

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Diseño de un Dispositivo Inteligente capaz de medir la diferencia de Presión en los cilindros de gas Domésticos e Industriales

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del título de:

**Ingeniero en Electricidad especialización Electrónica y
Automatización Industrial**

Presentado por:

Edwin Jonathan Mata Vizuite

Rosalba Alejandra Orellana Maldonado

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2018

DEDICATORIA

En este proyecto está dedicado a 4 personas importantes en mi vida; Laura, Edwin, Madeleine, Anthony, mis padres y hermanos respectivamente además de una gran amiga Isabel que me dio la más grande motivación para esforzarme y concluir mis estudios.

Jonathan Mata Vizuite

A mis hermanos: Gabriela y Félix quienes siempre han sido mi motivación más ferviente para lograr todo lo que me he propuesto.

A todos los que buscamos a través de la preparación académica una oportunidad para alcanzar el éxito.

Alejandra Orellana Maldonado

AGRADECIMIENTOS

A mi madre Laura que siempre a sido mi apoyo para seguir, perseverar y cumplir mis metas, gracias por tu gran amor y cariño incondicional. A mi padre Edwin que me enseñó que el deporte es un gran método para canalizar el estrés y ordenar las ideas.

Nuestro más sincero agradecimiento a Innobis, institución la cual nos brindó su apoyo dándonos charlas y talleres aclarándonos diversas dudas desde como iniciar un proyecto dividiéndolo en etapas hasta el desarrollo de una marca.

Jonathan Mata Vizuite

Mi eterno agradecimiento a mis dos pilares fundamentales: Rosalba y Félix, por su apoyo incondicional en toda mi trayectoria académica, inspirándome a crecer profesionalmente.

A mis profesores y amigos que estuvieron alentándome y apoyándome en lo que necesitaba durante mi período de estudios universitarios.

A la Start Up, TORCH, por brindarnos los recursos técnicos y económicos para la realización de nuestro proyecto integrador.

Alejandra Orellana Maldonado.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución, Edwin Jonathan Mata Vizuite y Rosalba Alejandra Orellana Maldonado damos nuestro consentimiento para que la ESPOl realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

Rosalba Alejandra
Orellana Maldonado

Edwin Jonathan Mata
Vizuite

EVALUADORES

Ing. Janeth Godoy Ortega
PROFESOR DE LA MATERIA

Ing. Lisbeth Mena López
PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Este proyecto explica el diseño de un prototipo que permite medir la variación de presión en los cilindros de gas domésticos e industriales, con el objetivo de monitorear en tiempo real el nivel de gas existente y así notificar al usuario sobre su consumo de gas. Además de contar con un sistema de prevención contra fugas de gas para prevenir accidentes.

Se utilizó el sensor MPX10DP para medir la presión diferencial en el cilindro de GLP, mediante un acople de bronce conectado a la válvula. Para detectar fugas de gas, se usó el sensor MQ2, que verificó la presencia de GLP en tiempo real. Estos datos fueron procesados en el microcontrolador ATMEGA 328P, y posteriormente enviados a un servidor a través del módulo WIFI ESP 8266-01. La placa de circuito electrónico junto a la fuente de alimentación fueron colocados dentro de una estructura diseñada para encajar sobre una válvula de gas de uso común.

Con un porcentaje de presión menor al 15% se envió una alerta al servidor indicando el bajo nivel de GLP en el cilindro. Por otra parte, cuando se detectó más de 1000 ppm de GLP en el ambiente, se encendió una alarma sonora y un indicador de alerta para el usuario.

Se concluyó que, para disminuir el porcentaje de error en los valores censados por el MPX10DP, se realizó un promedio entre una muestra de 10 datos, garantizando el espacio de trabajo dentro de los rangos permisibles tanto para el MPX10DP y el MQ2.

Palabras Clave: GLP, Presión Diferencial, Comunicación Inalámbrica, Arduino.

ABSTRACT

This project explains the design of a prototype that allows to measure the variation of pressure in domestic and industrial gas cylinders; with the objective of monitoring, in real time, the existing gas level and thus notify the user about their gas consumption. In addition to having a prevention system against gas leaks to prevent accidents.

The MPX10DP sensor was used to measure the differential pressure in the cylinder, through of a bronze coupling connected to the valve. To detect gas leaks, the MQ2 sensor was used, which verified the presence of LPG in real time. These data were processed in the ATMEGA 328P microcontroller, and later sent to a server through the WIFI module ESP 8266-01. The electronic circuit board and the power supply were placed inside a structure designed to fit over a common gas valve.

With a percentage of pressure lower than 15%, an alert was sent to the server indicating the low level of LPG in the cylinder. On the other hand, when more than 1000 ppm of LPG was detected in the environment, an audible alarm and an alert indicator for the user were activated.

It was concluded that to reduce the percentage of error in the values registered by the MPX10DP, an average was made between a sample of 10 data, guaranteeing the workspace within the permissible ranges for both the MPX10DP and the MQ2.

Keywords: *LPG, Differential Pressure, Wireless Communication, Arduino.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURA	V
SIMBOLOGÍA.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICE DE PLANOS.....	Error! Bookmark not defined.
CAPÍTULO 1.....	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Descripción del problema	1
1.2. Justificación.....	1
1.3. Objetivos	2
1.3.1. Objetivo general.....	2
1.3.2. Objetivos específicos	2
1.4. Marco teórico.....	3
1.4.1. Propuestas Internacionales	3
1.4.2. Propuestas Nacionales	6
CAPÍTULO 2.....	8
2. METODOLOGÍA	8
2.1. Métodos planteados para la medición de presión	8
2.1.1. Magnetómetro HMC5883L.....	8
2.1.2. Sensor de presión diferencial MPX1050dp.....	9
2.2. Diagrama de Funcionamiento del dispositivo	10
2.3. Elementos y dispositivos elegidos para el diseño del dispositivo	11
2.3.1. Sensor de Presión Diferencial MPX10DP	11
2.3.2. Sensor de Gas MQ2	12
2.3.3. Módulo GPS GY-GPS6MV2	13
2.3.4. Microcontrolador ATMEL MEGA 328P	15
2.3.5. Módulo de Comunicación ESP8266	15
2.4. Desarrollo e Implementación del dispositivo inteligente	16
2.4.1. Elección de la válvula o actuador.....	16
2.5. Comunicación del módulo wifi ESP8266-01 con el servidor.....	18
2.6. Diseño y Construcción de la Placa de Circuito Impreso	19

2.7.	Cálculo de la duración de la batería	22
2.8.	Diseño de la estructura del dispositivo inteligente	23
2.9.	Simulación del dispositivo inteligente	27
2.10.	Especificaciones técnicas del dispositivo inteligente.....	28
2.11.	Sugerencias	29
CAPÍTULO 3.....		30
3.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	30
3.1.	Resultados en la simulación del dispositivo inteligente	30
3.1.1.	Simulación del MQ2.....	30
3.1.2.	Simulación del MPX10dp	32
3.1.3.	Simulación del GPS	33
3.1.4.	Simulación de la comunicación con el servidor.....	34
3.2.	Resultados en el dispositivo inteligente.....	35
3.3.	Análisis de Costos.....	37
3.3.1.	Costos de elementos y módulos electrónicos	37
3.3.2.	Costo de Instalación del prototipo.....	38
3.3.3.	Costo de mano de obra	38
3.3.4.	Costo Total de la inversión	39
3.3.5.	Viabilidad Comercial y Viabilidad Técnica	39
Capítulo 4		40
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	40
4.1.	Conclusiones.....	40
4.2.	Recomendaciones.....	41
REFERENCIAS.....		43
ANEXOS.....		46

ABREVIATURA

GLP	Gas Licuado de Petróleo
IoT	Internet de las cosas
mm CA	Milímetro de columna de agua
ppm	Partes por millón
Vdc	Voltaje directo
mAh	Miliamperios horas
KPa	Kilo pascales
Kg	Kilo gramos
mm	Milímetros
PLA	Poliácido láctico
GPS	Sistema de posicionamiento global
m	Metro
IECEX	Certified Equipment Scheme
ATEX	Atmosphere Explosible
I2C	Inter-Integrated Circuit
NMEA	National Marine Electronics Association
WI-FI	Wireless Fidelity
WPS	WIFI Protected Setup
WLPAN	Low Power Wide Area Network
P1	Presión 1
P2	Presión 2
DC	Corriente Directa
PCB	Placa de Circuito Impreso

SIMBOLOGÍA

%	Porcentaje
∅	Diámetro
3D	Tres dimensiones

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Lugar donde se coloca el dispositivo para medir el nivel.....	4
Figura 1.2 Sensor imantado colocado en la base del cilindro de gas.....	5
Figura 1.3 Sincronización del sensor con la aplicación	5
Figura 1.4 Propuestas Internacionales de dispositivos que miden la presión de gas.....	6
Figura 2.1 Magnetómetro HMC5883L.	9
Figura 2.2 Pruebas con el HMC5883L y el Arduino UNO.....	9
Figura 2.3 Función compass getHeading	9
Figura 2.4 Esquema grafico del funcionamiento.....	10
Figura 2.5 Pruebas instrumentales con el sensor de presión MPX10DP y la planta de Lucas Nulle en el laboratorio de Instrumentación Industrial.	11
Figura 2.6 Conexión entre el sensor MPX10DP y la válvula de gas.....	12
Figura 2.7 Sensor MQ2	13
Figura 2.8 Modulo GPS y antena de cerámica	14
Figura 2.9 Simulación en Proteus con Modulo GPS y Arduino UNO.....	14
Figura 2.10 Microcontrolador en Arduino Pro-Mini	15
Figura 2.11 Modulo ESP2866-01	16
Figura 2.12 Válvula de gas convencional	17
Figura 2.13 Pieza de bronce diseñada	17
Figura 2.14 Plataforma de UBIDOTS-Crear proyecto	18
Figura 2.15 Plataforma de UBIDOTS-Descripción del proyecto	19
Figura 2.16 Plataforma de UBIDOTS-Obtención del TOKEN.....	19
Figura 2.17 Esquemático del circuito medidor de presión de gas	20
Figura 2.18 Datos obtenidos de la medición de presión con un cilindro de gas doméstico	21
Figura 2.19 Placa de Circuito Impreso a doble cara.....	22
Figura 2.20 Modelo 3D de la estructura completa-vista 1	24
Figura 2.21 Modelo 3D de la estructura completa-vista 2	24
Figura 2.22 Modelo 3D parte inferior-vista 1.....	25
Figura 2.23 Modelo 3D parte inferior-vista 2.....	25
Figura 2.24 Modelo 3D parte superior	26
Figura 2.25 Piezas impresas-vista 1.....	26
Figura 2.26 Piezas impresas-vista 2.....	27
Figura 2.27 Simulación del circuito electrónico.....	28
Figura 3.1 Parte: Simulación del circuito MQ2.....	30
Figura 3.2 Censado del MQ2 en periodos de 10s	31
Figura 3.3 Simulación de envío del mensaje y alarma visual	31
Figura 3.4 Esquemático del circuito de presión	32
Figura 3.5 Censado cada 30s y simulación de envío de datos.....	32
Figura 3.6 Simulación del envío de datos al servidor	33
Figura 3.7 Esquemático del GPS y conexiones.....	33
Figura 3.8 Esquemático de la comunicación	34
Figura 3.9 Visualización de los dos Virtual Terminal	34
Figura 3.10 Software para crear vínculo entre los dos módulos.....	35

Figura 3.11 Dispositivo final instalado35
Figura 3.12 Resultados del sensor MPX10DP36
Figura 3.13 Detección del nivel de gas.....36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Especificaciones Técnicas del Dispositivo Inteligente	28
Tabla 3-1 Lista de Precios de elementos y módulos electrónicos	37
Tabla 3-2 Lista de Precios para implementación de la estructura del dispositivo	38
Tabla 3-3 Lista de Precios de mano de obra	39
Tabla 3-4 Lista de Precios para implementación de la estructura del dispositivo	39

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

En un mundo donde el auge de la industria 4.0 impone una vida más automatizada, el internet de las cosas será la vía principal para mejorar la eficacia y ahorrar recursos en actividades comerciales, como en el caso de la distribución de cilindros de GLP domésticos e industriales.

Este documento explica la investigación y desarrollo de un dispositivo que permita la comunicación entre cliente-proveedor, el cual indique cuándo y cuántas unidades se deben distribuir a las diferentes zonas comerciales. Además de brindar seguridad contra accidentes por fugas de gas dentro de las residencias.

1.1. Descripción del problema

Actualmente, en el Ecuador no existe un sistema que permita indicar a los proveedores de GLP domésticos, comerciales e industriales cuantas unidades faltantes hay por cada sector comercial, ocasionando una pérdida de recursos logísticos para la empresa.

Por otra parte, los consumidores de GLP no poseen un control del flujo de gas en las instalaciones de sus hogares, lo que conlleva a tener grandes riesgos para sus familias. El desconocimiento de las medidas de seguridad que se deben tomar dentro de los hogares ocasiona grandes pérdidas humanas [1].

De la misma forma, la gran mayoría de la población que consume GLP no tiene un indicador que a tiempo real les informe sobre el porcentaje de gas que contiene el cilindro utilizado, originando pérdida de tiempo al momento de abastecerse nuevamente de este servicio.

1.2. Justificación del problema

De acuerdo con datos emitidos por la Unidad de Investigación de Incendios del Cuerpo de Bomberos de Quito, la acumulación de GLP en los hogares ha provocado muertes por intoxicación, debido a la falta de medidas de seguridad que

deben tomar los usuarios para evitar estos accidentes, en la instalación del sistema de distribución de GLP en la vivienda [1].

De la misma manera, la ausencia de un sistema de control de fugas de gas ha ocasionado muertes o heridas graves por explosiones dentro de casas o lugares de servicios públicos [2].

A través de este proyecto, se busca disminuir este tipo de accidentes, con el diseño de un dispositivo inteligente que se conectará a los cilindros de gas doméstico, comercial e industrial, detectando anomalías del cilindro a través de un sistema de seguridad contra fugas de gas.

Además de monitorear en tiempo real el nivel de gas existente en el cilindro para notificar al usuario sobre su consumo de gas, y éste pueda tomar las respectivas decisiones que le permitan evitar pérdidas en cuanto a tiempo y dinero.

De esta manera, también se mejora la eficiencia de entrega de los proveedores de cilindros de GLP ya que a través de una aplicación móvil obtendrán información de los clientes que necesitan abastecerse de este servicio.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar un sistema automático que permita el monitoreo de la variable de nivel en los cilindros de gas domésticos e industriales a través del desarrollo de un circuito electrónico.

1.3.2. Objetivos específicos

Determinar el nivel de GLP dentro de los cilindros domésticos e industriales para la obtención del porcentaje de consumo de gas usando un sensor de presión.

Implementar el sistema de seguridad necesario para la prevención de accidentes por fugas de gas a través de la detección de GLP en el ambiente.

Establecer comunicación entre el cliente y distribuidor de cilindros de GLP para mejorar el sistema de pedidos y entregas mediante una aplicación web.

1.4. Marco teórico

En un mundo donde las nuevas tendencias apuntan al IoT, todo desde una aplicación, ciudades inteligentes o vehículos autónomos hasta redes de sensores masivos para monitorear sistemas ambientales o industriales [3]. Los ingenieros innovadores comienzan a desarrollar y mejorar métodos para brindar seguridad y solucionar un problema que existe en los países que usan el GLP como fuente de energía, debido a lo económico y gran acogida que posee este servicio en los países latinoamericanos.

1.4.1. Propuestas Internacionales

Emprendedores mexicanos han desarrollado un método para medir el nivel de GLP dentro de cilindros estacionarios por medio de un dispositivo inteligente que envía información del nivel en tiempo real a una aplicación de celular [4]. Este medidor utiliza un sensor denominado magnetómetro, el cual se lo usa con más frecuencia para detectar los campos magnéticos de la tierra medir su intensidad y dirección, por eso su uso principal radica en dispositivos electrónicos como las brújulas de los celulares [5]; pero el uso que le dan para el proyecto es detectar la presencia y proximidad de metales como; el hierro, níquel y acero. Este dispositivo electrónico se lo coloca en los cilindros estacionarios en la parte donde va el transductor mecánico que a su vez entra en contacto con un manómetro y mide la presión interna del cilindro, cabe recalcar que el manómetro se lo retira y en ese espacio se coloca el módulo electrónico.

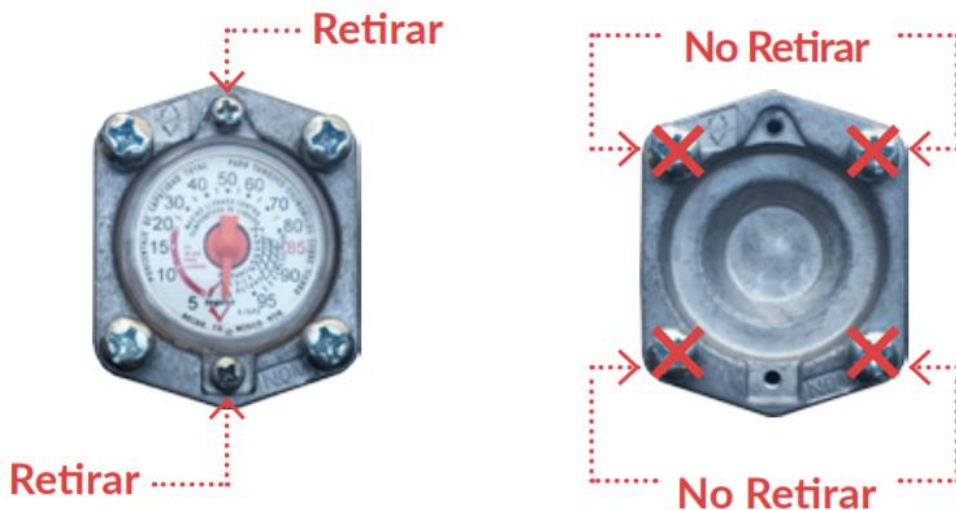


Figura 1.1 Lugar donde se coloca el dispositivo para medir el nivel

La unidad electrónica cuenta además con un sistema para conexión por medio de WI-FI y en conjunto con la aplicación de celular para que el usuario siempre esté comunicado mientras los dos dispositivos posean conexión a Internet.

Según autor Luis Bejar, el cual diseñó e implementó una central detectora de gas natural y GLP en la ciudad de Lima-Perú: “Los sensores de gas más utilizados se basan en óxidos semiconductores cuya conductividad eléctrica, se ve modulada como consecuencia de la reacción producida entre el semiconductor y los gases presentes en la atmosfera” [6] y uno de los semiconductores más usado es el dióxido de estaño para construir sensores de gas, un ejemplo de esto es el sensor de gas Figaro [7], que internamente se compone del material anteriormente mencionado.

De la misma forma, emprendedores chilenos desarrollaron un equipo de telemetría que permite a los usuarios de GLP realizar pedidos a los distribuidores de cilindros de gas cuando este dispositivo alerte niveles bajos en los mismos. Este aparato es imantado posibilitando la adherencia a las bombonas metálicas de gas, y emite una señal como los sensores de ultrasonido indicando el nivel en el que se encuentra el gas con respecto a la altura total. A través de bluetooth se sincronizan el dispositivo y la aplicación, indicando con un monitor de luces led el nivel de GLP que contiene el cilindro [8].



