabView. Así mismo se coloca el setpoint entre 0 y 5 Voltios. El rango de trabajo va a estar entre 0 y 255 que corresponde a la variación de pulsos que va a llegar al ventilador (PWM) los cuales aumentaran cuando estén lejos del setpoint y disminuirán cuando se acerque, y así variara la velocidad del ventilador. En otras palabras, cuando exista poca concentración de gas el ventilador permanecerá apagado y cuando aumente la concentración, el ventilador comenzara a girar con una velocidad que tiene relación con el setpoint y la concentración de gas que se tenga en ese momento.

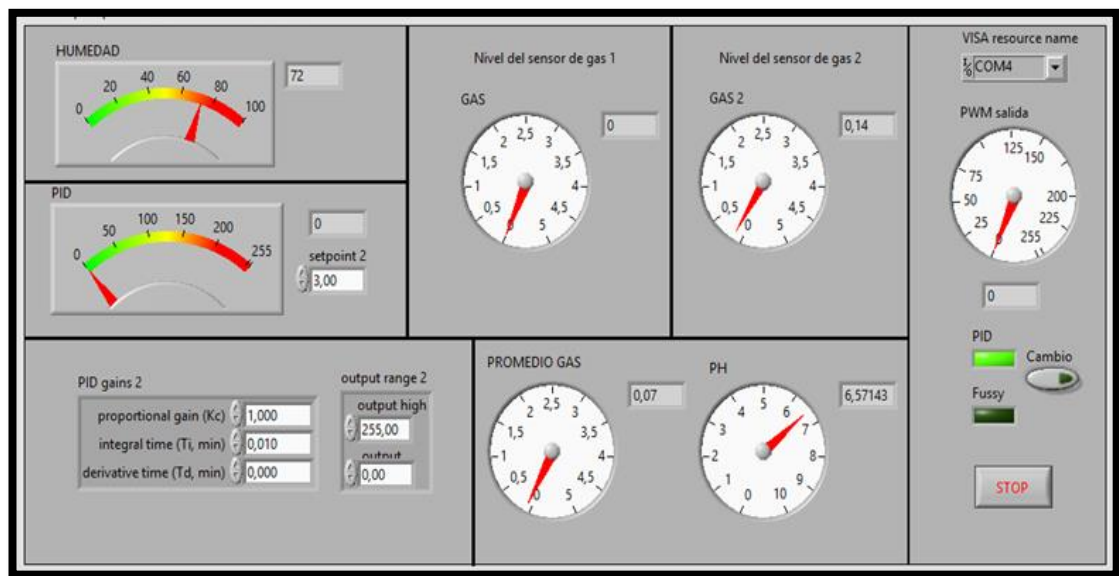


Figura 4.7: Indicadores numéricos y comandos para el control PID

En la figura 4.7 se muestran los indicadores como son para las lecturas de los sensores de gases 1 y 2 los cuales muestran el voltaje de salida que se relacionan con la concentración de gas. También existe otro que muestra el promedio de las dos lecturas de gas y representa la señal de proceso. Así mismo están los botones para ubicar las constantes proporcional, Integral y Derivativa. El valor de la concentración permitida se la pone en la entrada del setpoint. Los valores límites son ubicados en la entrada Output Range los cuales va de 0 a 255 los cuales representan el PWM.

También existe un swich que selecciona que tipo de controlador se va a utilizar, el PID o Fuzzy.

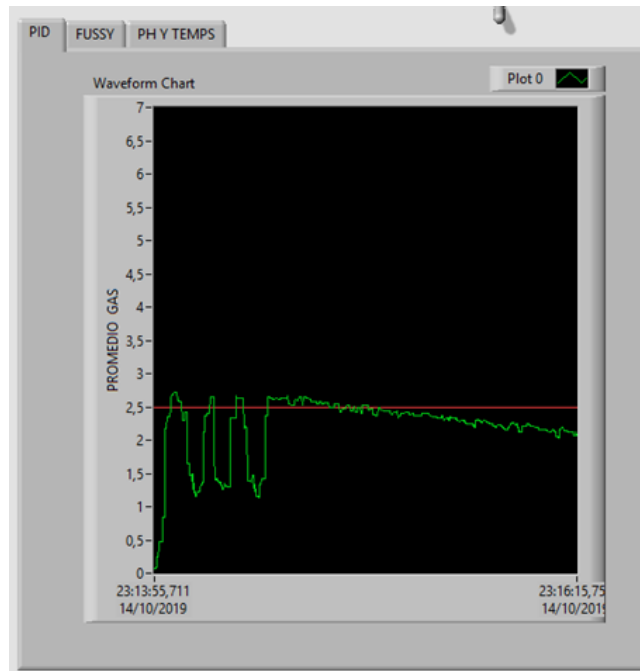


Figura 4.8: Grafica del control PID de concentración de gas

En la figura 4.8 se muestra la variación de la concentración de gas utilizando el control PID. En este caso se ha puesto una consigna o setpoint de 2,5 voltios (color rojo), notándose inicialmente una fluctuación de la salida de gas, llegando al setpoint y posteriormente decreciendo ya que se ha desalojado una considerable cantidad del mismo.

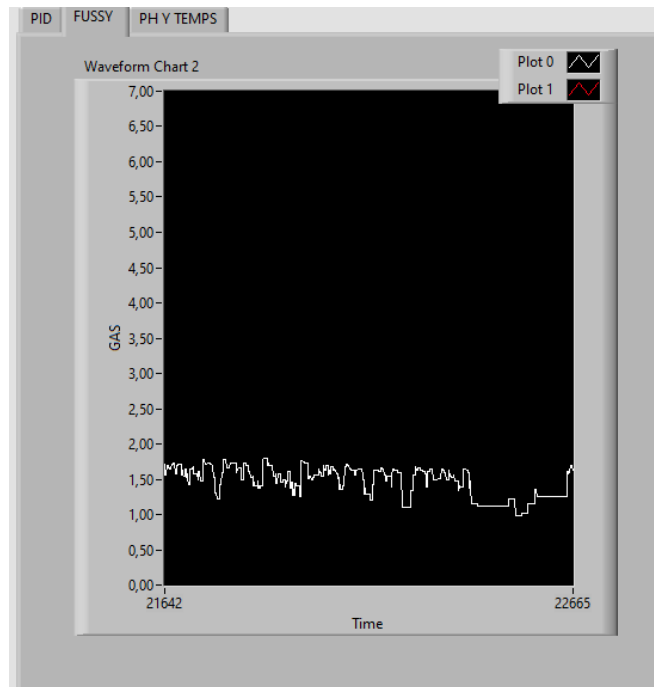


Figura 7: Grafica del control Fuzzy de concentración de gas

En la figura 7 se muestra la variación de la concentración de gas utilizando el control Fuzzy.