Figura 1.2 Sensor imantado colocado en la base del cilindro de gas



Figura 1.3 Sincronización del sensor con la aplicación

En Colombia, se implementó un sistema automatizado que consta de un dispositivo electrónico capaz de detectar fugas de gas en los cilindros domiciliarios; cerrando, en respuesta de esto, el paso del flujo de GLP utilizando electroválvulas y emitiendo sonidos de alarmas.

Los componentes de este aparato electrónico son sensores, alarmas, electroválvula, cable de comunicación, luces indicadoras y tubería. Los sensores detectan el gas en el ambiente y se activa una alarma sonora indicando la emergencia; al mismo tiempo un indicador acciona la electroválvula cortando el paso de gas al domicilio. De esta manera, disminuye el riesgo de accidentes dentro de la residencia ya que permite al usuario a reaccionar a tiempo frente a la alerta de fuga de gas [9].



Figura 1.4 Propuestas Internacionales de dispositivos que miden la presión de gas.

En la figura 1.4, se pueden apreciar algunas de las alternativas internacionales de dispositivos que miden la presión en los cilindros de gas. La banda adherible que indica el nivel de gas (UK), cambia de color de acuerdo con la diferencia de temperatura entre las áreas del cilindro [10].

1.4.2. Propuestas Nacionales

En el Ecuador, no hay una solución digital similar a las presentadas anteriormente.

En la región costa, el método tradicional de consumo GLP en los hogares se basa en la utilización de un cilindro de gas amarillo conectado a la cocina a través de una válvula y una manguera sin ningún tipo de seguridad adicional más que unas abrazaderas entre las uniones de la válvula y la manguera para evitar con esto fugas. Por otra parte, en la región sierra, este método se basa en sistema de tuberías que van a través de la casa a puntos específicos como: cocina, calefactores y calefones; de igual manera sin ningún tipo de seguridad que alerte fugas de gas a los habitantes de las viviendas [1]. El único método con el que se cuenta actualmente para saber cuál es la presión dentro del cilindro, es el manómetro acoplado a la válvula de gas.

Desde el punto de vista de los proveedores, el sistema de distribución de los tanques de GLP desde las bodegas de sus empresas hasta los consumidores de este servicio se realiza recorriendo trayectorias

establecidas por rutas y horarios en las diferentes zonas de cada ciudad. Esta actividad representa pérdida de recursos logísticos y monetarios, ya que no conocen a ciencia cierta qué establecimiento necesita reabastecerse de este recurso y cuantas unidades requerirán del mismo.

Esta es una oportunidad para desarrollar nuevas tecnologías que cubran la necesidad de usuarios y proveedores en optimizar procesos de distribución y pedidos de compra de este servicio, además de dar solución a la problemática presente en el país y que ha ocurrido en porcentajes más altos durante los últimos 20 años: accidentes por fugas de gas [1].

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este proyecto se realizó una investigación descriptiva, estableciendo el comportamiento de las variables a medir y la estructura del diseño del prototipo para medir la presión de los cilindros de gas.

La población objetivo de este dispositivo son los usuarios que utilicen cilindros de gas domésticos o industriales.

Después de haber estudiado las alternativas anteriormente presentadas; se analizó cual sería el método más adecuado para medir la presión dentro de los cilindros de GLP de Ecuador entre los cuales destacaron dos métodos que se acoplan a las válvulas de uso común en el país y estas serían: el uso de un magnetómetro o el uso un sensor de presión.

2.1. Métodos planteados para la medición de presión

Se realizaron pruebas con dos elementos electrónicos:

- El magnetómetro HMC5883L
- El sensor de presión diferencial MPX1050dp

2.1.1. Magnetómetro HMC5883L

También conocido como brújula digital de 3 ejes, la cual se le pueden dar dos usos muy generales: medir la dirección del campo magnético en un punto del espacio y medir la magnetización de un material magnético como un ferromagneto y la fuerza que ese posee. Se lo suele comunicar a través de una interfaz I2C [10]. Al ser colocado sobre los manómetros de los diferentes tipos de cilindros de GLP, el sensor detectaría los movimientos de la aguja de metal debido a la deformación del tubo de Bourdon cuando este entra en contacto con la presencia del GLP. [11]

Se realizaron pruebas con el magnetómetro HMC5883L y la interfaz de programación de Arduino.



Figura 2.1 Magnetómetro HMC5883L.

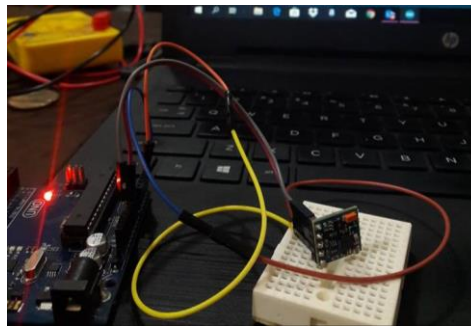


Figura 2.2 Pruebas con el HMC5883L y el Arduino UNO

Para obtener las componentes del campo magnético utilizamos la función `compass.getHeading` de la librería `HMC5883L.h` y a través de funciones matemáticas hallar los ángulos de cada eje.

```
compass .getHeading(&mx, &my, &mz);
```

Figura 2.3 Función `compass getHeading`

2.1.2. Sensor de presión diferencial MPX1050dp

El sensor de presión adquirirá los datos de presión del cilindro de GLP cada cierto tiempo por día, es un sensor de tipo piezorresistivo de silicio permitiendo tener una salida de tensión lineal muy precisa, directamente proporcional a la presión aplicada. Cabe recalcar que este sensor no posee una red de compensación de temperatura y acondicionamiento de señal [12]. Se pensó conectar de manera directa el sensor de presión a la válvula

del GLP a través de un acople de bronce, el cual permitió, el censado de la presión interna del cilindro de gas.

2.2. Diagrama de Funcionamiento del dispositivo

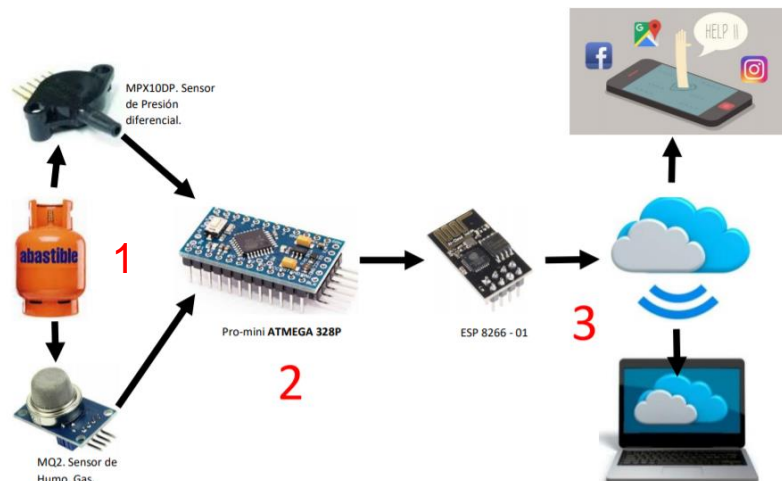


Figura 2.4 Esquema grafico del funcionamiento

El funcionamiento del dispositivo inteligente se describe en la Figura 2.4, en la cual se observa de manera general como será la adquisición y envío de datos. Este proceso constará de tres etapas:

Adquisición de datos (Presión y gas).

Procesamiento de datos en el microcontrolador.

Comunicación del dispositivo al servidor.

En la primera etapa, el sensor de presión diferencial realizará una toma de datos dentro de un intervalo establecido, de igual manera lo realizará el sensor de gas MQ2. Toda la información será procesada en la etapa dos por el microcontrolador, el cual ejecutará todas las acciones pertinentes y establecidas de acuerdo con información adquirida. En la tercera etapa, esta información será enviada a través de un módulo de WIFI a un servidor, el cual se encargará de distribuir los datos a los destinatarios.

Cabe destacar, que para evitar explosiones por chispas debido a sobrecalentamientos en la circuitería electrónica; un método viable es recubrir con resina toda la placa electrónica, de esta manera se garantiza

que estará aislado, aprueba contra la humedad, golpes y posibles reacciones químicas [15], [16], [17]. Otra opción es obtener una certificación IECEx o una EXCB emitida por IECEx las cuales garantizaran que el dispositivo puede ser usado en cualquier ambiente con gases explosivos. [18]

2.3. Elementos y dispositivos elegidos para el diseño del dispositivo

2.3.1. Sensor de Presión Diferencial MPX10DP

Se escogió el censado de presión dentro del cilindro a través del sensor MPX10DP debido a dos puntos muy importantes: en el país los cilindros de GLP de uso doméstico e industriales casi nunca poseen un manómetro para observar la presión dentro de los mismo [13] y la segunda es la facilidad y poco espacio que ocupa la implementación que representa acoplar el sensor. En un futuro se planea rediseñar la válvula de gas convencional, con todo el diseño electrónico incorporado.

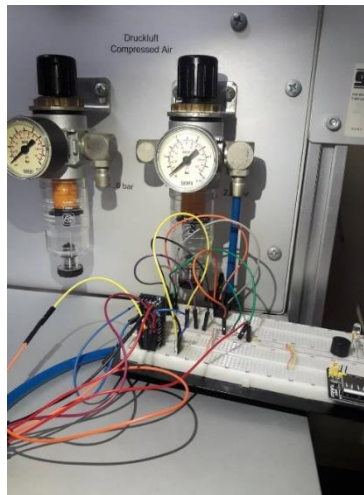


Figura 2.5 Pruebas instrumentales con el sensor de presión MPX10DP y la planta de Lucas Nulle en el laboratorio de Instrumentación Industrial.

El sensor MPX10DP es el encargado de censar la presión que maneja el cilindro de gas al cual se encuentra conectado, durante intervalos de tiempo previamente programados en el microcontrolador. El sensor funciona con una alimentación de 3.3 Vdc a 5 Vdc y posee un rango de 0 KPa a 10 KPa, el cual cubre el rango de los cilindros domésticos e industriales anteriormente mencionados estos valores están en un rango entre 2.24 KPa a 3.27 KPa además el sensor presenta la ventaja de ser lineal [12]. El sensor se conectará a la válvula de gas a través de un conector de bronce y una manguera como se presenta en la figura 2.6.



Figura 2.6 Conexión entre el sensor MPX10DP y la válvula de gas

2.3.2. Sensor de Gas MQ2

Sensor que permite detectar fugas de GLP tanto en ambientes industriales como domésticos, posee un tiempo de respuesta alto además de una alta sensibilidad; un tiempo de vida largo y un amplio alcance de detección. [14]

El sensor elegido fue el denominado Mq2 presentado en la figura 2.7, debido a características muy sobresalientes. La alimentación es de 5 Vdc, además de permitirnos manipular el rango de detección del gas a través de

una unidad denominada “ppm”, con este valor se limitó un rango permisible para la presencia del gas en el ambiente y uno no permisible (a partir de 1000 ppm de gas en el ambiente) debido a que si se sobrepasa el rango ocurrirá una explosión en presencia de una chispa [14]. Esta chispa puede ser causada por cualquier tipo de artefacto eléctrico o electrónico



Figura 2.7 Sensor MQ2

2.3.3. Módulo GPS GY-GPS6MV2

Se añadió un módulo GPS con el fin de poder obtener la ubicación del dispositivo.

El módulo GPS presentado en la figura 2.8, fue elegido debido a la facilidad de adquisición en el mercado además de cubrir la necesidad del proyecto que se basa solo en enviar la ubicación del dispositivo al servidor previamente recibida y procesada por el microcontrolador. También posee una antena de cerámica la cual ayuda a facilitar la conexión del módulo con los satélites, permitiendo obtener una ubicación con una precisión aproximada de entre 5-10 m de área alrededor del módulo. Algo que cabe destacar es, que sin acceso a internet no se podrá enviar la información y además el dispositivo se encuentra restringido a espacio abierto o semi abierto. [22]



Figura 2.8 Modulo GPS y antena de cerámica

Se utilizó la librería TinyGPS++.h de Arduino para la programación del GPS. La estructura de programación consta de la declaración de dos puertos para la comunicación serial y de funciones propias del GPS para obtener datos de latitud, longitud, altitud, velocidad, tiempo y fecha.

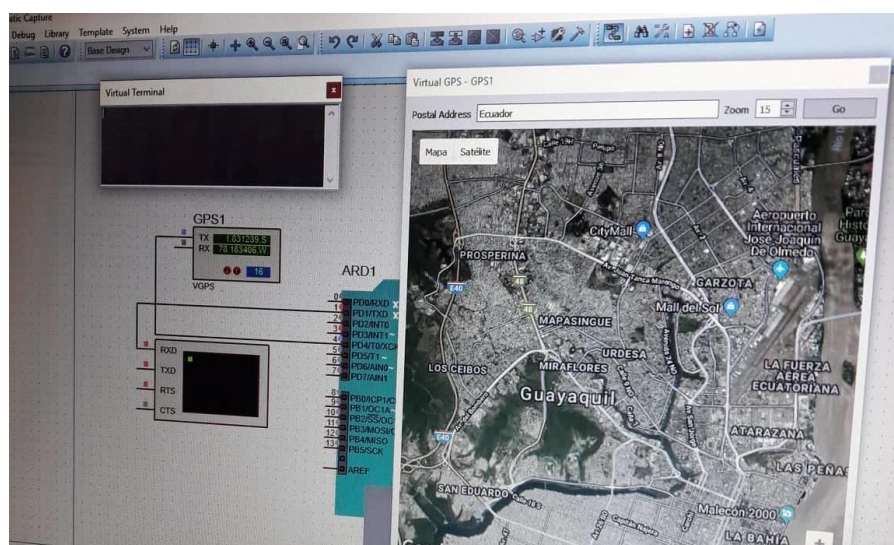


Figura 2.9 Simulación en Proteus con Modulo GPS y Arduino UNO

En la figura 2.9 se observa la simulación entre el módulo GPS y el microcontrolador. Para la comunicación del GPS se necesita el pin TX conectado a microcontrolador, receptándose las coordenadas y datos específicos del módulo.

2.3.4. Microcontrolador ATMEL MEGA 328P

El microcontrolador usado fue el ATMEL MEGA328P, el cual se encuentra contenido en el Arduino Pro-Mini. Fue elegido principalmente debido al tamaño, cantidad de pines digitales y analógicos más que suficientes para completar el proyecto, comunicación serial para envío y recepción de datos además de un pin RAW que permitió alimentarlo con una tensión superior a 3.3Vdc, la cual es regulada internamente a 3.3Vdc [19]. En el microcontrolador se programó el comportamiento del dispositivo inteligente, desde la etapa de censado hasta él envió de información al servidor. Cabe indicar que se posee dos pines especiales para interrupciones los cuales se usaron para enviar alertas al instante [21].



Figura 2.10 Microcontrolador en Arduino Pro-Mini

2.3.5. Módulo de Comunicación ESP8266

El módulo usado fue el ESP2866 específicamente el encapsulado ESP01 presentado en la figura 2.11, el cual se lo programó para que envíe a un servidor, en un determinado tiempo, información de las variables que se censan con los dispositivos acoplados en el dispositivo. El módulo funciona con una alimentación de 3.3Vdc y una corriente de arranque superior a los 150mA. Para ello, se lo alimentó externamente y no directamente del microcontrolador debido a que este no puede suplir dicha corriente de arranque. El módulo se comunica con el microcontrolador a través de comunicación serial. [19] [20]

En el anexo E se muestra los pines de conexión del módulo ESP01.

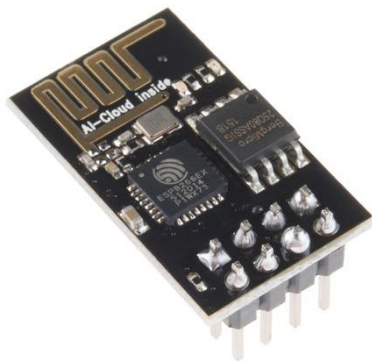


Figura 2.11 Modulo ESP2866-01

2.4. Desarrollo e Implementación del dispositivo inteligente

Lo primordial para iniciar con la implementación del dispositivo fue la elección del lugar donde iría situado, cómo iría conectado el sensor de presión a la válvula de gas, en qué parte de la carcasa iría colocado el sensor de gas GLP para detectar de manera efectiva la presencia del gas en el ambiente y de igual manera el módulo WI-FI.

Además del correcto aislamiento y protección contra posibles explosiones causadas por la presencia del GLP en contacto con la placa electrónica del dispositivo.

2.4.1. Elección de la válvula o actuador

La válvula de gas es un actuador, el cual permitió el paso del flujo de GLP desde el cilindro de gas hacia la estufa que es usada para la cocción. Para el dispositivo, se usó la válvula de la de Figura 2.9, la cual es de uso común en el país ecuatoriano. La mayoría de estas válvulas convencionales no poseen manómetro, sin embargo, se eligió una válvula con este medidor para facilidad de acople del sensor de presión.



Figura 2.12 Válvula de gas convencional

A la válvula presentada en la figura 2.12 se le realizó un pequeño cambio retirando el manómetro y adaptándole un conector de bronce como el presentado en la figura 2.13. Esta pieza de bronce se diseñó con la finalidad de realizar la conexión entre la válvula y el sensor de presión. La presión de los cilindros domésticos e industriales esta entre 229 a 340 mm CA respectivamente. [16]



Figura 2.13 Pieza de bronce diseñada

Todos estos elementos en conjunto forman el dispositivo inteligente y la comunicación con un servidor, el cual receptorá la información para futuros usos de estos como; datos estadísticos del porcentaje de consumo del GLP e históricos de alarmas por presencia de GLP en el ambiente. Además de incorporar un GPS solo para el envío de la ubicación del dispositivo, una vez cada determinado tiempo, debido a que estos cilindros por lo general

no son trasladados del lugar donde fueron instalados, por motivos de diseño tanto para hogar e industria. Este dato solo será usado de igual manera para futuras aplicaciones; como la localización o para la identificación y planeación de rutas más efectivas al momento de distribuir por parte del distribuidor de gas.

2.5. Comunicación del módulo wifi ESP8266-01 con el servidor

Una vez que los datos procesados en el Arduino Pro-Mini fueron enviados al ESP, ésta se comunica con el servidor para mostrar los datos requeridos al cliente.

La plataforma libre que recoge los datos obtenidos de los sensores del dispositivo es UBIDOTS, ver figura 2.14.

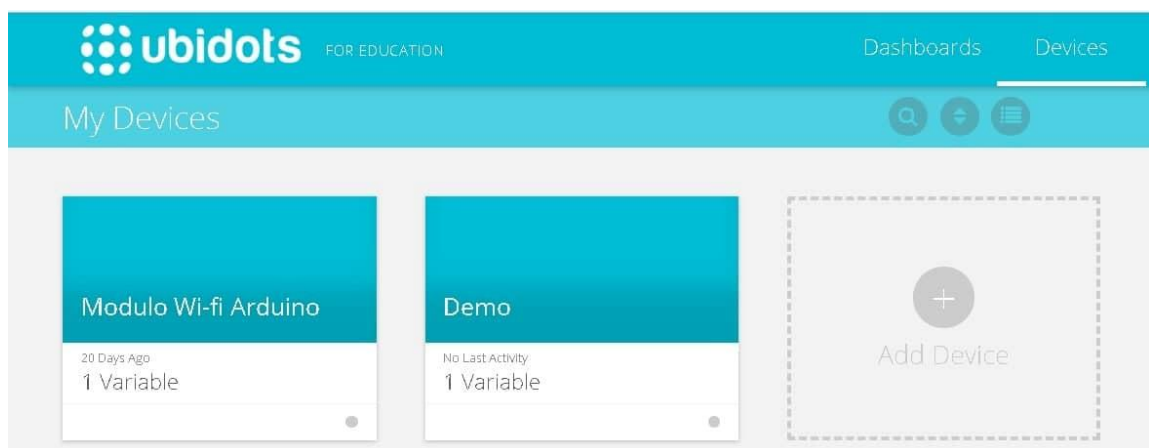


Figura 2.14 Plataforma de UBIDOTS-Crear proyecto

Se realizó una aplicación para realizar las pruebas de envío y recepción de datos desde la ESP al servidor, que constó en el encendido y apagado de un diodo led.