## 5. CONCLUSIONES

- Verificando los resultados de las pruebas realizadas con la maqueta de una planta de tratamiento de aguas residuales , notamos que el control PID trata de mantener la cantidad de concentración de gas en el valor seteado , por ejemplo si se lo pone en 2.5 Voltios el ventilador gira a la velocidad máxima cuando pasa el setpoint , pero posteriormente cuando baja la concentración, el ventilador se detiene y aun así sigue bajando la cantidad de gas porque en una planta real eso depende de la cantidad de gas metano producida por los materiales que se están tratando en el agua.
- La utilización de la herramienta de Matlab Ident es muy eficiente para poder encontrar la función de transferencia y posteriormente con el comando autotuning de Simulink podemos hallar las constantes proporcional, integral y derivativa.
- La señal de proceso que en este caso es el promedio de los dos sensores de gas tiene una variación rápida según la concentración de gas, por esa razón la constante Integral del PID es pequeña.
- Las variables de temperatura y PH pueden ser fácilmente comparados con instrumentos como un termómetro digital o una tirilla para lectura del PH. En el caso de medición de las PPM, existen equipos medidores de gases que son muy costosos para compararlos con la lectura que da el sensor MQ2.
- Las reglas utilizadas para el control Fuzzy están dirigidas para que el sistema tenga una tendencia a la evacuación de gas lo cual garantiza que la concentración de gas en la superficie de la planta de tratamiento de aguas sea mínima si tener todo el tiempo encendido el ventilador, lo cual en una planta real traería como consecuencia un elevado consumo de energía.

## 6. RECOMENDACIONES

- Al existir un sistema que necesita como alimentación un tanque de GLP o gas licuado de petróleo, es peligroso por lo que se recomienda antes de realizar alguna prueba, no tener ningún dispositivo cerca que pueda realizar una chispa, ya que va a existir gas en el ambiente una vez que se arranque con el equipo y el ventilador empiece a expulsar una concentración considerable del GLP.
- Es importante mantener limpia la superficie de los sensores de gas, ya que de no ser así el dispositivo pierde sensibilidad en la captación del gas y las lecturas que se muestren tanto en el display como en el panel frontal del LabView.
- El sensor de PH siempre debe estar en contacto con una sustancia neutra cuando no se encuentre en uso. Nunca se lo debe dejar al descubierto porque pierde sensibilidad y empezará a dar lecturas erróneas. Eventualmente se debe verificar el estado del PHmeter tomando lecturas con los estándares y ajustando la tarjeta amplificadora en los potenciómetros tipo trimmer tanto el cero como el span.
- Verificar que la válvula del cilindro de gas se encuentre en perfecto estado para que no varíe el flujo de gas sin que este sea accionado.
- Adicionalmente al uso del extintor es importante el uso de mascarillas como protección de la ingestión del gas, lo cual es perjudicial para la salud.



7. ANEXOS

ANEXOS

ANEXO 1

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

PROYECTO MONITOREO METANO EN PLANTA DE AGUAS RESIDUALES																												
ACTIVIDADES	1ER MES				2DO MES				3ER MES				4TO MES				5TO MES				6TO MES							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Investigación de tipos de sensores .	█																											
Diseño de función de trasferencia con Matlab	█																											
elaboración del VI de LABVIEW		█																										
Compra de materiales			█	█																								
Construcción de la Estructura				█	█	█																						
Elaboración del circuito de control y fuerza					█	█	█	█	█	█																		
Realización del programa con sensores reales en LabView					█	█	█	█	█	█	█	█	█	█														
Pruebas simuladas																		█	█									
Pruebas con equipo																			█	█								
Análisis de resultados																							█	█				
Elaboración del Documento de Grado									█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█

## ANEXO 2

### GASTOS DEL PROYECTO

ITEM	MATERIAL	CANTIDAD	P/U (US)	SUBTOTAL (US)
1	SENSOR DE GAS METANO	2	30,00	60,00
2	SENSOR DE HUMEDAD	1	25,00	25,00
3	SENSOR DE TEMPERATURA	1	20,00	20,00
4	SENSOR DE PH	1	120,00	120,00
5	ARDUINO 1	1	20,00	20,00
6	MAQUETA AGUAS	1	300,00	300,00
7	CIRCUITO CONVERTIDOR DE FRECUENCIA	1	120,00	120,00
8	TABLERO ELECTRICO	1	90,00	90,00
9	VARIOS (cables,cinta,tor nillos,rieles,etc)	GLOBAL	250,00	250,00
	<b>TOTAL</b>			<b>1005,00</b>

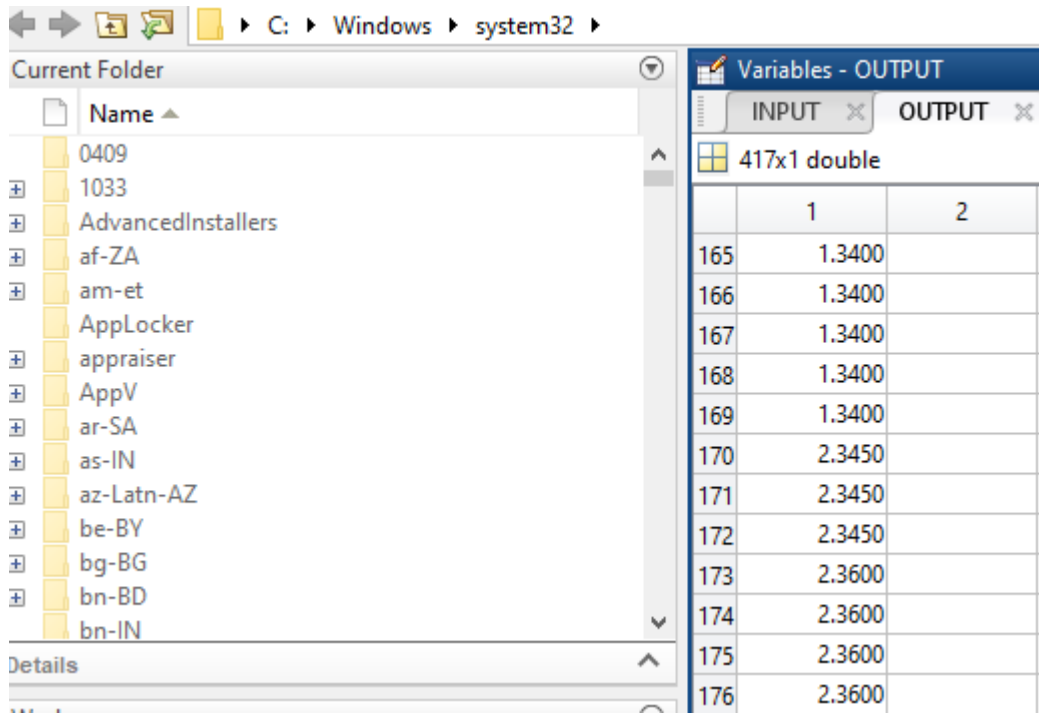
# ANEXO 3

## IDENTIFICACION DE LA PLANTA Y PARAMETROS PID

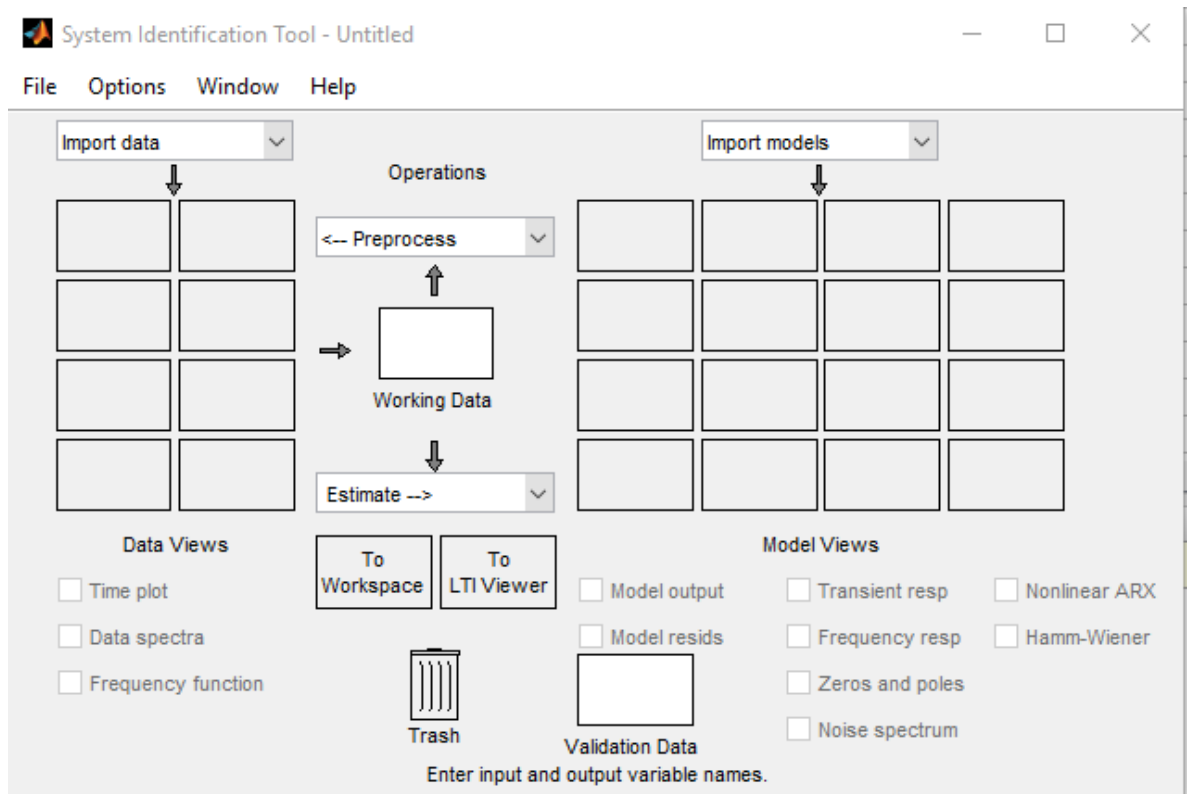
Procedimiento: primero se abre la válvula de gas y se recolecta la información en File I/ O de LabVIEW. Después se lo pega en Variables de Matlab.

The screenshot shows a software interface with a file explorer on the left and a data table on the right. The file explorer displays a list of folders under the path 'C: > Windows > system32 >'. The data table, titled 'Variables - INPUT', shows a 417x1 double array with two columns labeled '1' and '2'. The data in the table is as follows:

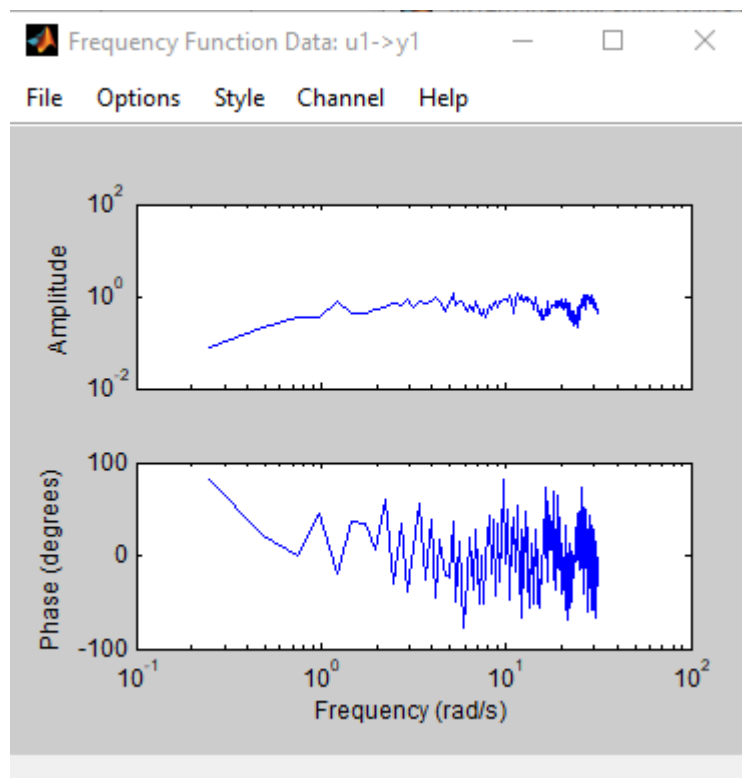
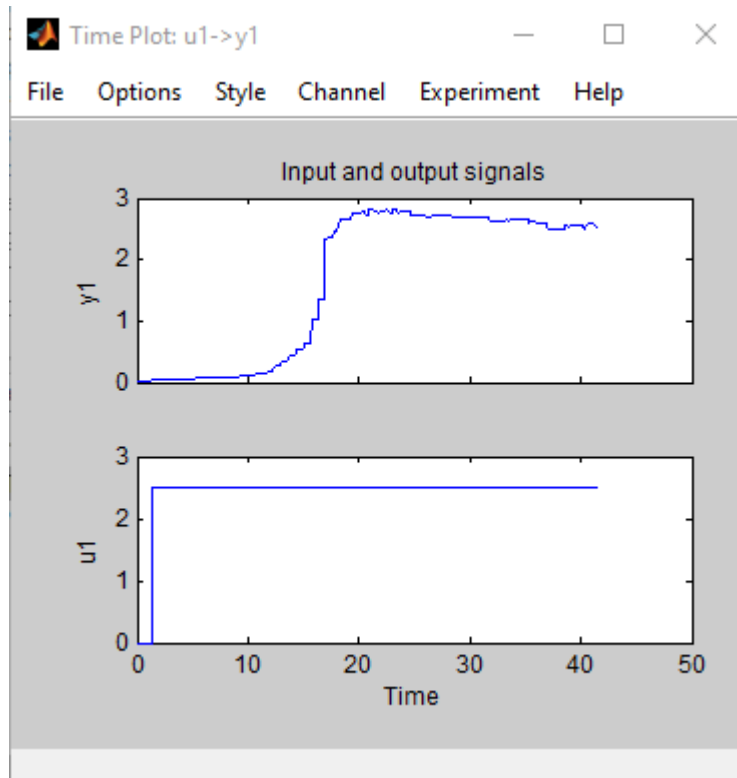
	1	2
9	0	
10	0	
11	0	
12	0	
13	0	
14	2.5000	
15	2.5000	
16	2.5000	
17	2.5000	
18	2.5000	