La ID de verificación entre el usuario y el API es 5b415861c03f9703b617ad3f, este código como el token lo genera UBIDOTS de forma aleatoria, como se puede observar en la figura 2.15.



Figura 2.15 Plataforma de UBIDOTS-Descripción del proyecto

Según el desarrollo web moderno, los “tokens” son actualmente usados para la verificación entre el usuario y un servidor web. En la figura 2.16, observamos el token por default que proporciona UBIDOTS.



Figura 2.16 Plataforma de UBIDOTS-Obtención del TOKEN

2.6. Diseño y Construcción de la Placa de Circuito Impreso

En el diseño se conectaron los sensores de gas y presión al Arduino Pro-Mini, juntos a los elementos indicadores para el caso de emergencia de fuga de gas. El esquemático se lo realizó en un software de simulación y elaboración de circuitos impresos.

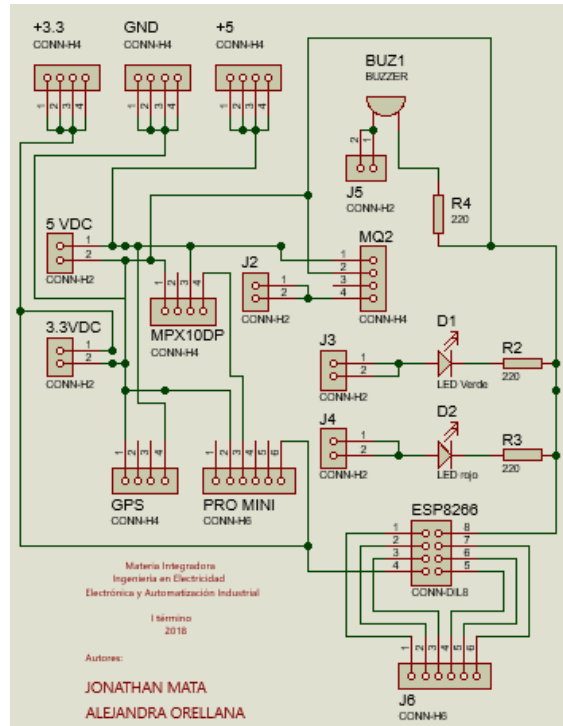


Figura 2.17 Esquemático del circuito medidor de presión de gas

En la figura 2.17, se observa que el circuito es alimentado por fuentes DC de 5 voltios y 3.3 voltios, a través de un regulador de voltaje y una batería de 9 voltios. La corriente de operación del circuito es de 80 mA.

El sensor de presión, MPX10DP, utiliza 5 voltios DC. Los pines que se utilizan son 1,3 y 4; en donde 1 y 3 son tierra y alimentación, respectivamente. El pin 2 y 4 son las salidas positiva y negativa respectivamente. De acuerdo con las pruebas realizadas en el laboratorio de instrumentación de la FIEC, el pin de voltaje negativo presenta menos datos aberrantes con respecto al pin de voltaje positivo. De los dos puertos que posee este sensor, se utilizó el puerto P1 ya que el MPX10dp opera con voltaje diferencial positivo $P1 > P2$.

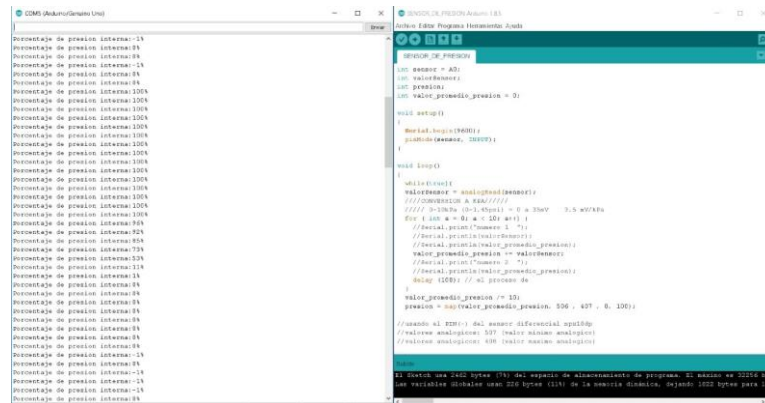


Figura 2.18 Datos obtenidos de la medición de presión con un cilindro de gas doméstico

En la figura 2.18, se observan, en el monitor serial del IDE de Arduino, los datos obtenidos del sensor de presión conectando el circuito al cilindro de gas doméstico. Para poder simular la variación de presión se cerró la válvula de gas, y a través del mapeo de rangos en la codificación del programa, se representa la presión dentro del tanque en términos de porcentaje.

El MQ2 es alimentado con 5 voltios DC. Además de los pines de alimentación y tierra, posee un pin para salida digital y un pin para salida analógica. Con este sensor mediremos las partes por millón de gas presente en el ambiente. Por esta razón, se utilizó el pin analógico, para indicar el rango de datos que mide el bulbo del MQ2. Como ya se describió previamente, el circuito está programado para que detecte una emergencia a partir de las 1000 ppm.

Cuando la alerta de fuga de gas es detectada, se tiene como respuesta el sonido del buzzer y un indicador led rojo, para visualizar que el sistema presenta una falla.

Otro de los beneficios que ofrece este circuito, es la localización del dispositivo a través de GPS. Este también está conectado al circuito con 5 voltios DC y envía coordenadas de latitud, longitud y altitud para ubicar el dispositivo dentro de la zona comercial determinada.

Tanto el Arduino Pro-Mini como el módulo WI-FI ESP8266-01, son alimentados con 3.3 voltios. El ESP8206 recibe los datos desde el Arduino pro mini y los envía vía serial al servidor.

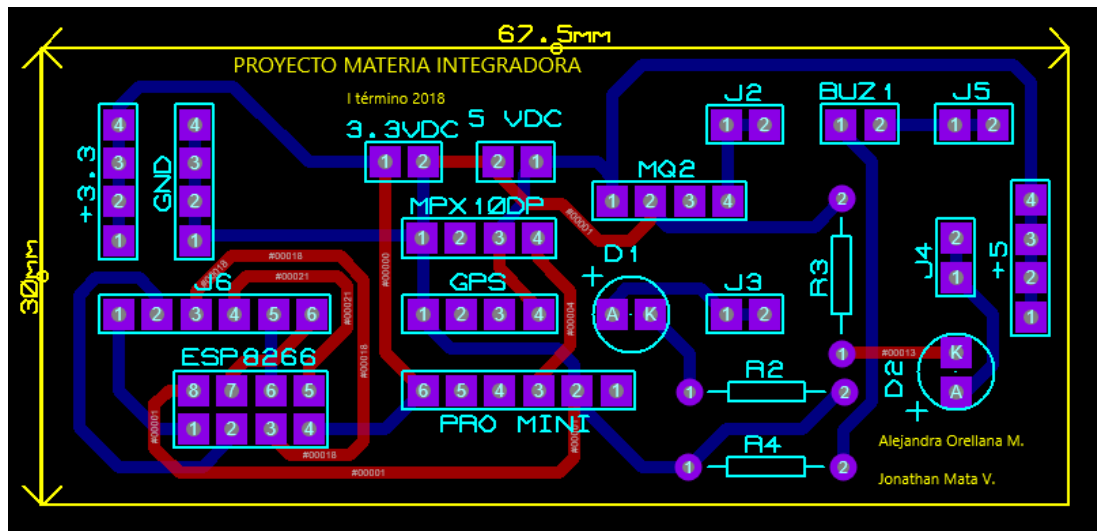


Figura 2.19 Placa de Circuito Impreso a doble cara

De acuerdo con la figura 2.19 se utilizarán borneras y espadines para conectar los sensores a la placa, debido a que estos se localizarán en los orificios de la carcasa del dispositivo.

2.7. Cálculo de la duración de la batería

Este dispositivo puede ser alimentado con una batería de 7.4 voltios DC, la cual va a ser regulada a 5V y 3.3V.

Para mejorar el rendimiento de la batería y asegurar la corriente de arranque para los sensores, se colocó la siguiente batería:

Características:

Tipo: HPB POWER: High magnification lithium polymer battery

Capacidad: 1500 mAh

Voltaje: 7.4 V

Para calcular el tiempo de duración de la batería, seguiremos la ecuación:

$$C = X * t \quad (2.7)$$

En donde:

C= capacidad de la batería

X= amperios que necesita el circuito

t= tiempo en horas de funcionamiento

$$C = X * t$$

$$1500 \text{ mAh} = 80 \text{ mA} * t$$

$$t = 18.75 \text{ h}$$

El tiempo de duración de batería para el circuito de este proyecto es de 18 horas con 45 minutos. Se toma en consideración que estos datos son en base al funcionamiento a plena carga del circuito, manteniendo todos los sensores encendidos y transmitiendo datos en tiempo real.

2.8. Diseño de la estructura del dispositivo inteligente

La estructura que contendrá los elementos y módulos electrónicos fue diseñada en un software de modelado 3D, el cual permito crear una estructura con un tamaño y forma acorde a los elementos y módulos electrónicos anteriormente mencionados.

La estructura se compone de dos partes; una superior que contiene a los módulos y elementos electrónicos que se unirán a la placa electrónica, una inferior que contendrá la batería de 7.4 V además de una forma que permitirá a toda la estructura acoplarse a la válvula de gas.

Las dos estructuras poseen cuatro partes sobre salientes para unir ambas piezas por medio de pernos y tuercas de 5 mm de diámetro. A continuación, se mostrarán diferentes imágenes de la estructura del dispositivo, para más vistas ver en Anexos A.

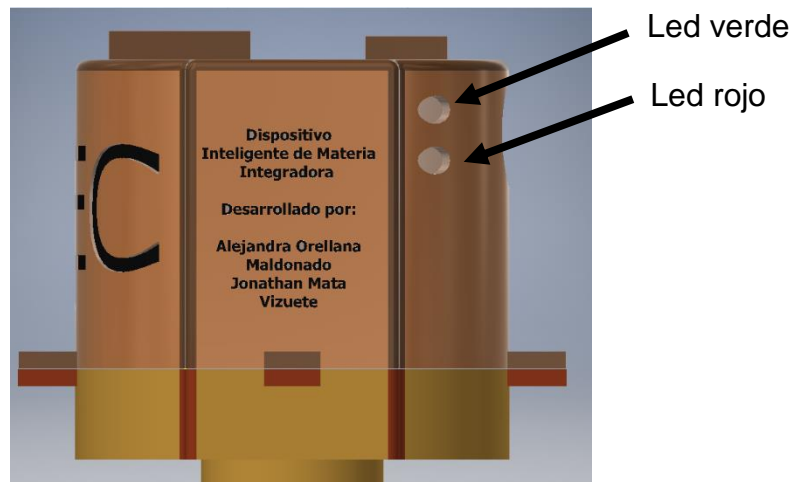


Figura 2.20 Modelo 3D de la estructura completa-vista 1

Se presenta donde fueron ubicados; el Mq2, Mpx10dp y Buzzer.

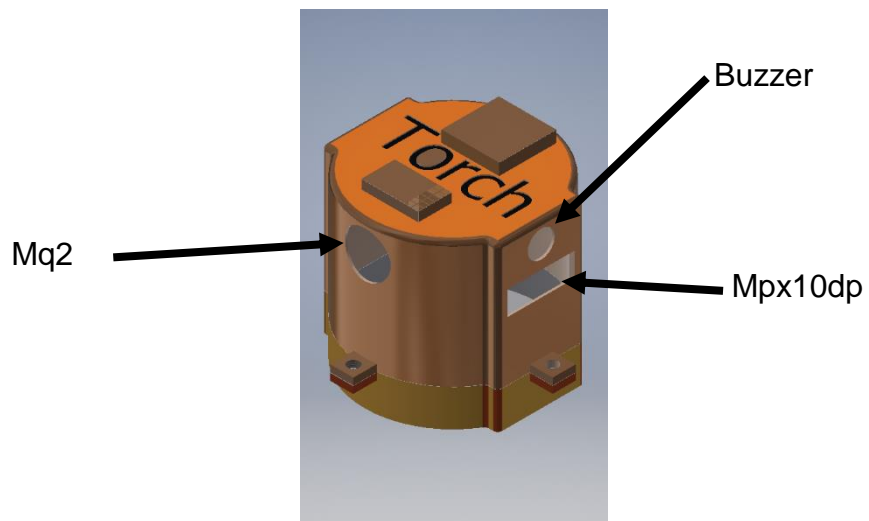


Figura 2.21 Modelo 3D de la estructura completa-vista 2

Base de la estructura que se acopla a la válvula de gas.

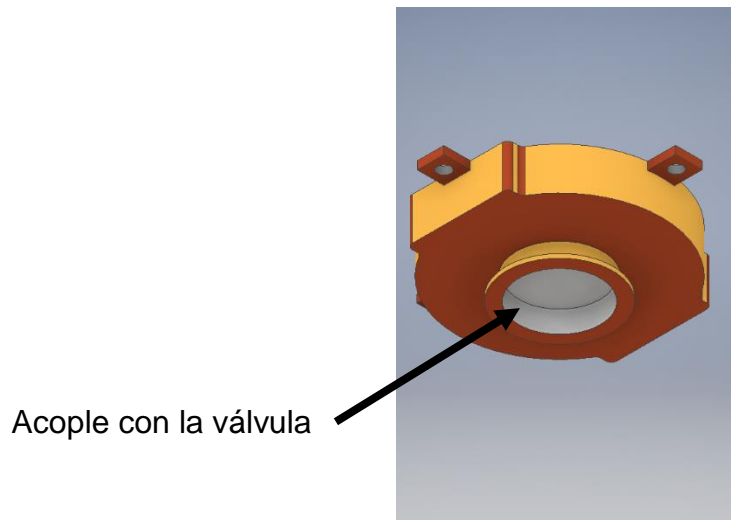


Figura 2.22 Modelo 3D parte inferior-vista 1

Lugar donde irá colocada la batería de 7.4 V.

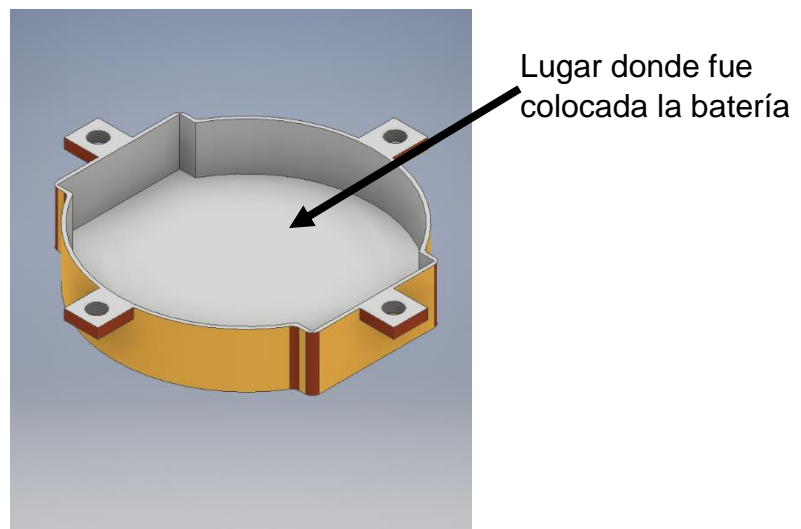


Figura 2.23 Modelo 3D parte inferior-vista 2

La ubicación del módulo ESP2866-01 y GPS se realizaron en la parte superior para garantizar un mayor contacto con el exterior, debido que ambos lo necesitan para garantizar una mejor transmisión y adquisición de datos respectivamente [22].

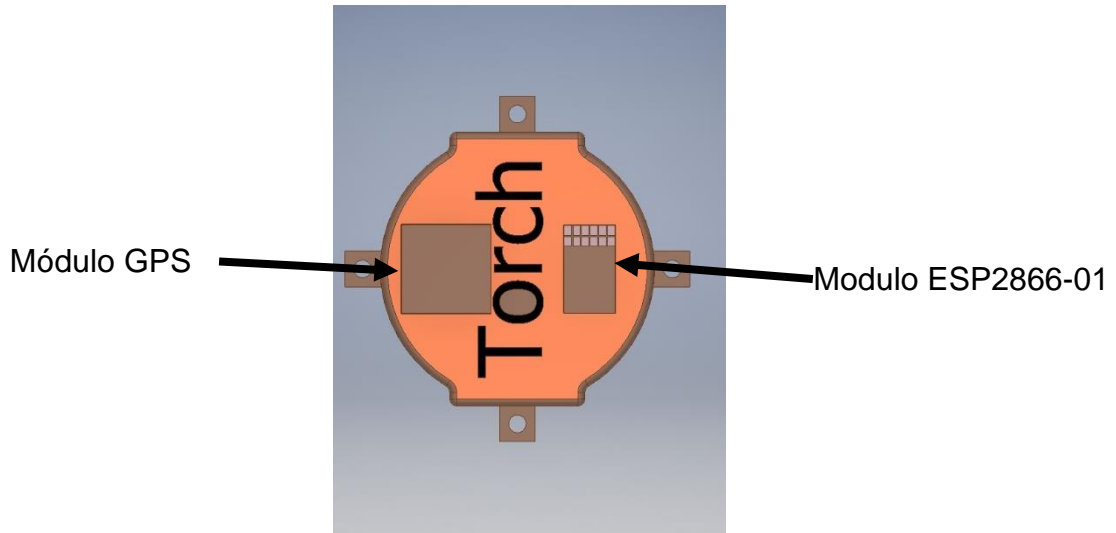


Figura 2.24 Modelo 3D parte superior

A continuación, se presenta como quedaron las dos piezas impresas después de usar una impresora 3D usando como material de impresión fibra de plástico PLA, el cual fue elegido debido a:

- Su resistencia a temperaturas altas. Una vez impreso soporta temperaturas hasta 60°C
- Es un material biodegradable.
- Alta resolución en la impresión.
- No presenta alta deformaciones al momento de la impresión [23].



Figura 2.25 Piezas impresas-vista 1



Figura 2.26 Piezas impresas-vista 2

2.9. Simulación del dispositivo inteligente

Se usó un software, el cual permitió realizar una simulación aproximada de cómo sería el proceso de adquirir y enviar datos. Se recibe los datos de los sensores mpx10dp, mq2 y el módulo GPS; estos son enviados (a través de los diferentes pines digitales o analógicos) al Arduino Pro-Mini que procesa los datos (en el microcontrolador) y los envía por medio de comunicación serial al módulo bluetooth el cual simula ser el ESP8266-01. Este a su vez envía los datos al otro módulo bluetooth el cual simula ser el servidor que recibe los datos del módulo WI-FI.

Adicionalmente se implementó interrupciones:

- Para el sensor Mq2 (envía un mensaje de alerta en caso de un elevado nivel de GLP en el ambiente) y
- El sensor Mpx10dp (envía un mensaje en caso de un nivel inferior al 15%).

La simulación se puede observar en la figura 2.24.

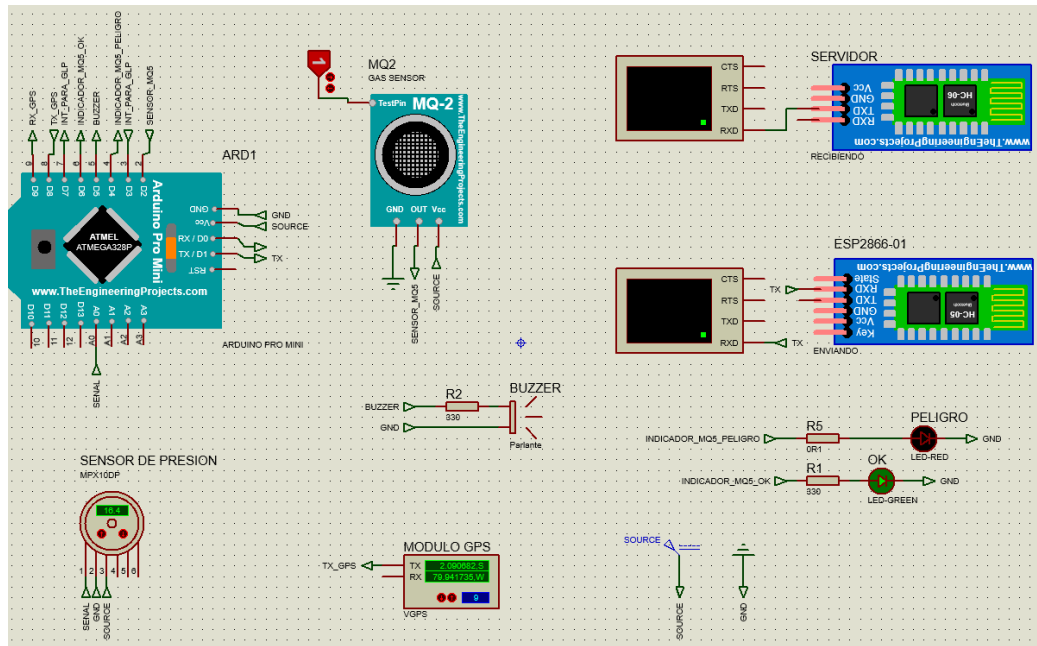


Figura 2.27 Simulación del circuito electrónico

2.10. Especificaciones técnicas del dispositivo inteligente

A continuación, se presenta una tabla que contiene un resumen especificando las marcas de cada sensor que componen al dispositivo y entre otros elementos que en conjunto forman el dispositivo inteligente:

Tabla 2-1 Especificaciones Técnicas del Dispositivo Inteligente

Voltaje de alimentación	Batería HPB POWER de 7.4 V 1500 mAh
Conexión inalámbrica	ESP2866-01
Rango del sensor de presión	Mpx10dp
Sensor de gas	Mq2
Indicadores	Posee dos indicadores leds: Uno rojo para alerta de fugas Uno verde para estado "OK"
Indicador sonoro	Buzzer o parlante

Indicador de ubicación	Módulo GPS Modelo GY-GPS6MV2 Serie U-Blox NEO 6M
Válvula de cilindro de GLP	Válvula reguladora de 3 KPa caudal de 2 Kg/hr Dimensión para la válvula: Ø 22 mm Dimensión para manguera: Ø 10 mm
Estructura	Impresión en 3D de fibra de plástico PLA

2.11. Sugerencias

- No perforar la carcasa del dispositivo debido a que así se mantiene aislado del gas.
- No exponerlo a altas temperaturas debido a que el material pierde resistencia deformándose o en peores casos derritiéndose, dejando expuesto el circuito al ambiente y en caso de una fuga excesiva una explosión.
- No derramar líquidos sobre el dispositivo, ya que puede provocar corto circuito en la placa electrónica.
- No maniobrar directamente el circuito electrónico para evitar accidentes.
- En caso de sobrecalentamiento, aislar la válvula del cilindro de gas.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Se mostrarán los resultados obtenidos basados en las pruebas y simulaciones realizadas durante el tiempo que tomo el desarrollo e implementación del diseño del dispositivo inteligente.

3.1. Resultados en la simulación del dispositivo inteligente

Por medio de un software se simuló el proceso del funcionamiento del dispositivo inteligente desde las pruebas iniciales; probando los dispositivos de manera individual hasta la prueba del sistema completo donde se integró todos los dispositivos.

El circuito de la simulación se dividió en cuatro partes:

3.1.1. Simulación del MQ2

El sensor MQ2 en el software de simulación no posee cuatro pines como el sensor real, no posee el pin analógico. Se programó para que el Pro-Mini responda a la señal digital cuando el sensor detecta una fuga simulada, el circuito del MQ2 se lo muestra en la figura 3.1. El led de color verde indica que no hay presencia de fugas.

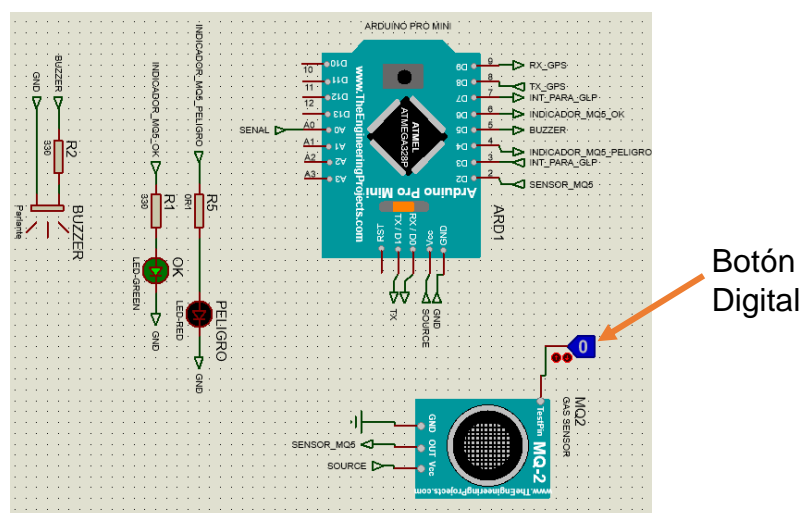


Figura 3.1 Parte: Simulación del circuito MQ2

En la simulación se programó para que cense en periodos de 10s, pero este valor se almacena en una variable hasta que se simule el envío total de datos como se muestra en la figura 3.2. También en caso de presencia de una fuga simulada de gas (presionar el botón digital, ver figura 3.1) se simulo el envío de un mensaje de alerta al servidor y en paralelo se activó una alarma visual que es un diodo led rojo y una alarma sonora que es un Buzzer como se muestra en la figura 3.3. Código en Anexo C.

```

Virtual Terminal - PANTALLA DEL SERVIDOR
Testing GPS...
Presencia de gas GLP no detectada
Presencia de gas GLP no detectada
Presencia de gas GLP no detectada
Presencia de gas GLP no detectada
Presencia de gas GLP no detectada

Enviando datos al servidor...
Presencia de gas GLP no detectada
Datos entregados, exitosamentes...
  
```

Figura 3.2 Censado del MQ2 en periodos de 10s

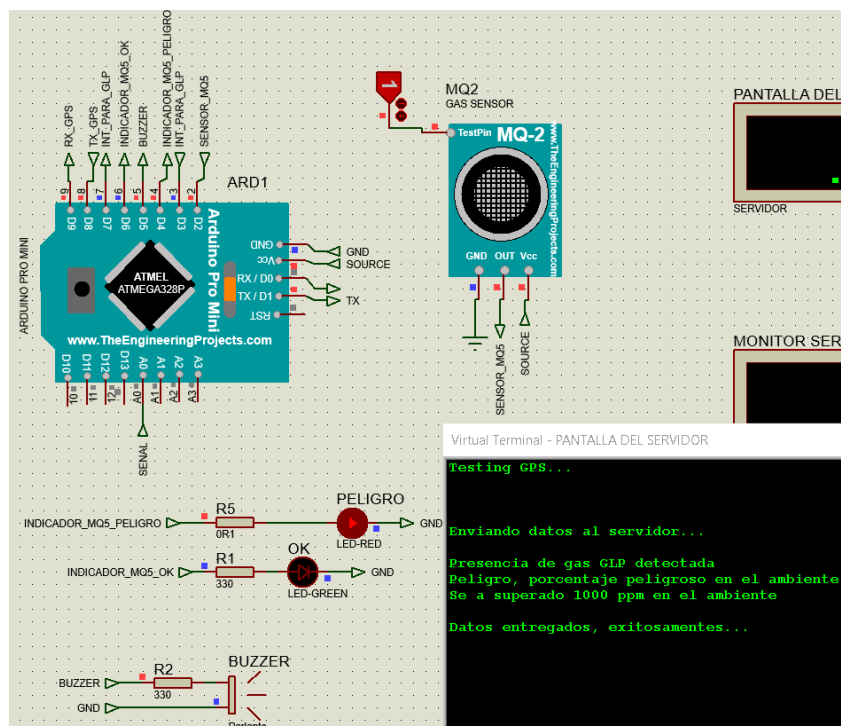


Figura 3.3 Simulación de envío del mensaje y alarma visual

3.1.2. Simulación del MPX10dp

Una diferencia grande entre el sensor de presión simulado y el real fue el número de pines. El sensor real posee cuatro pines mientras el simulado posee seis pines, ver figura 3.4.

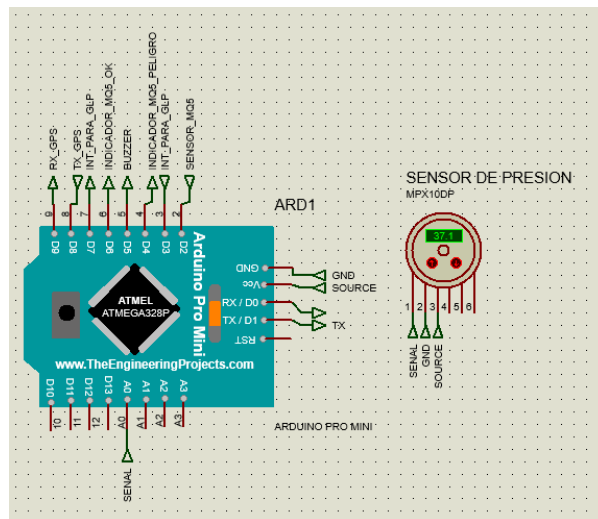


Figura 3.4 Esquemático del circuito de presión

Se programó para que cense en intervalos de 30s, guardando este valor en una variable para posteriormente simular el envío de la misma al servidor, ver figura 3.5. Además, en caso de existir un porcentaje inferior o igual al 15% se envió una alerta al servidor indicando el porcentaje en ese instante. Ver figura 3.6.

Virtual Terminal - PANTALLA DEL SERVIDOR

```
Testing GPS...
Porcentaje de llenado:19%

Enviando datos al servidor...
Porcentaje de llenado:19%
Datos entregados, exitosamente...
```

Figura 3.5 Censado cada 30s y simulación de envío de datos

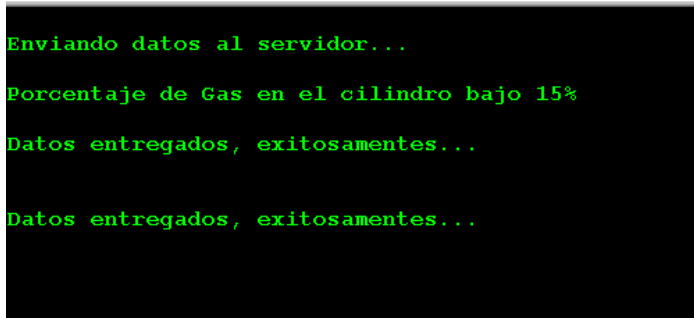


Figura 3.6 Simulación del envío de datos al servidor

3.1.3. Simulación del GPS

Algo importante de la simulación del módulo GPS es saber que el mismo solo envía datos NMEA falsos de manera aleatoria además de no recibir datos del Pro-Mini. Cuando estos datos llegan al microcontrolador son almacenados en una variable para posteriormente simular el envío de datos de ubicación del GPS al servidor, ver figura 3.7.

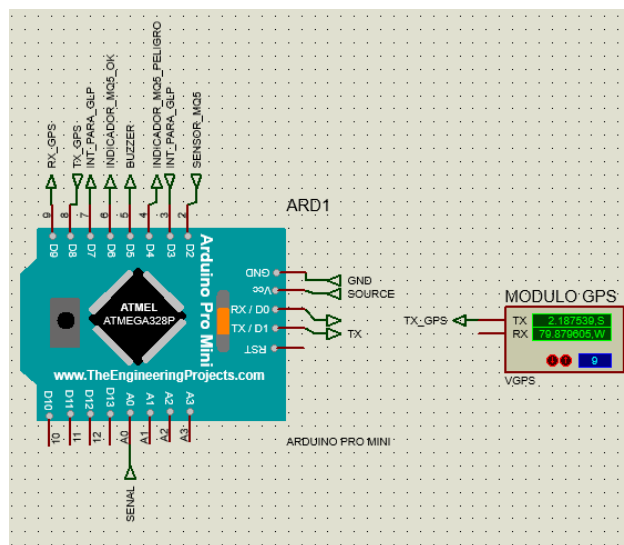


Figura 3.7 Esquemático del GPS y conexiones

3.1.4. Simulación de la comunicación con el servidor

Para la simulación de la parte de la comunicación se usó dos módulos bluetooth debido a no existir un módulo WI-FI en el software que se usó.

Adicional a los módulos bluetooth se usó dos terminales virtuales para la presentación y visualización de datos que fueron enviados y receptados por ambos módulos bluetooth, ver figura 3.8 y figura 3.9.

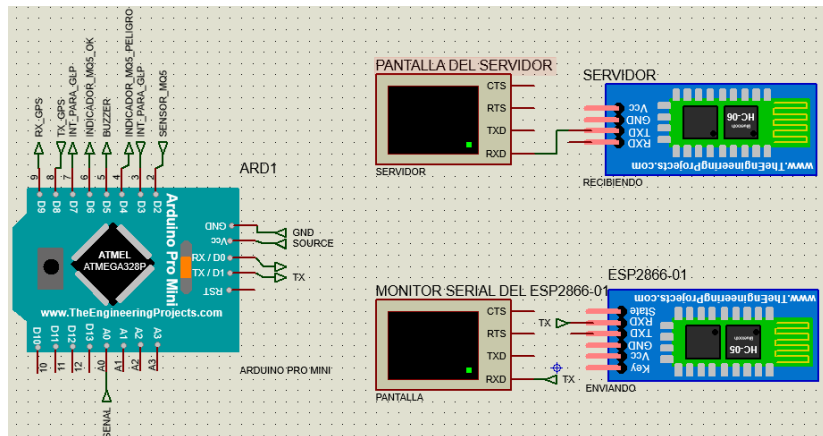


Figura 3.8 Esquemático de la comunicación

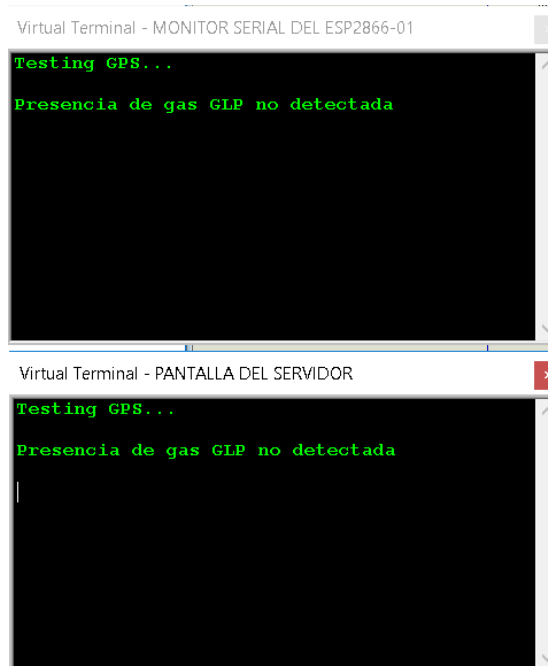


Figura 3.9 Visualización de los dos Virtual Terminal

La comunicación entre los dos módulos bluetooth se logró con un software, el cual permitió crear un vínculo virtual entre estos módulos y con ello permitir la simulación de envío de datos desde el Pro-Mini hacia el servidor, ver figura 3.10.

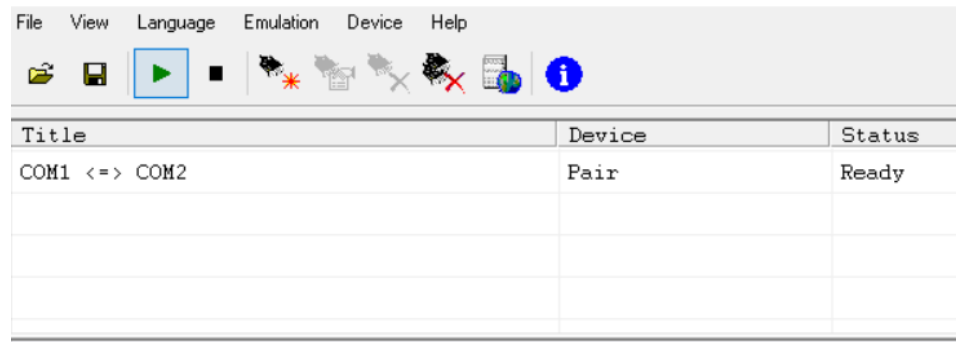


Figura 3.10 Software para crear vínculo entre los dos módulos

3.2. Resultados en el dispositivo inteligente

El funcionamiento del dispositivo es muy similar a como se describió en la simulación salvo la parte del envío de datos.

El envío de datos se la realizó con el módulo WI-FI el cual recibió las dos variables principales: porcentaje de presión interna de los cilindros y presencia de gas. Este último dato solo es un pulso alto o bajo. El dispositivo final instalado en una cocina doméstica se aprecia en la figura 3.11.



Figura 3.11 Dispositivo final instalado

Después de haber realizado un promedio entre una muestra de 10 datos que censó el dispositivo, con el objetivo de reducir el rango de error se obtuvo un margen de $\pm 1\%$. Este margen de error se aprecia de mejor manera en el límite inferior cuando el paso de gas está cerrado; en cambio en el margen superior la variación no se apreció demasiado, ver la figura 3.12.