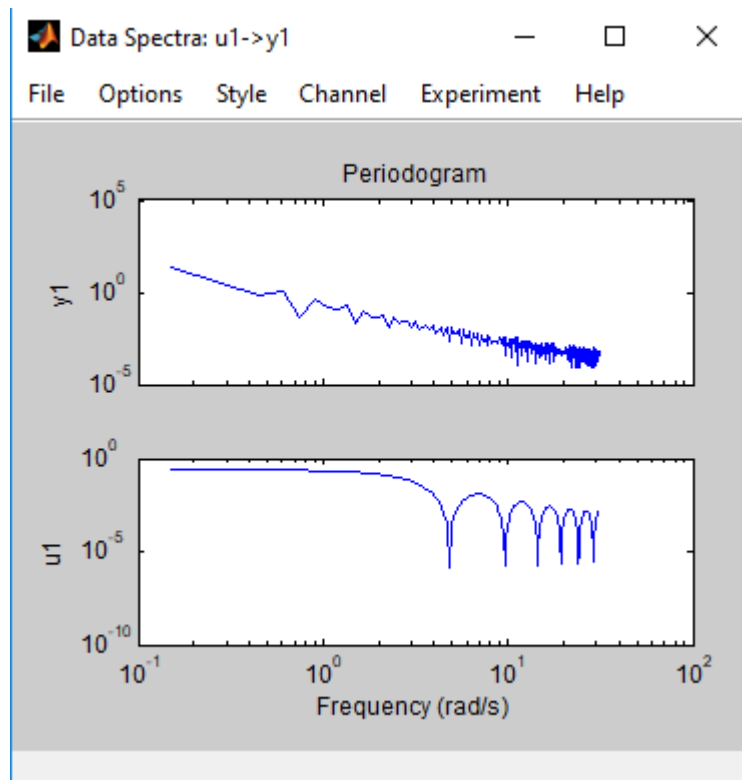


Abrimos el System Identification Tool



Graficas de entrada - salida





Primera Estimación

Model Transfer Function

$$\frac{K}{(1 + T_{p1} s)}$$

Poles

1  All real

Zero  
 Delay  
 Integrator

ParameterKnown	Value	Initial Guess	Bounds
K <input type="checkbox"/>	1.8655	Auto	[-Inf Inf]
Tp1 <input type="checkbox"/>	37.3908	Auto	[0 37753.73]
Tp2 <input type="checkbox"/>	0	0	[0 Inf]
Tp3 <input type="checkbox"/>	0	0	[0 Inf]
Tz <input type="checkbox"/>	0	0	[-Inf Inf]
Td <input type="checkbox"/>	0	0	[0 Inf]

Initial Guess

Auto-selected  
 From existing model:   
 User-defined

Disturbance Model:   Initial condition:     
Focus:   Covariance:

Display progress

Name:

Data/model Info: P1

Model name:   
Color:

Use "getpvec", "getcov" for parameter

Status:  
Estimated using PROCEST on time domain d  
Fit to estimation data: 91.86%  
FPE: 0.343, MSE: 0.3405

Diary and Notes

```
% Import GAS
Opt = procestOptions;
Pl = procest(GAS,'P1', Opt);
```

## Segunda Estimación

The screenshot shows the 'System Identification Tool - Untitled' window. The main workspace is divided into several sections:

- Import data:** A dropdown menu and a grid of data blocks. One block labeled 'GAS' contains a blue step-like plot.
- Operations:** A central area with a '<-- Preprocess' dropdown, a 'Working Data' block with a 'GAS' plot, and an 'Estimate -->' dropdown.
- Import models:** A dropdown menu and a grid of model blocks. Two blocks labeled 'P1' and 'P1D' contain blue plots of decaying exponentials.
- Data Views:** Checkboxes for 'Time plot', 'Data spectra', and 'Frequency function', all of which are checked.
- Model Views:** Checkboxes for 'Model output', 'Model resid', 'Transient resp', 'Frequency resp', 'Zeros and poles', and 'Noise spectrum', all of which are unchecked.
- Other elements:** 'To Workspace' and 'To LTI Viewer' buttons, a 'Trash' icon, and a 'Validation Data' plot labeled 'GAS'.