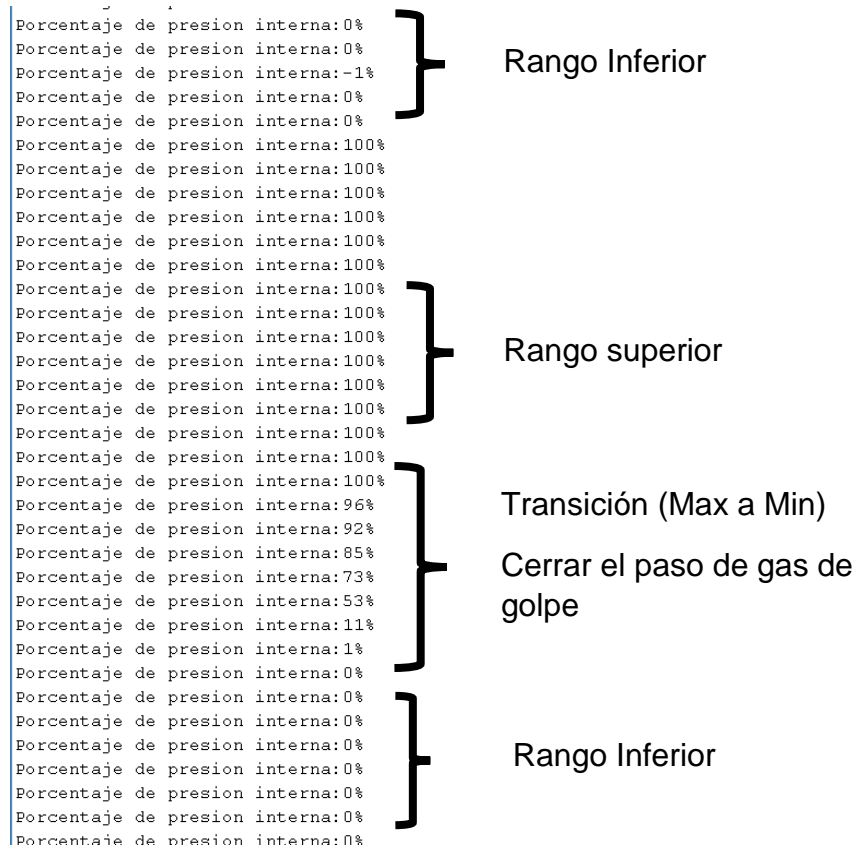


Figura 3.12 Resultados del sensor MPX10DP

El método de censado del MQ2 es similar al descrito en la simulación con la única diferencia en que se usó el pin analógico para obtener valores en unidades ppm, la cantidad máxima establecida fue de 1000 ppm [14], el porqué de este valor, se describió en la parte de elección del sensor de gas. Cuando se detectó la presencia del GLP en el ambiente se envía el pulso al ESP2866. En la figura 3.13 se observa cómo fue la detección.

```
Enviando datos al servidor...
GLP no detectado en el ambiente
Datos entregados, exitosamentes...
```

Figura 3.13 Detección del nivel de gas

3.3. Análisis de Costos

El análisis de costos de este proyecto se compone del diseño, simulación, prototipado e instalación del dispositivo inteligente para medir la presión en los cilindros de gas.

3.3.1. Costos de elementos y módulos electrónicos

Las dimensiones del PCB son 67.5 mm por 30 mm como podemos observar en la figura 2.16. Esta placa corresponde al circuito que conecta los sensores de presión y gas al microcontrolador del Arduino Pro-Mini, además del GPS y el módulo ESP 8266-01 para enviar los datos obtenidos al servidor.

A continuación, se detallan los componentes de la placa electrónica:

Tabla 3-1 Lista de Precios de elementos y módulos electrónicos

ÍTEM	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Total
1	Arduino Pro Mini	1	\$4.99	\$4.99
2	Módulo Wifi ESP8266-01	1	\$8.00	\$8.00
3	Módulo GPS	1	\$25.00	\$25.00
4	MPX10DP	1	\$28.00	\$28.00
5	MQ2	1	\$8.00	\$8.00
6	USB - TTL	1	\$4.50	\$4.50
7	Regulador de tensión a 5V y 3.3 V.	1	\$1.90	\$1.90
8	Buzzer	1	\$0.75	\$0.75
9	Resistencias 220 ohmios	3	\$0.05	\$0.15
10	Diodos Leds (rojo, verde)	4	\$0.10	\$0.40
11	Tiras de espadines hembra	3	\$0.71	\$2.13
12	Jumpers hembra-macho	24	\$0.10	\$2.40
13	Batería Lipo HBP Power 7.4 V. 1500mAh	1	\$20.00	\$20.00
14	Impresión de pistas de cobre en fibra de vidrio.	1	\$5.25	\$5.25
15	Antisolder para recubrimiento de placa.	1	\$3.25	\$3.25
16	Cautín Proskit de 40 W.	1	\$20.00	\$20.00
17	Pasta para Soldar	1	\$5.00	\$5.00
18	Rollo de estaño para soldar	1	\$5.50	\$5.50
			\$TOTAL	\$145.22

3.3.2. Costo de Instalación del prototipo

Como se observa en la figura 2.18, se diseñó una estructura 3D que contendrá en su interior el circuitaje de los sensores y la placa electrónica. Éste se acopló a una válvula de gas, la misma que a través de un conector de bronce se une al sensor MPX10dp para medir la presión dentro del cilindro de gas.

Tabla 3-2 Lista de Precios para implementación de la estructura del dispositivo

ITEM	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Total
1	Impresión 3D de carcasa para dispositivo.	1	\$39.00	\$39.00
2	Pernos de metal de 5 mm	4	\$0.10	\$0.40
3	Tuercas de 5 mm	4	\$0.10	\$0.40
4	Conector de bronce	1	\$25.00	\$25.00
5	Válvula de Gas doméstico	1	\$4.90	\$4.90
6	Manguera para gas 5/16 Industrial 200 PSI	1	\$1.52	\$1.52
7	Abrazaderas metálicas	2	\$0.80	\$1.60
8	Manguera neumática para aire comprimido marca FESTO.	1	\$16.90	\$16.90
9	Pintura esmalte color amarillo	1	\$1.93	\$1.93
10	Pintura esmalte color azul	1	\$1.93	\$1.93
			TOTAL	\$93.58

3.3.3. Costo de mano de obra

Para el desarrollo de este proyecto, se necesitó un ingeniero en electrónica que diseñe el circuito electrónico para obtener los datos de los sensores de presión y gas; la implementación y diseño de la estructura 3D del dispositivo, y la instalación del dispositivo inteligente acoplado a la válvula de gas.

El ingeniero en electrónica empleó un total de 30 horas para el diseño del circuito electrónico.

El programador empleó un total de 40 horas para establecer la comunicación entre el dispositivo inteligente y el servidor.

Tabla 3-3 Lista de Precios de mano de obra

ÍTEM	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Total
1	Ingeniero en Electrónica	1	\$120/h	\$3600.00
2	Programador	1	\$120/h	\$4800.00
3	Gastos Imprevistos	1	\$100	\$100.00
			Total	\$8500.00

3.3.4. Costo Total de la inversión

El costo total de la inversión se resume en la tabla 3-4, en donde se reúne los costos de diseño, implementación, instalación y mano de obra del proyecto. Todos estos costos fueron tomados en base a datos reales del mercado actual en Ecuador.

Tabla 3-4 Lista de Precios para implementación de la estructura del dispositivo

Definición	Ubicación	Valor Obtenido
Costos de elementos y módulos electrónicos.	Tabla 3-1	\$145.22
Costo de Instalación del prototipo	Tabla 3-2	\$93.58
Costo de mano de obra.	Tabla 3-3	\$8500.00
	TOTAL	\$8738.80

3.3.5. Viabilidad Comercial y Viabilidad Técnica

El 80% de los hogares en Ecuador usan cocinas a gas, por lo que este dispositivo será comercializado a los usuarios y distribuidores de cilindros de GLP. El aporte a la seguridad familiar, previniendo accidentes por fugas de gas, es un factor predominante para que este producto sea sostenible comercialmente.

Por otra parte, según el análisis técnico del dispositivo en el capítulo 2, se materializó la implementación del prototipo y las pruebas reales del dispositivo junto a un cilindro de gas que confirmó la viabilidad técnica.

Sin embargo, debido al alto costo de producción del prototipo y la falta de normalización ATEX; concluimos que este primer prototipo no es viable comercialmente.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El sensor de presión MPX10DP garantizó una medición lo más precisa posible con un porcentaje de error del $\pm 1\%$ como se ve en la figura 3.12. Para garantizar que los rangos de porcentaje de presión al nivel máximo e inferior son los indicados se realizaron las pruebas con un cilindro lleno sin haber sido usado anteriormente; se tomaron valores cuando la válvula de gas abierta (máxima presión) y cuando la válvula de gas estaba cerrada (mínima presión), prolongando el tiempo de sensado en cada caso. También se realizó cambios bruscos (abrir y cerrar la válvula de gas de golpe). Para reducir el error, se realizó una toma de 10 valores del sensor y posteriormente un promedio de estos 10 valores. No se ha conseguido reducir a cero el porcentaje de error debido a que en el nivel inferior se aprecia la variación del porcentaje de error en $\pm 1\%$, en cambio en el límite superior se aprecia que hay una estabilidad. La razón principal del uso del pin (-) del MPX10DP se debió al tipo presión que se maneja, está siempre va a disminuir y el pin (-) nos muestra los cambios negativos de presión. A pesar de ser un sensor lineal y proporcionarnos un descenso teóricamente lineal a medida que el nivel del gas disminuye en el interior del cilindro se usó una función llamada “map(variable, valor analógico mínimo, valor analógico máximo, mínimo valor, máximo valor)”, esta función permitió linealizar aún más los valores adquiridos desde el sensor de presión y colocarlos dentro de un rango de 0 a 100 que represento la capacidad del cilindro en porcentaje; donde el 0 represento el mínimo porcentaje de llenado del cilindro y el 100 represento que el cilindro esta lleno y a su máxima capacidad.

El sensor MQ2 garantizó una detección inmediata en cuanto a presencia de GLP en el ambiente, brindando un amplio rango de detección y facilitó la calibración de la sensibilidad del sensor a través de un potenciómetro en la parte posterior del mismo. Se usó el pin analógico del sensor para garantizar trabajar dentro del rango permisible para evitar explosiones en ambientes donde haya una acumulación superior de 1000 ppm de GLP; se lo programó para que active alerta visible, sonora y envíe una señal al ESP2866 para que este a su vez envíe una alerta al servidor.

El envío de datos desde el Pro-Mini hacia el ESP2866-01 se realizó de manera serial, los datos son convertidos en formato "char" y posteriormente agregados dentro de un arreglo para tener una cadena de datos. Esta cadena de datos se envió al módulo WI-FI a través de los pines de comunicación serial del mismo, el módulo WI-FI posee un código interno que le permitió tomar estos datos y enviarlos al servidor ya clasificados a sus respectivas variables. Estas variables poseen un ID que las identifica y las hace únicas para recibir el dato que les corresponde. El módulo WI-FI está programado para conectarse a una red; para eso se necesitó en el código proporcionar; el TOKEN (necesario para conectarse con el servidor), el SSID (nombre de la red a conectarse), el PASSWORD (clave de la red) y los IDs (códigos de las variables con las que se enlazan los datos) con todos estos datos completamos la comunicación con el servidor.

Recomendaciones

Para lograr una mejor eficiencia y prolongación de la duración de la batería del dispositivo, en el circuito de la placa electrónica se puede colocar un relay antes de cada sensor y módulo. Además de realizar un cambio en la programación, básicamente que un pin digital del Pro-Mini active la bobina del relay y a la vez los contactos de éste, dando paso a la energía para activar los sensores y módulos. Y dependiendo de los tiempos que le den a cada sensor para su activación, la duración de la batería durará más tiempo.

Una solución para el problema de estar configurando el ESP8266-01 a cada momento cuando se cambie de un lugar a otro y por ende de red inalámbrica, es usar el cifrado WPS, el cual permitiría conectar al dispositivo inteligente con el router al presionar el botón WPS, que suele venir en la parte posterior del mismo. Este período de tiempo dura aproximadamente 2 minutos (existen tres métodos de conexión WPS). El método que se usa por defecto se basa en enviar un código al router, el cual suele ser de 8 dígitos, y este último le envía los datos para acceder a la red, el método que viene por defecto en los routers es el denominado Entrada de pin. Cabe recalcar que se carga el código en la memoria EPROM, la cual permite guardar los datos de red adquiridos al momento de realizar la conexión WPS (la función usada para obtener la información de red es: `WIFI.beginWPSConfig ()`). [24], [25], [26], [27].

El uso de redes LPWAN o redes de extensa área y baja potencia, será la más adecuada manera de poder transmitir datos del dispositivo inteligente, usando redes como: LoRa, Sigfox y la más reciente LET-M, que recién están naciendo pero que prometen mucho en un futuro para los dispositivos IoT en cuanto al mercado de las telecomunicaciones se refiere. La ventaja que presentan es que pueden llegar a muchos sitios donde el GPS y el GSM no llegan (zonas rurales e incluso en interiores) [22] [28] [29]

El uso de un módulo GSM para garantizar de manera exacta la ubicación del dispositivo inteligente, debido a que usa redes móviles por medio de antenas (triangulación a través de antenas móviles); posee una precisión 10 veces más que el módulo GPS. Siempre y cuando haya cobertura se podrá localizar el equipo dentro de interiores, esto sin necesidad de poseer una tarjeta SIM instalada en el módulo GSM, si además se requiere internet para enviar datos se necesitará obligatoriamente adquirir la tarjeta SIM. Solo cabe mencionar que este tipo de tecnología se está abandonando poco a poco debido a la presencia de las nuevas redes LTE y LPWAN. [22]

Cambiar el sensor de presión MPX10DP el cual es de medición diferencial por uno de medición absoluta como el MPXV10GC7U para aprovechar de manera más eficiente el espacio del dispositivo conservando los mismos rangos de presión del anterior sensor. [12]

Lograr incorporar todos los sensores, módulos y demás elementos electrónicos dentro de un dispositivo mecánico, una válvula de gas, la cual cumpla los estándares habituales de la válvula convencional más las nuevas mejoras del dispositivo inteligente. Además de poder incluir un servomotor para lograr el movimiento automático de abrir y cerrar el paso del gas desde el tanque hacia las estufas.

Cambiar de plataforma de programación debido a la dificultad que representa encontrar librerías, funciones y manejos de datos con la plataforma de Arduino, una buena opción es Python o lenguaje C debido a la facilidad de manejo de datos y el gran desarrollo que ya posee en el caso del lenguaje C y los nuevos desarrollos en el caso de Python que cada vez lo adaptan a más plataformas y posee variaciones como Micropython. Lo único que cambia es el lenguaje de programación la manera de subir la información al microcontrolador se mantendrá.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. García, «Los bomberos atendieron 1 012 casos por fugas de gas en Quito, este 2017.,» *EL COMERCIO*, p. 1, 20 julio 2017.
- [2] EL COMERCIO, «www.elcomercio.com,» [En línea]. Available: <http://www.elcomercio.com/actualidad/personas-heridas-gas-restaurantequito.html>.
- [3] EXFO Inc, "EXFO," 2018. [Online]. Available: https://www.exfo.com/en/transformations/internet-of-things/?utm_source=Google&utm_medium=CPC_Search&utm_campaign=Google_corpo_ALL_042018&utm_content=ALL&utm_id=1dc4un8.v5c1&gclid=EAIaIQobChMII77RyaG42wIVk1mGCh25xwK9EAAYASAAEgKLaPD_BwE. [Accessed 31 05 2018].
- [4] Gaszen Tech S.A.P.I, «www.gaszen.com,» 2017. [En línea]. Available: <https://gaszen.com/wp-content/uploads/2017/07/guia-rapida-2.2-1.pdf>. [Último acceso: 30 Mayo 2018].
- [5] S. G. García, «Magnetometro,» de *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MAGNETÓMETRO TRAIXIAL PARA ANÁLISIS Y EXPERIMENTACIÓN DE AISLAMIENTOS MAGNÉTICOS*, Leganés, 2013, pp. 25-35.
- [6] L. A. Béjar Barrueta, «Sensores de gas,» de *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA CENTRAL DETECTORA DE GAS NATURAL Y GLP*, Lima, 2013, pp. 18-19.
- [7] FIGARO, [En línea]. Available: <http://www.figarosensor.com/products/docs/TGS2610CD%200114.pdf>. [Último acceso: 18 Junio 2018].
- [8] EMOL, «Que no se te acabe el gas: Traen a Chile un dispositivo para monitorear el nivel de los cilindros,» *EMOL.Economía*, p. 1, 25 Diciembre 2016.
- [9] J. J. SÁNCHEZ y G. E. RODRÍGUEZ, «DISPOSITIVO ELECTRÓNICO AUTOMATIZADO CON ELECTRO VÁLVULAS PARA EL CONTROL DE FUGAS DE GAS DOMICILIARIO,» Girardot, 2008, pp. 48-55.
- [10] Honeywell, «Honeywell,» [En línea]. Available: <https://html.alldatasheet.com/html-pdf/428790/HONEYWELL/HMC5883L/487/1/HMC5883L.html>. [Último acceso: 16 Julio 2018].
- [11] MetAs & Metrologos Asociados, «El Manómetro Bourdon,» *La Guía MetsAS*, p. 4, agosto 2007.

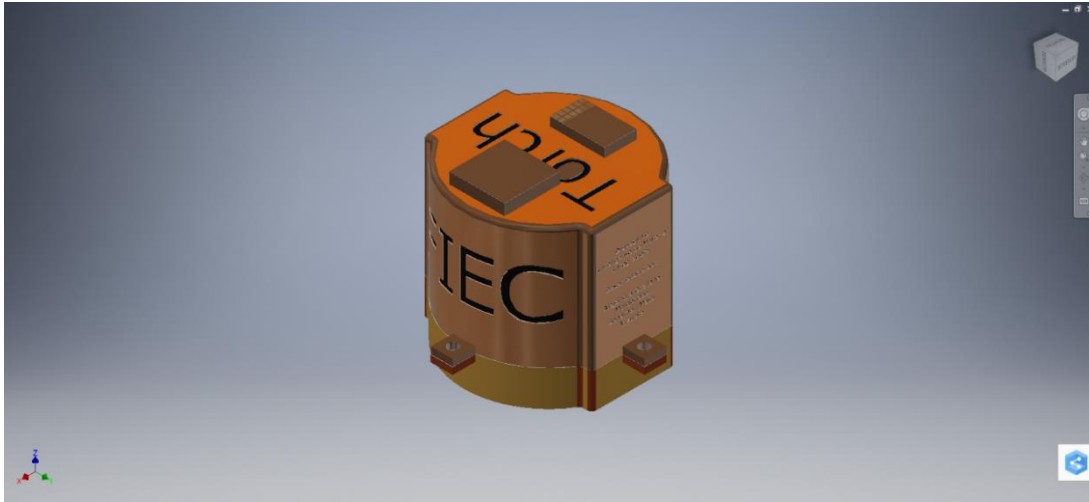
- [12] Farnell, «element14,» [En línea]. Available: <http://es.farnell.com/nxp/mpx10dp/sensor-diff-press-1-45-psi-344c/dp/1457144>. [Último acceso: 14 julio 2018].
- [13] EL UNIVERSO, «El gas de uso doméstico y la inducción eléctrica,» *EL UNIVERSO*, p. 1, 21 mayo 2015.
- [14] pololu, «MQ-2 Semiconductor Sensor for Combustible Gas».
- [15] PEMEX GAS Y PETROQUIMICA BASICA, «HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD PARA SUSTANCIAS QUÍMICAS,» Mexico .
- [16] abastible energia limpia, «GAS LICUADO DE PETRÓLEO,» Guayaquil, 2016.
- [17] ANTALA, «ANTALA SPECIALITY CHEMICALS,» ANTALA DGE GROUP, 20 06 2017. [En línea]. Available: <https://www.antala.es/como-usar-resinas-encapsulado-electrico/>. [Último acceso: 20 07 2018].
- [18] TÜV SÜD Iberia S.A.U, «TÜV SÜD,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.tuv-sud.es/uploads/images/1522772163989322581007/es-tuv-sud-process-safety-atex-iecex.pdf>. [Último acceso: 1 AGOSTO 2018].
- [19] sparkfun start something, "Using the Arduino Pro Mini 3.3V," [Online]. Available: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/using-the-arduino-pro-mini-33v>. [Accessed 30 05 2018].
- [20] AUTODESK, "instructables," 9 agosto 2016. [Online]. Available: <https://www.instructables.com/id/ESP8266-WiFi-Module-for-Dummies/>. [Accessed 1 junio 2018].
- [21] L. LLAMAS, «Ingeniería, información y diseño,» 28 abril 2016. [En línea]. Available: <https://www.luisllamas.es/que-son-y-como-usar-interrupciones-en-arduino/>. [Último acceso: 31 julio 2018].
- [22] programafacil.com, «Sistemas de geolocalización con arduino,» 2018. [En línea]. Available: <https://programafacil.com/podcast/gps-arduino-geolocalizacion/>. [Último acceso: 31 07 2018].
- [23] SMARTFIL, smart materials 3D, SPAIN, 2015.
- [24] GitHub, "WPS (WiFi Protected Setup) via push button switch and LED example #2628," 22 10 2016. [Online]. Available: <https://github.com/esp8266/Arduino/issues/2628>. [Accessed 10 08 2018].
- [25] GitHub, "Ejemplo de WPS con la aplicación WiFiTelnetToSerial," 22 10 2016. [Online]. Available: <https://github.com/rudi48/WiFiTelnetToSerialWPS>. [Accessed 10 08 2018].

- [26] GitHub, "Station Class," 28 07 2018. [Online]. Available: <https://github.com/esp8266/Arduino/blob/master/doc/esp8266wifi/station-class.rst>. [Accessed 10 08 2018].
- [27] WI-FI Alliance , "How does Wi-Fi Protected Setup work?," 2018. [Online]. Available: <https://www.wi-fi.org/knowledge-center/faq/how-does-wi-fi-protected-setup-work>. [Accessed 10 08 2018].
- [28] SigFox, 2018. [Online]. Available: <https://www.sigfox.com/en>. [Accessed 11 08 2018].
- [29] LoRA Alliance , [Online]. Available: <https://lora-alliance.org/>. [Accessed 11 08 2018].
- [30] Farnell, [En línea]. Available: <http://es.farnell.com/nxp/mpx10dp/sensor-diff-press-1-45-psi-344c/dp/1457144>.

ANEXOS

Anexos A

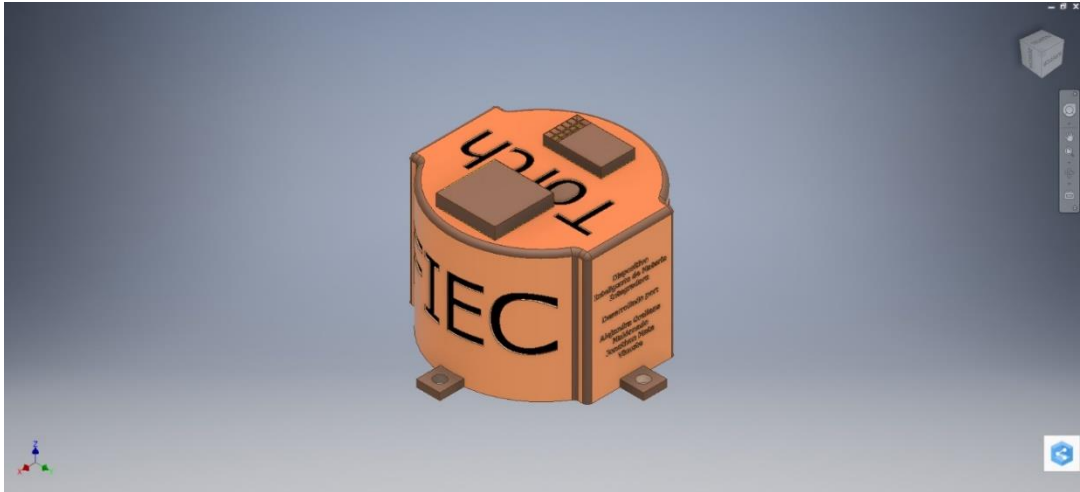
Distintas vistas de la estructura en 3D



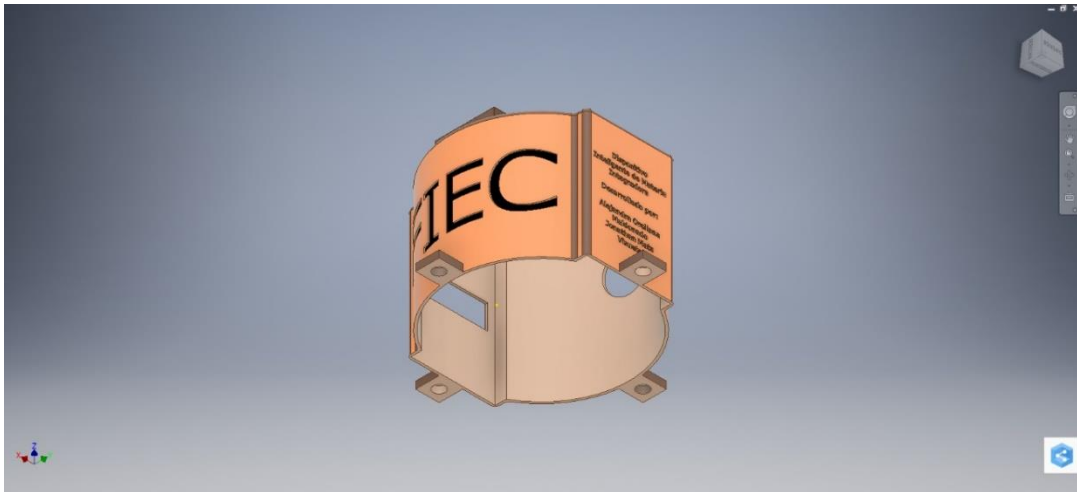
Figuras Anexos 1 Modelo 3D de la estructura completa-vista 1



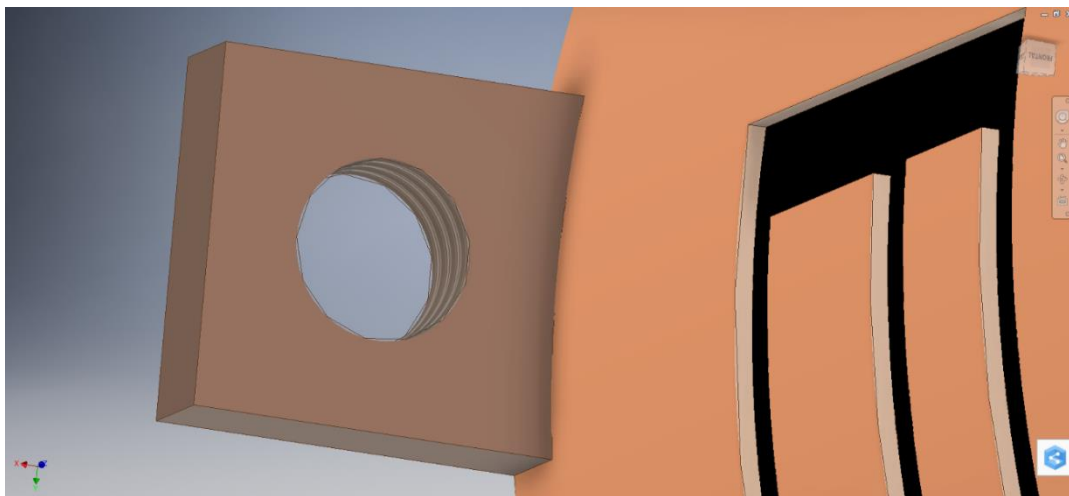
Figuras Anexos 2 Modelo 3D de la estructura completa-vista 2



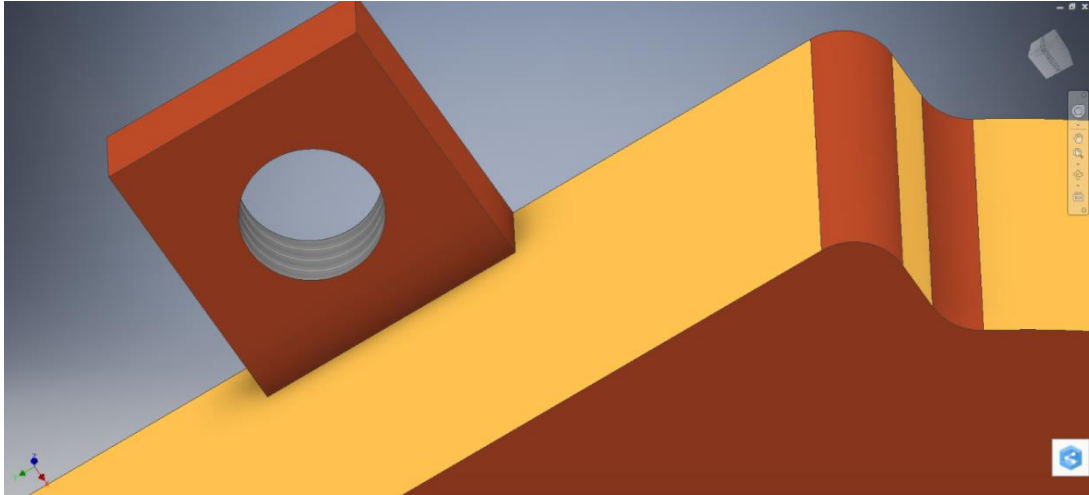
Figuras Anexos 3 Modelo 3D parte superior-vista 1



Figuras Anexos 4 Modelo 3D parte superior-vista 2



Figuras Anexos 5 Modelo 3D parte superior-vista por donde pasa el perno

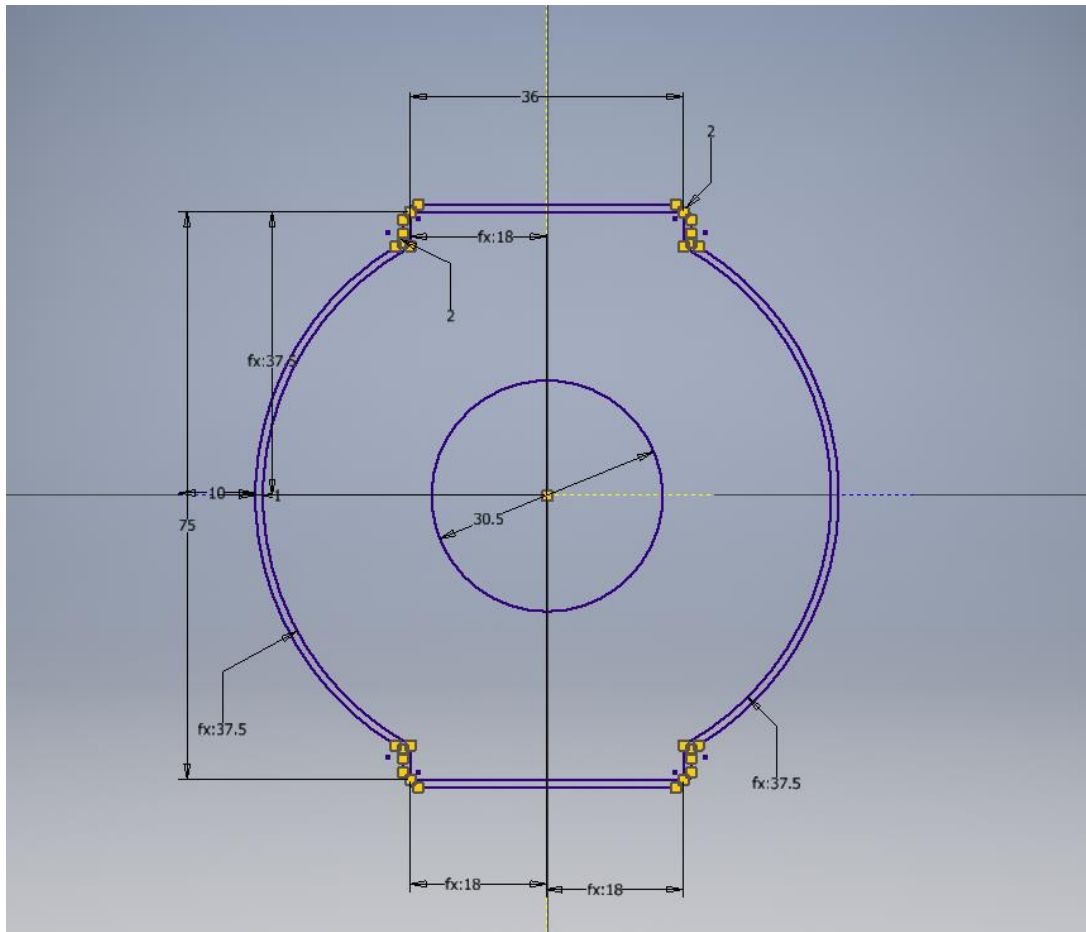


Figuras Anexos 6 Modelo 3D parte inferior-Vista por donde pasa el perno

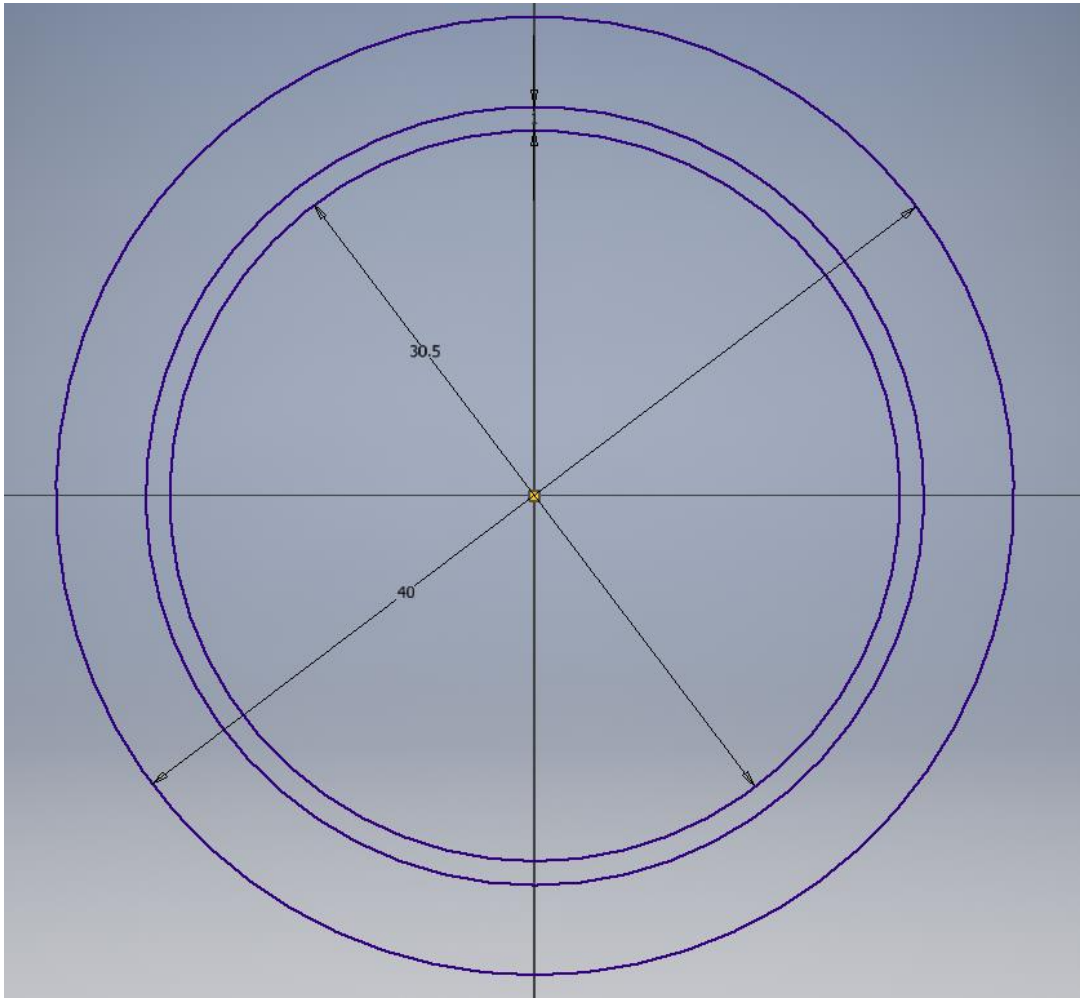
ANEXOS B

Planos para la construcción del dispositivo.