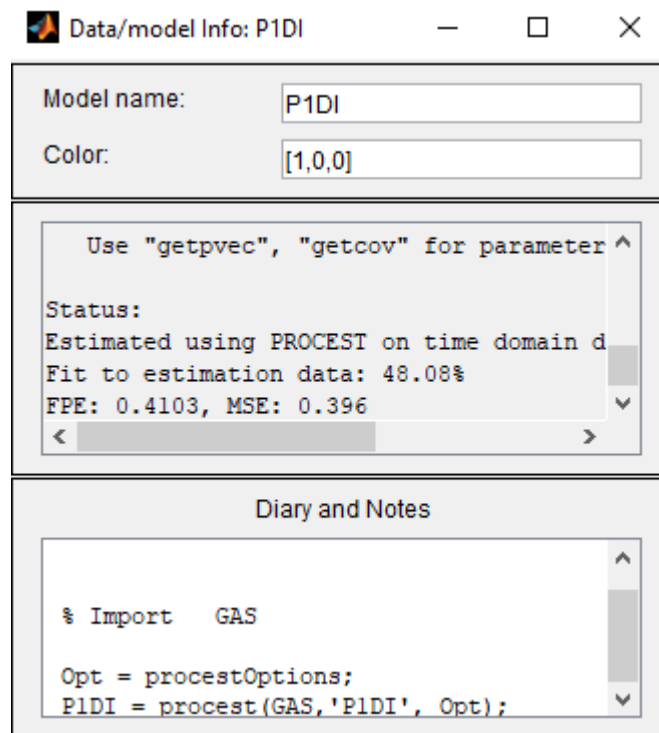
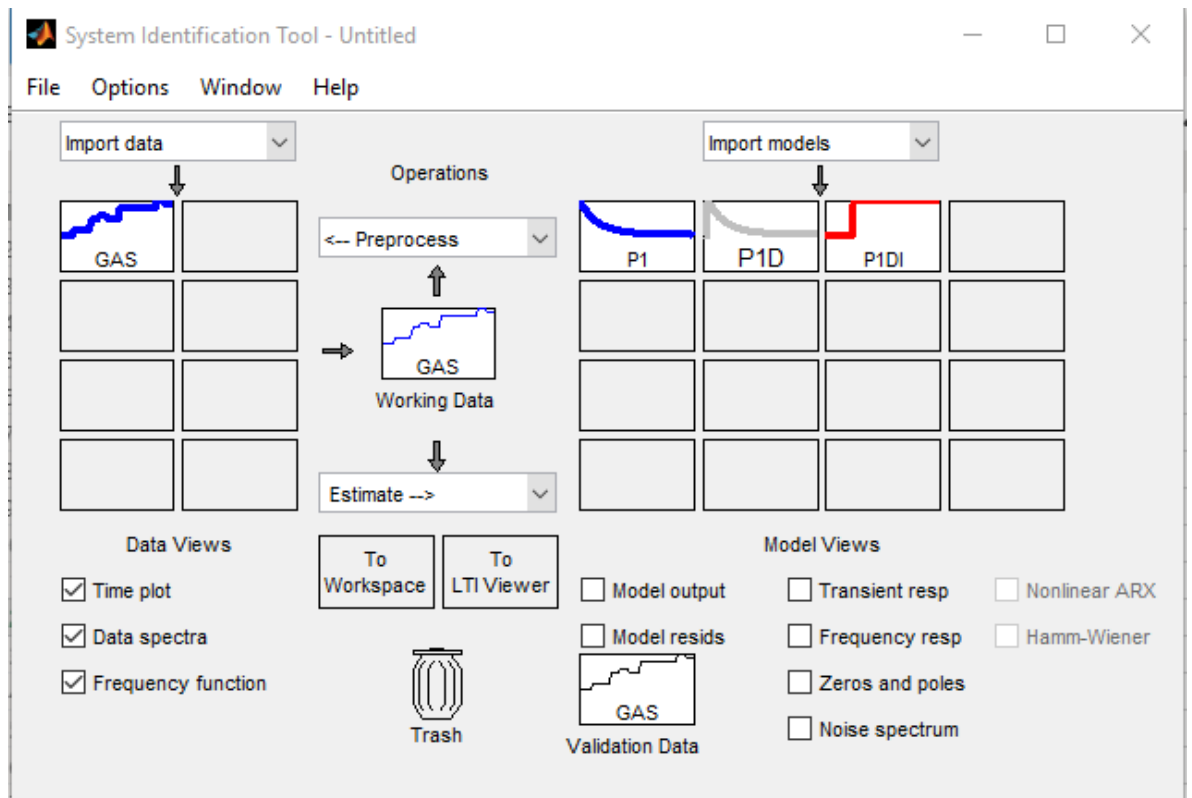
The 'Data/model Info: P1D' dialog box displays the following information:

- Model name:** P1D
- Color:** [0.75,0.75,0.75]
- Use "getpvec", "getcov" for parameter** (with an upward arrow)
- Status:**
  - Estimated using PROCEST on time domain d
  - Fit to estimation data: 57.66%
  - FPE: 0.2838, MSE: 0.2635
- Diary and Notes:**

```
% Import GAS
Opt = procestOptions;
```
- Buttons:** Present, Close, Help