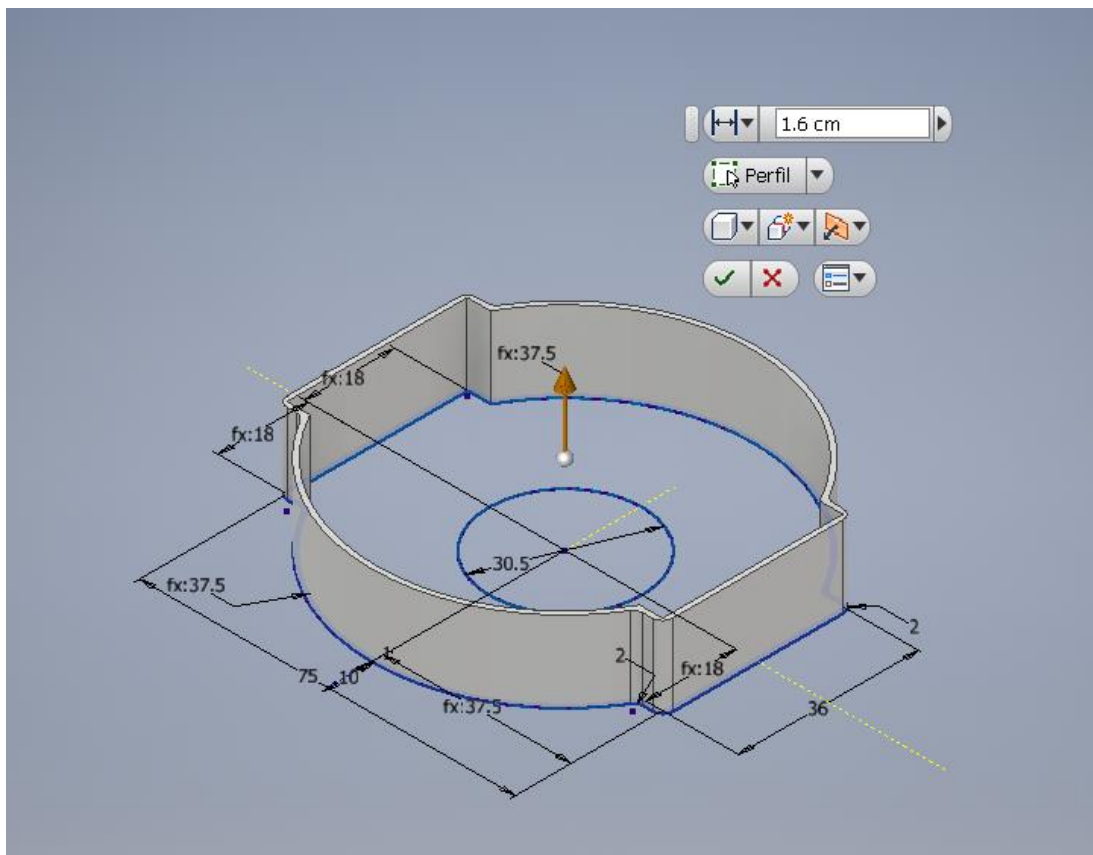
Base de la estructura (unidades en mm)



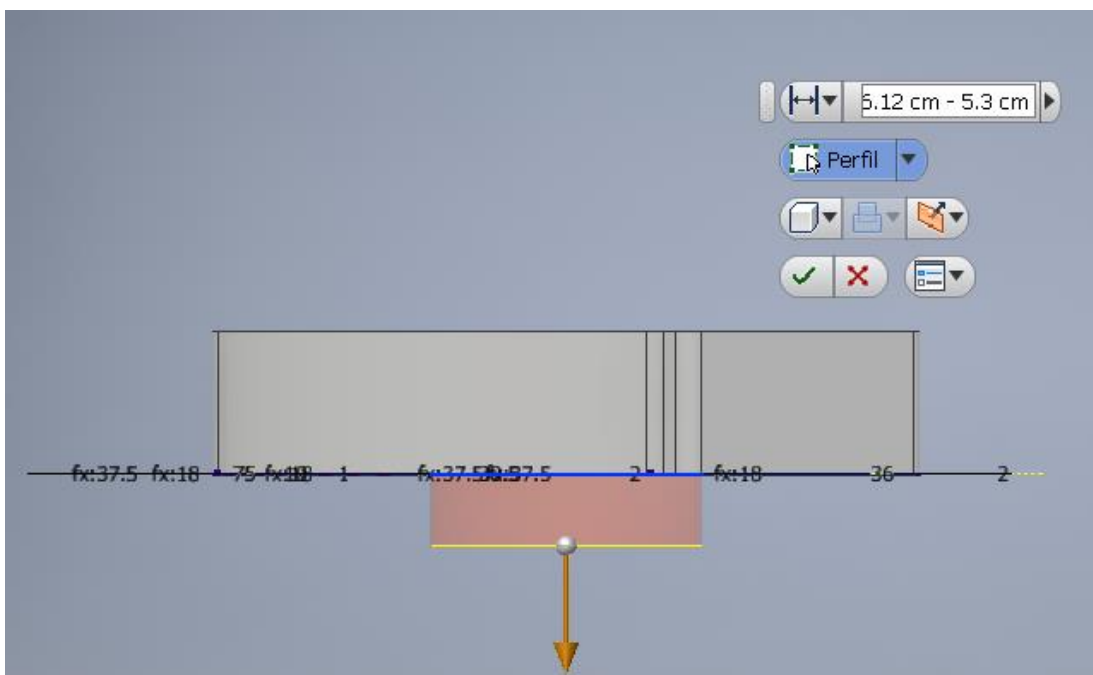
Plano 1 Medidas para la base de la estructura-lugar donde se coloca la batería



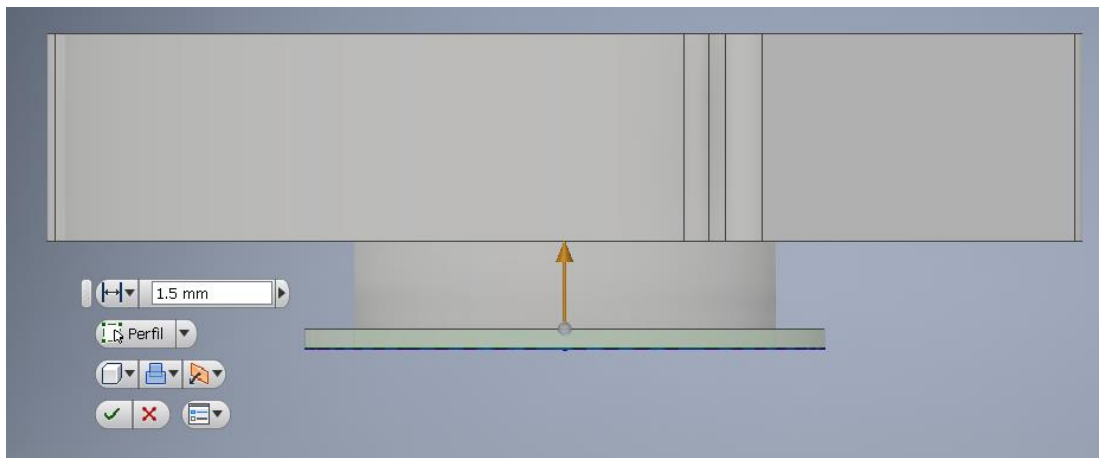
Plano 2 Medidas para obtener el cilindro que se acopla con la parte superior de la válvula de gas



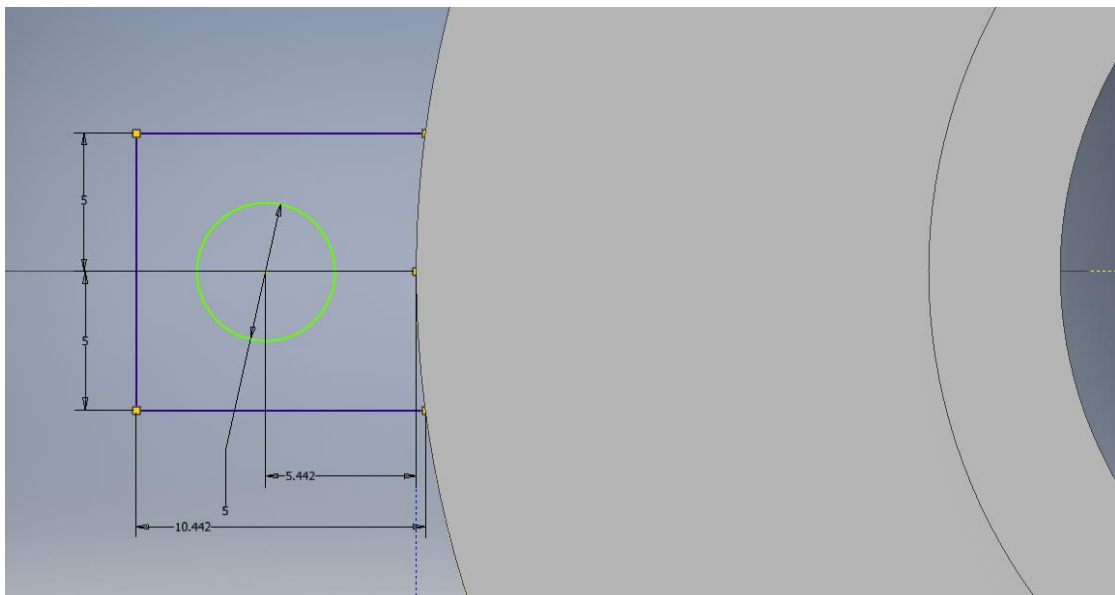
Plano 3 Altura del contorno de la base del dispositivo



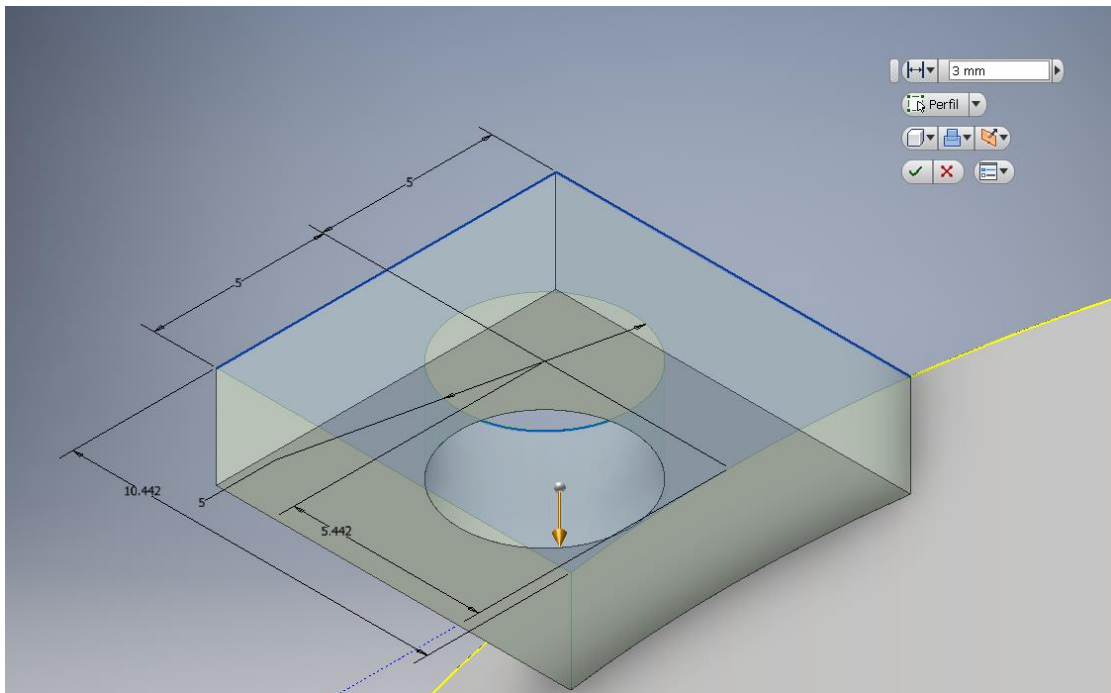
Plano 4 Distancia del cilindro de acople a la válvula de gas



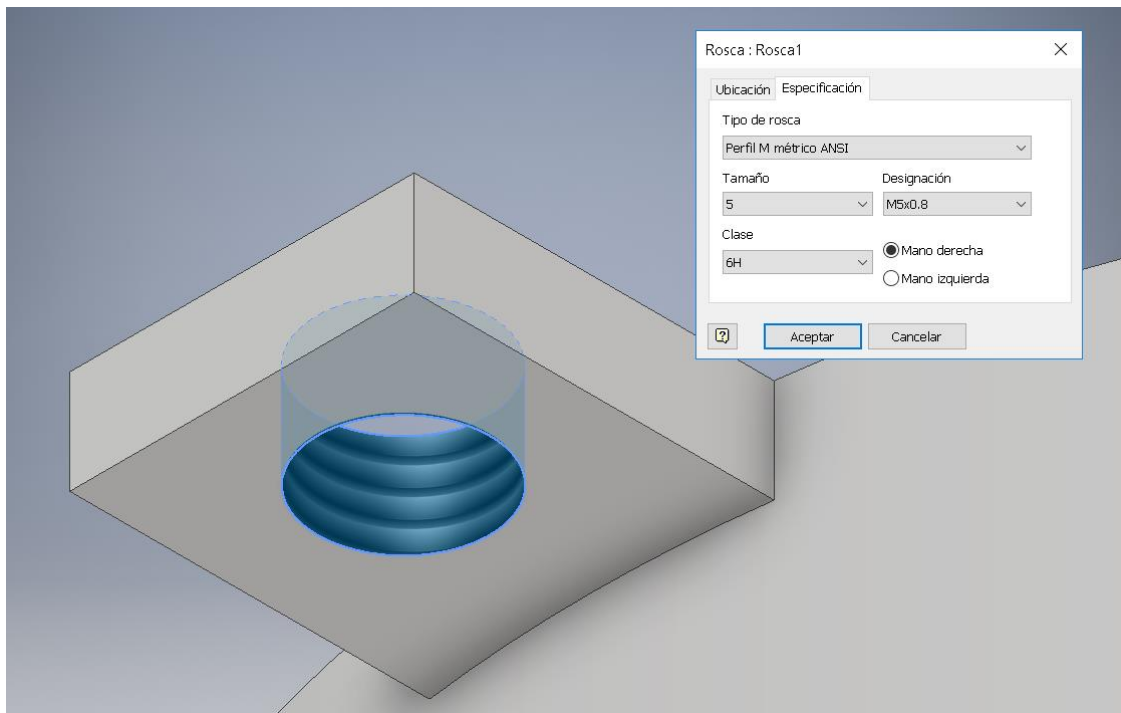
Plano 5 Grosor del contorno que hace de base en el acople



Plano 6 Dimensiones de las juntas por donde pasan los pernos

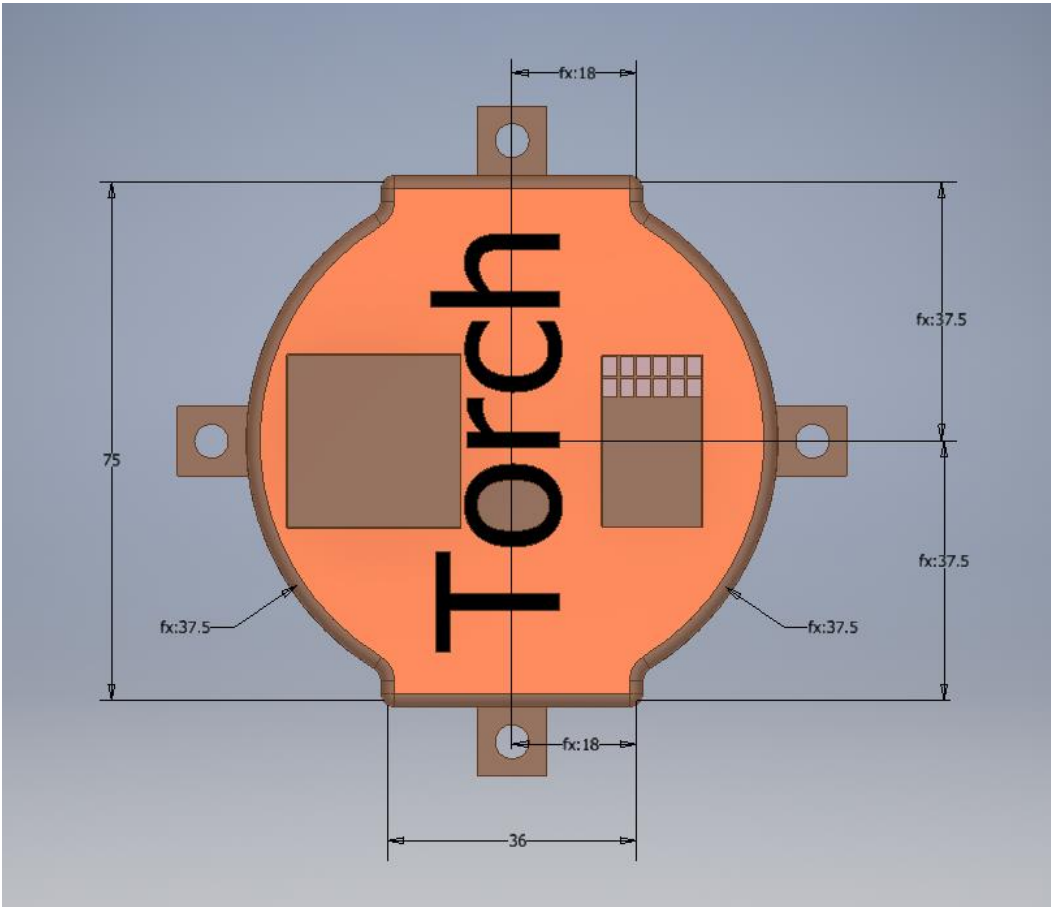


Plano 7 Grosor de las juntas por donde pasan los pernos

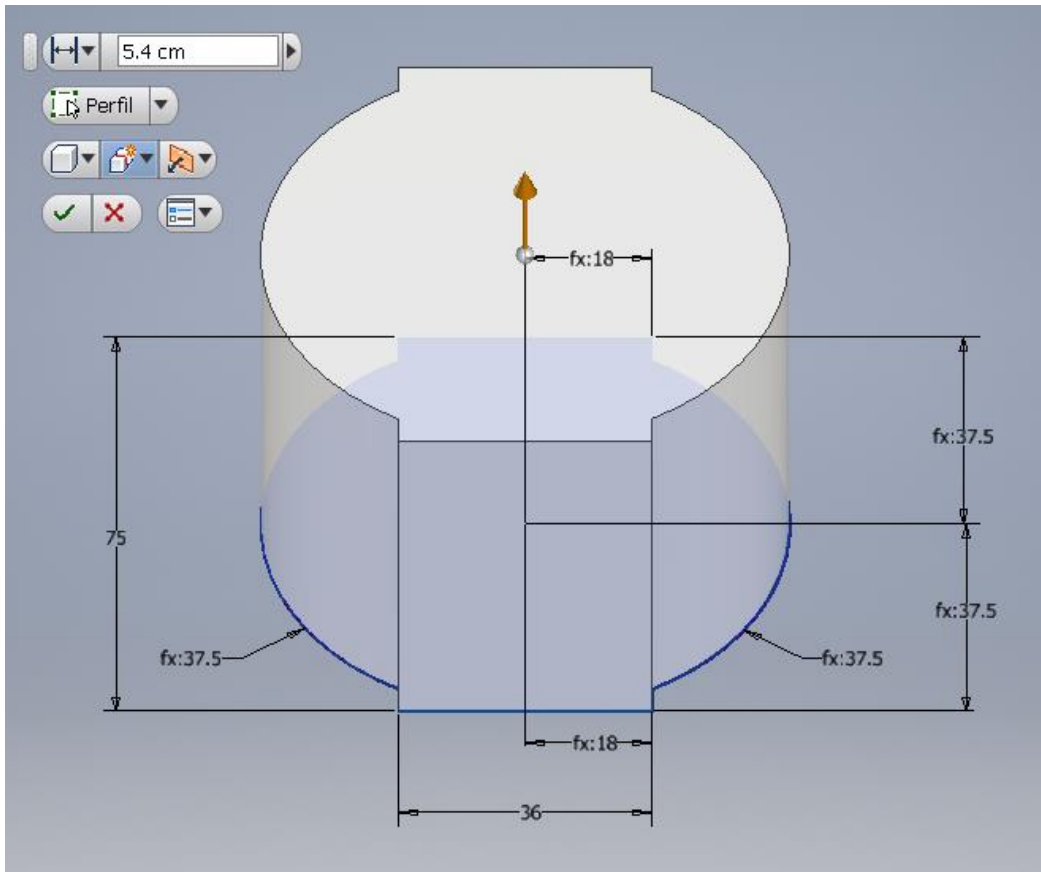


Plano 8 Dimensiones de los hilos del perno

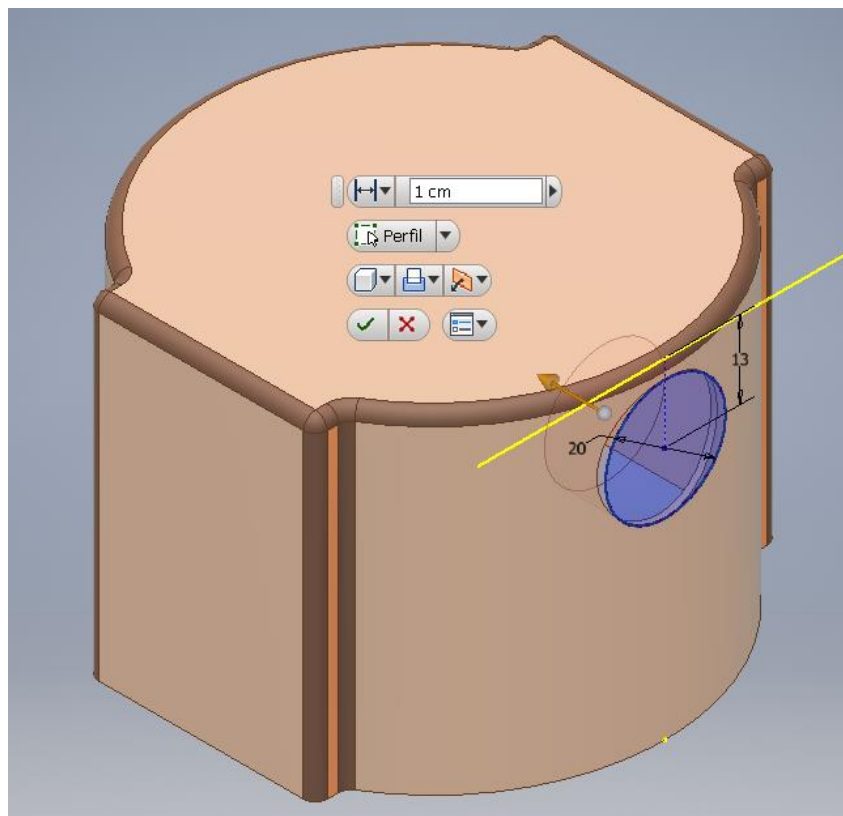
Parte superior de la estructura (unidades en mm)