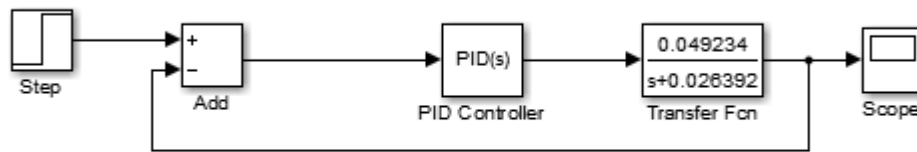
## Tercera Estimación



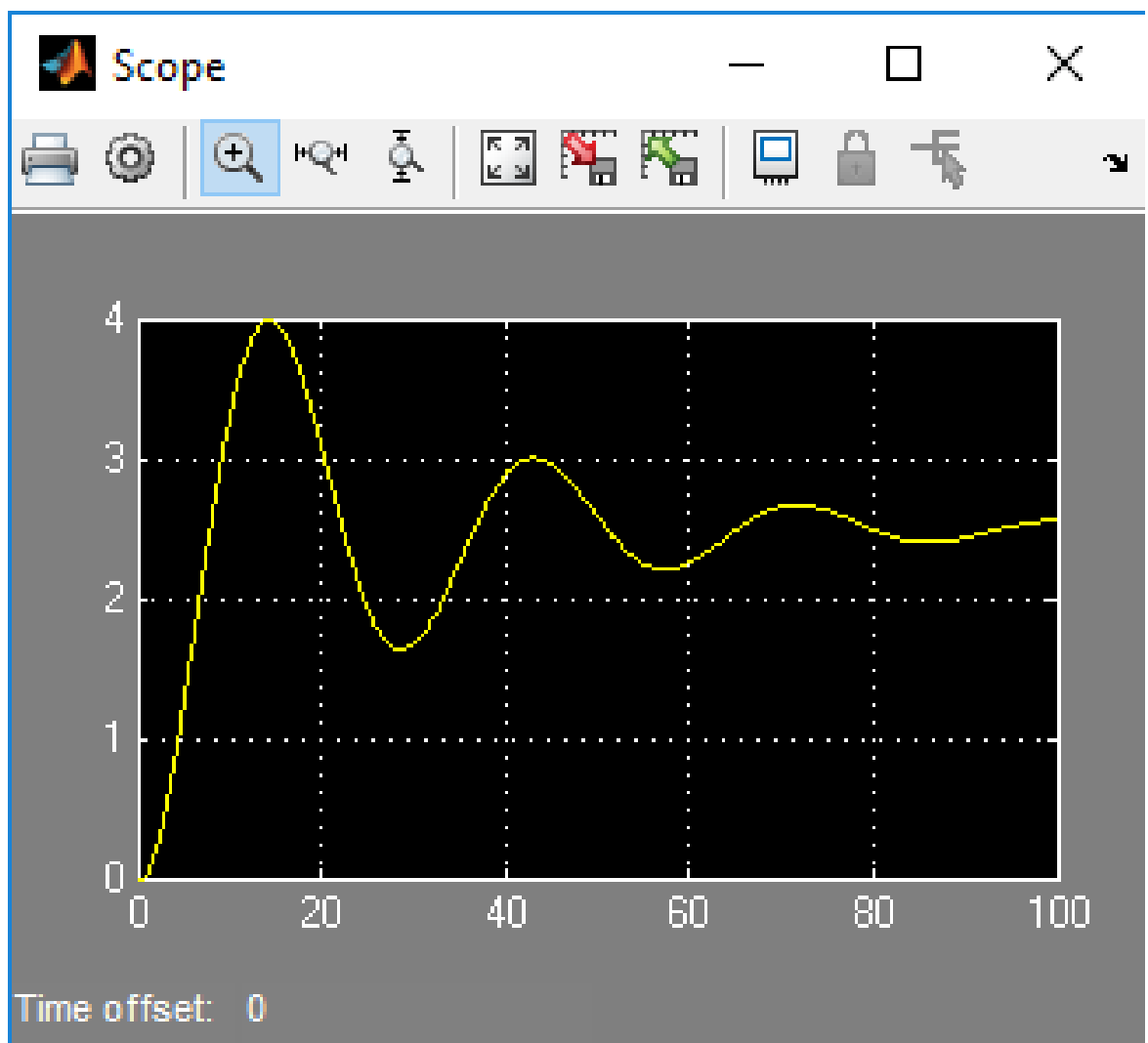


Se escoge la primera opción (P1) ya que tiene el mayor "Fit to estimation data"

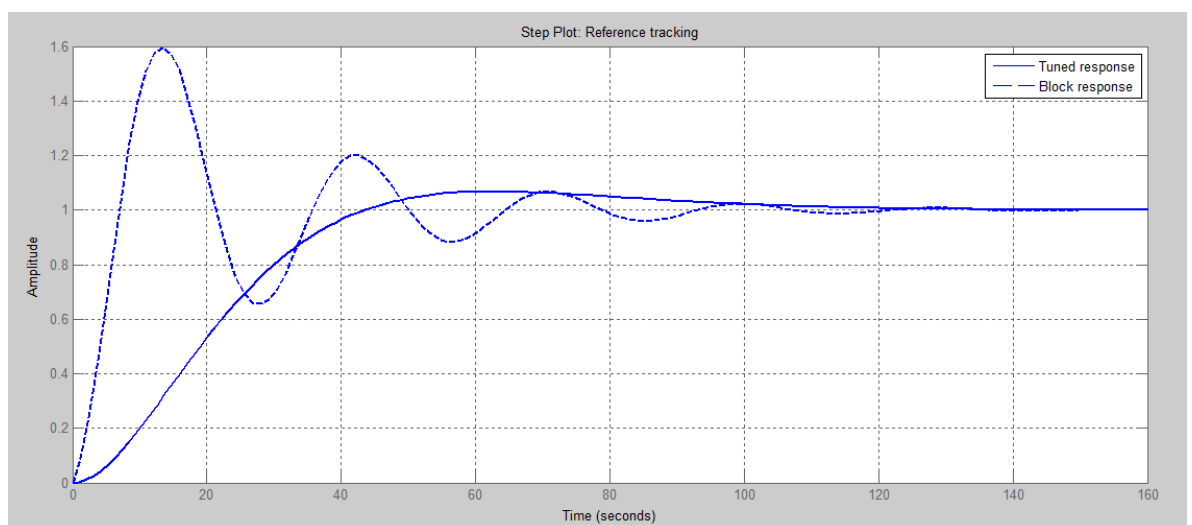
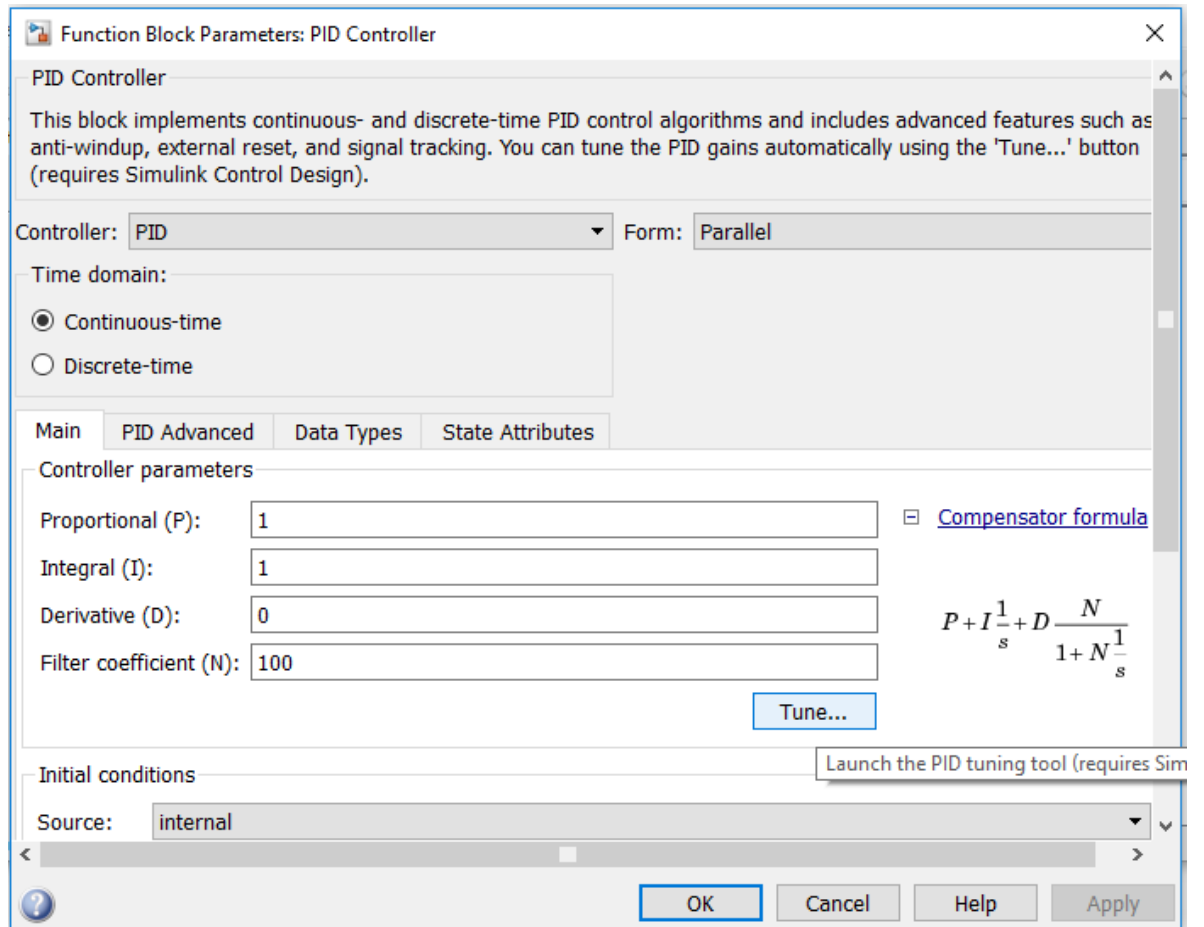
La función de transferencia obtenida es llevada a Simulink