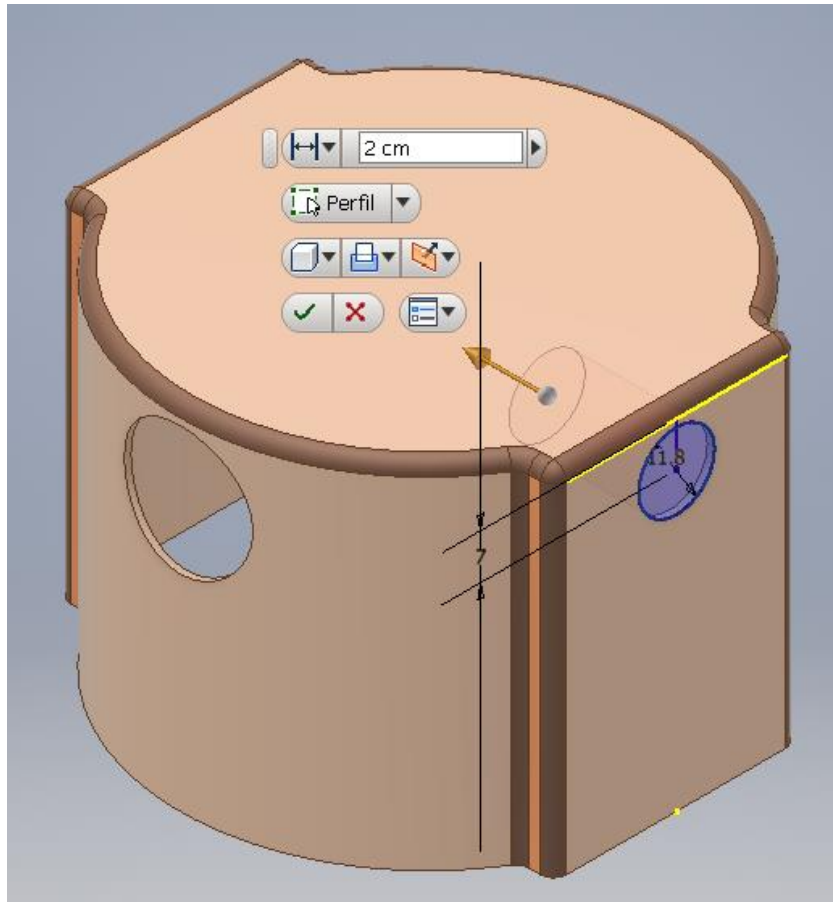
Plano 9 Medidas principales de la estructura superior



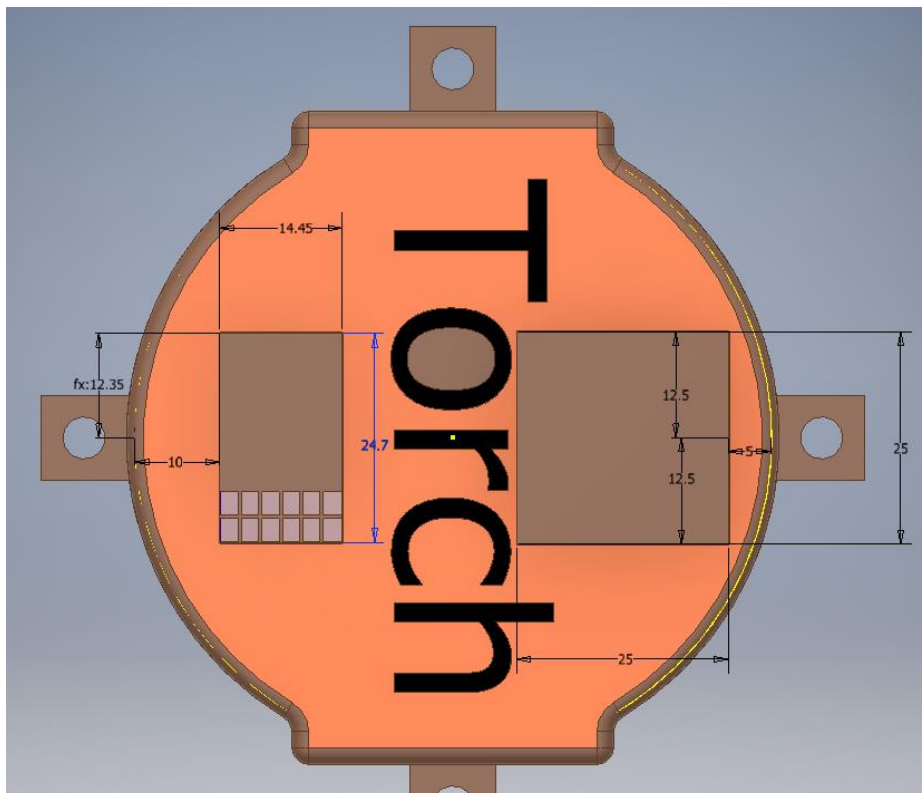
Plano 10 Altura de la parte superior



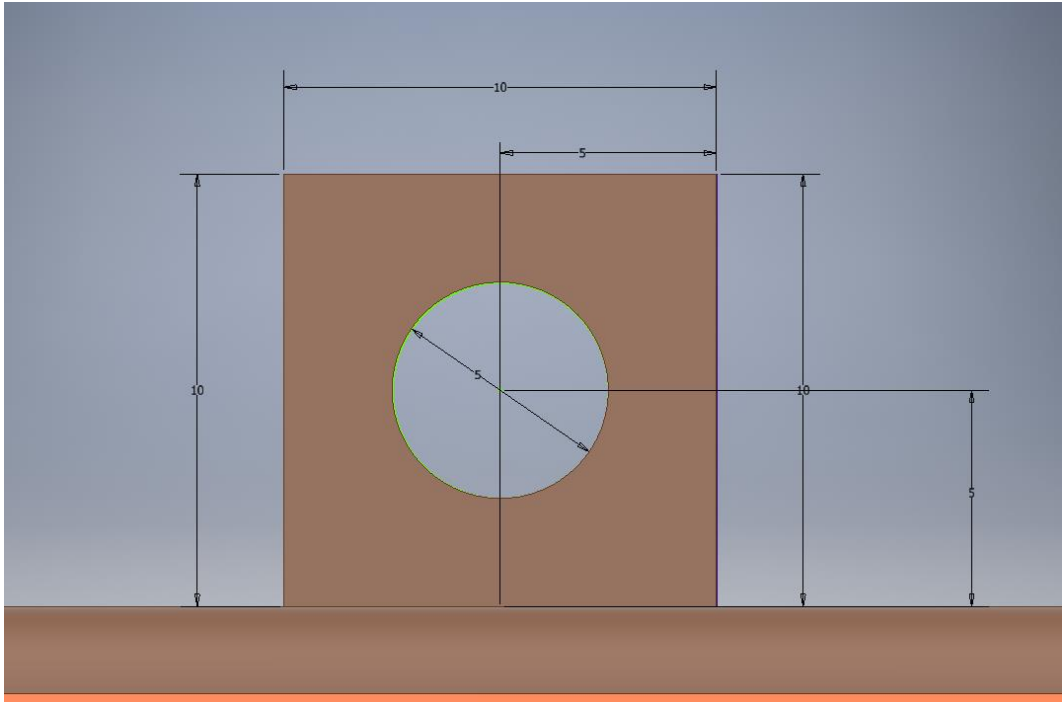
Plano 11 Orificio para el sensor de gas



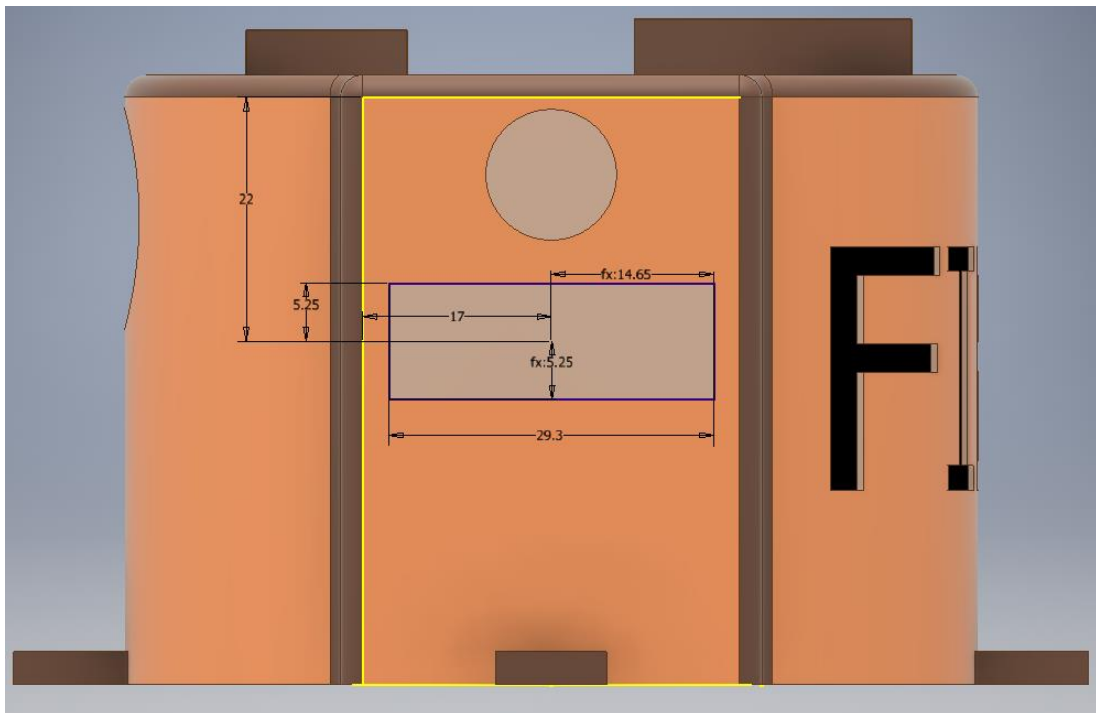
Plano 12 Orificio para el Buzzer



Plano 13 Medidas para el modulo WI-FI y antena de cerámica del GPS



Plano 14 Medidas de la junta por donde pasa el perno



Plano 15 Medidas para colocar el sensor de presión

ANEXO C

Código de simulación

```
////////librerias////////
#include <SoftwareSerial.h>
#include <TinyGPS.h>
TinyGPS gps;
SoftwareSerial pin(8, 9);
//Declaracion de variables////////
byte sensor_mq2 = 9;
byte indicador_mq2_ok = 7;
byte indicador_mq2_peligro = 8;
byte buzzer_pin = 15;
byte foco = 1;
byte int_para_glp = 5;
/////////Temporizadores para adquirir datos de los sensores
unsigned long presion_temporizador = 0;
unsigned long GPS_temporizador = 0;
unsigned long ESP2866_temporizador = 0;
////////ajustes iniciales del software////////
void setup(){
  Serial.begin(9600);
  //////////pines de interrupcion 2 y 3////////
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensor_mq2),   interrupcion_alerta_mq2   ,
  RISING);
  // attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensor_mq2), interrupcion_alerta_mq2foco,
  FALLING);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(3), interrupcion_alerta_GLP, RISING);
  //ajuste del GPS
  pin.begin(115200);
  //Serial.print("Simple          TinyGPS          library          v.          ");
  Serial.println(TinyGPS::library_version());
  Serial.println("Testing GPS...");
  Serial.println();
```

```

//////////funciones//////////
void space ()
Serial.println(" ");
}
void mq2 ( )
{
  if (digitalRead(sensor_mq2) == HIGH) // sensor activado
  {
    digitalWrite(indicador_mq2_peligro, HIGH);
    digitalWrite(buzzer_pin, HIGH);
    foco = 0;
    Serial.println("Presencia de gas GLP detectada");
    Serial.println("Peligro, porcentaje peligroso en el ambiente");
    Serial.println("Se a superado 1000 ppm en el ambiente");
    space ();
  }
  else if (digitalRead(sensor_mq2) == LOW) // sensor desactivado
  {
    digitalWrite(indicador_mq2_peligro, LOW);
    digitalWrite(buzzer_pin, LOW);
    foco = 1;
    Serial.println("Presencia de gas GLP no detectada");
    space();
  }
  if (foco == 1) {
    digitalWrite(indicador_mq2_ok, HIGH);
  } else {
    digitalWrite(indicador_mq2_ok, LOW);
  }
  mq2_temporizador = millis();
}
void modulo_GPS ()
{
  bool newData = false;

```

```

// unsigned long chars;
unsigned short sentences, failed;
// For one second we parse GPS data and report some key values
for (unsigned long start = millis(); millis() - start < 1000;)
{
  while (pin.available())
  {
    char c = pin.read();
    Serial.println(millis());
if (newData)    //If newData is true
    float flat, flon;
    unsigned long age;
    gps.f_get_position(&flat, &flon, &age);
    Serial.print("Latitude = ");
    Serial.print(flat == TinyGPS::GPS_INVALID_F_ANGLE ? 0.0 : flat, 6);
    Serial.print(" Longitude = ");
//if (chars == 0)
//Serial.println("*** No characters received from GPS: check wiring ***");
    GPS_temporizador = millis();
  }
void sensor_presion ( )
{
  int presion = map(analogRead(A0), 55, 976, 0, 100);
  Serial.print("Porcentaje de llenado:");
  Serial.print(presion);
  Serial.println("%");
  // if ( analogRead(A0) >= 976) {
  //   Serial.println("LIMITE SUPERIOR");
  //   Serial.println("El porcentaje de llenado es : 100% ");
  // } else if (analogRead(A0) <= 55) {
  //   Serial.println("LIMITE INFERIOR");
  //   Serial.println("El porcentaje de llenado es : 0% ");
  // } else {
  //   Serial.println("INTERVALO");

```

```

// int OPE=971*100;
// Serial.println(OPE);
// Serial.print("El porcentaje de llenado es : ");
// Serial.print((analogRead(A0) * 100) / 976);
// Serial.println("%");
// }
float analogo = (analogRead(A0) * 0.00488758553275);
float v = ((analogRead(A0) - 40.92) / 10);
//Serial.print("El valor analogico es: ");
//Serial.println(analogRead(A0));
//Serial.print("El voltaje es: ");
//Serial.println(analogo);
Serial.print("La presion dentro del cilindro es: ");
Serial.print(v);
Serial.println("kpa");
space();
presion_temporizador = millis();
if (presion <= 15) {
    digitalWrite(7, HIGH); //manda a ejecutar la interrupcion "interrupcion_alerta_GLP"
del pin 3
    digitalWrite(7, LOW); //manda a desactivar la interrupcion
"interrupcion_alerta_GLP" del pin 3
}
////////menu////////
void loop()
{
    while (true) {
        if (millis() - mq2_temporizador >= 10000) { ////cada 10 seg se activa
            mq2();
        }
// if (millis() - presion_temporizador >= 30000) { /////cada 30 seg se activa
//     sensor_presion();
// }
// if (millis() - GPS_temporizador >= 55000) { /////cada 55 seg se activa

```

```

// modulo_GPS ();
// }
////////simulacion de envio de datos al servidor////////
if (millis() - ESP2866_temporizador >= 60000) { //cada 1 min se activa
    space ();
    mq2();
    // sensor_presion();
    //modulo_GPS ();
    Serial.println("Datos entregados, exitosamentes...");
    ESP2866_temporizador = millis();
    space();
    space();
}
}
////////interrupciones////////
Void interrupcion_alerta_mq2 () {
    space();
    space();
    Serial.println("Enviando datos al servidor...");
    space ();
    // if (foco == 1) {
    //     digitalWrite(indicador_mq2_ok, HIGH);
    // } else {
    //     digitalWrite(indicador_mq2_ok, LOW);
    // }
    //space();
    Serial.println("Datos entregados, exitosamentes...");
    space();
    space();
}
void interrupcion_alerta_GLP () {
    space();
    space();
    Serial.println("Enviando datos al servidor...");
}

```

```
space ();  
  space();  
Serial.println("Datos entregados, exitosamentes...");  
space();  
space();  
}
```

ANEXO D

Imágenes del dispositivo final



Figuras Anexos 7 Prototipo final- vista 1



Figuras Anexos 8 Prototipo final-vista 2

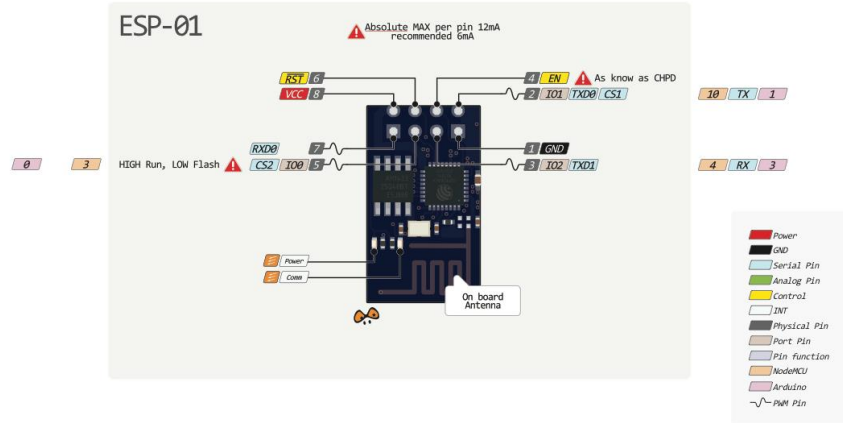


Figuras Anexos 9 Prototipo final-vista 3

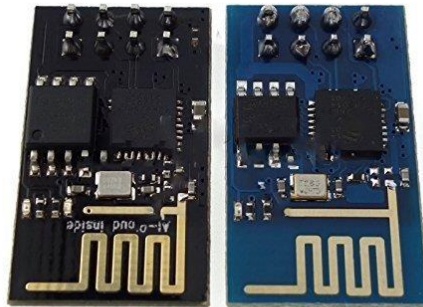
ANEXO E

ESP8266 PINOUT

⊘ All ESP8266 in/out are NOT 5V tolerant!



Figuras Anexos 10 PINOUT de módulo ESP-01



1.0MB 0.5MB

Figuras Anexos 11 Diferencia entre ESP01 Black y Blue.