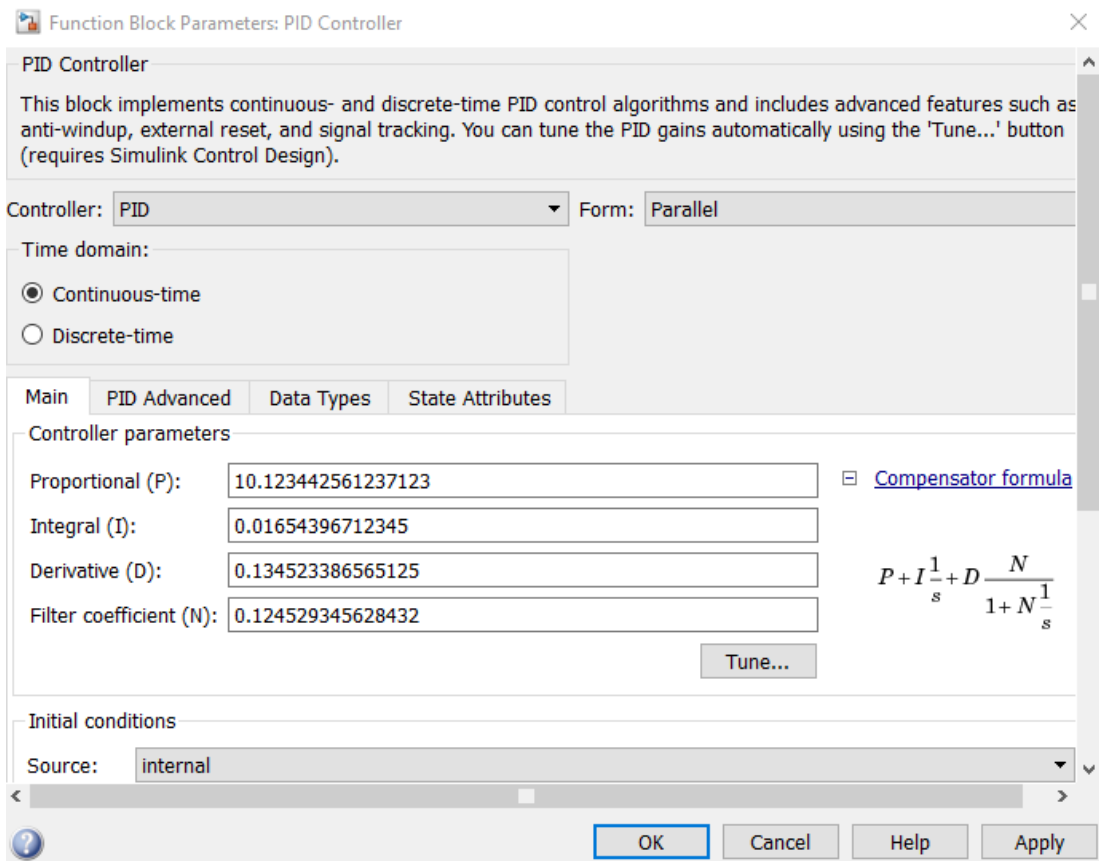


Grafica de la salida sin los valores PID de Autotuning

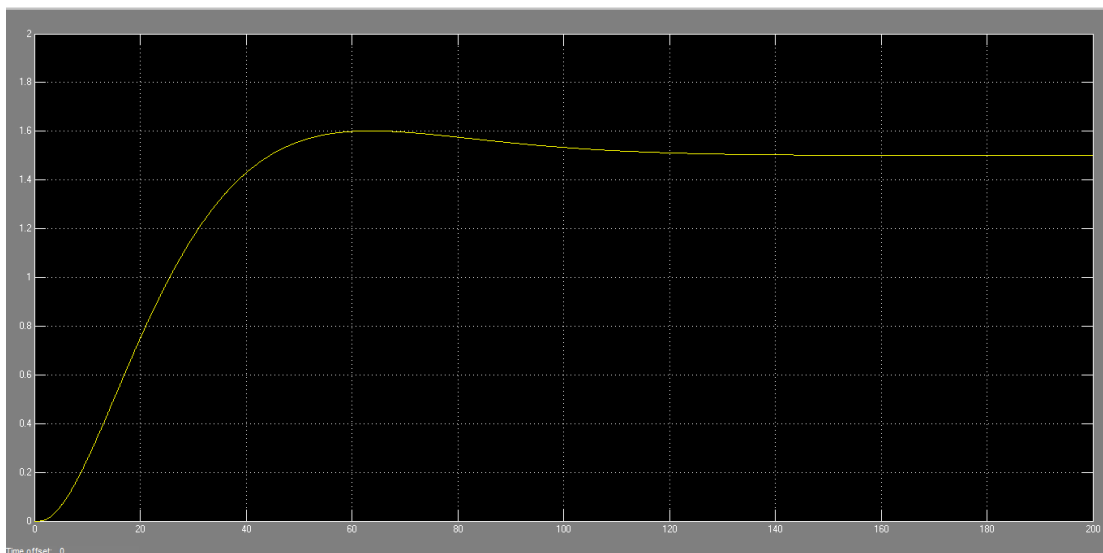


## Bloque PID sin Autotunig





Salida con Autotunig



## 8. Bibliografía

arduino, M. (15 de 11 de 2019). *Mi arduino*. Obtenido de Mi arduino: <http://www.iescamp.es/miarduino/2016/02/23/2-motores-de-c-c-con-el-1298n/>

- ARDUINO.CL. (s.f.). *ARDUINO.CL*. Recuperado el 01 de 04 de 2019, de ARDUINO.CL: <http://arduino.cl/que-es-arduino/>
- Control de diseño*. (s.f.). Obtenido de Control de diseño: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/meie/revelo\\_a\\_s/capitulo4.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/meie/revelo_a_s/capitulo4.pdf)
- dfrobot. (s.f.). *dfrobot*. Recuperado el 01 de 04 de 2019, de dfrobot: <https://www.dfrobot.com/product-1782.html>
- ELECTRONICOS, A. P. (s.f.). Recuperado el 10 de 2019, de file:///C:/Documents%20and%20Settings/ups/Mis%20documentos/Download s/DHT11yDHT22.pdf
- Electronilab. (18 de 11 de 2019). *Electronilab*. Obtenido de Electronilab: <https://electronilab.co/tutoriales/tutorial-de-uso-driver-dual-l298n-para-motores-dc-y-paso-a-paso-con-arduino/>
- GreenFacts. (2001). *GreenFacts*. Recuperado el 31 de 03 de 2019, de GreenFacts: <https://www.greenfacts.org/es/glosario/mno/metano.htm>
- Hausser, E. a. (15 de 11 de 2019). *Endress and Hausser*. Obtenido de Endress and Hausser: <https://www.es.endress.com/es/instrumentacion-campo/analisis-agua-liquidos-industria/medidor-ph-phmetro-sensores-isfet>
- Hobby, A. (s.f.). *Arduino Hobby*. Recuperado el 01 de 04 de 2019, de Arduino Hobby: <https://www.arduinhobby.com/deteccion-de-gas-con-arduino/>
- Instructables. (18 de 11 de 2019). *Instructables*. Obtenido de Instructables: <https://www.instructables.com/id/The-Introduction-of-LM2596-Step-Down-Power-Module-/>
- Instruments, T. (abril de 2017). Recuperado el 19 de 10 de 2019, de <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>
- KITS, A. (15 de 11 de 2019). *AMG KITS*. Obtenido de AMG KITS: <https://amgkits.com/home/59-sensor-de-temperatura-ds18b20-tipo-termocupla.html>
- LÓGICA DIFUSA Y SISTEMAS DE CONTROL*. (s.f.). Obtenido de LÓGICA DIFUSA Y SISTEMAS DE CONTROL: [http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1\\_185\\_184\\_133\\_1746.pdf](http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_185_184_133_1746.pdf)
- Martinez, F. (19 de 11 de 2019). *ResearchGate*. Obtenido de ResearchGate: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Diagrama-funcional-de-un-control-difuso-Sin-embargo-el-control-difuso-no-puede\\_fig1\\_279465867](https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Diagrama-funcional-de-un-control-difuso-Sin-embargo-el-control-difuso-no-puede_fig1_279465867)
- MathWorks. (1994 - 2019). *MathWorks*. Recuperado el 01 de 04 de 2019, de MathWorks: <https://la.mathworks.com/products/matlab.html>
- Mazzone, V. (Marzo 2002). Controladores PID. *Automatización y Control Industrial*, 12.

- mechatronics, n. (15 de 11 de 2019). *naylamp mechatronics*. Obtenido de naylamp mechatronics: [https://naylampmechatronics.com/blog/42\\_Tutorial-sensores-de-gas-MQ2-MQ3-MQ7-y-MQ13.html](https://naylampmechatronics.com/blog/42_Tutorial-sensores-de-gas-MQ2-MQ3-MQ7-y-MQ13.html)
- Metano, I. G. (Septiembre de 2011). Metano de Vertederos. *Global Methane Initiative*, 4. Obtenido de [www.globalmethane.org](http://www.globalmethane.org)
- Morcillo, C. G. (19 de 11 de 2019). *Técnicas de Softcomputing*. Obtenido de Técnicas de Softcomputing: [https://www.esi.uclm.es/www/cglez/downloads/docencia/2011\\_Softcomputing/LogicaDifusa.pdf](https://www.esi.uclm.es/www/cglez/downloads/docencia/2011_Softcomputing/LogicaDifusa.pdf)
- National Instruments. (2014). *National Instruments*. Recuperado el 01 de 04 de 2019, de National Instruments: <http://www.ni.com/academic/students/learnlabview/esa/control.htm>
- National Instruments. (2018). *National Instruments*. Recuperado el 01 de 04 de 2019, de National Instruments: <http://www.ni.com/es-cr/shop/labview/labview-details.html>
- okdiario. (s.f.). *okdiario*. Recuperado el 01 de 04 de 2019, de okdiario: <https://okdiario.com/curiosidades/propiedades-metano-gas-natural-1038131>
- POLOLU. (s.f.). *POLOLU*. Recuperado el 19 de 10 de 2019, de <https://www.pololu.com/file/0J309/MQ2.pdf>
- Prometec. (15 de 11 de 2019). *Prometec*. Obtenido de Prometec: <https://www.prometec.net/1298n/>
- Technology, H. (18 de 11 de 2019). *handsontec*. Obtenido de handsontec: [https://www.handsontec.com/pdf\\_learn/esp8266-V10.pdf](https://www.handsontec.com/pdf_learn/esp8266-V10.pdf)
- TÓXICOS, S. (s.f.). *SIN TÓXICOS*. Recuperado el 01 de 04 de 2019, de SIN TÓXICOS: <https://sintoxicos.info/los-gases-toxicos-mas-peligrosos/>