



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE GRADUACIÓN**

**TRABAJO DE TITULACIÓN  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN TELEINFOMÁTICA**

**ÁREA  
TECNOLOGÍA DE LOS ORDENADORES**

**TEMA  
“PROTOTIPO DE SISTEMA DE MONITOREO DE CO<sub>2</sub>  
EN EXTERIORES POR MEDIO DE HARDWARE  
ABIERTO.”**

**AUTOR  
GANCHOZO MORENO MARVIN JOSUE**

**DIRECTOR DEL TRABAJO  
ING. SIST. PLAZA VARGAS ÁNGEL MARCELO, MSC.**

**2018  
GUAYAQUIL - ECUADOR**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

La responsabilidad del contenido de este Trabajo de Titulación me corresponde exclusivamente; y el patrimonio Intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil.

**GANCHOZO MORENO MARVIN JOSUE**

**C.C: 0925778375**

## **AGRADECIMIENTO**

El presente trabajo de tesis quiero agradecer a Dios por bendecirme y darme la oportunidad de realizar una carrera Universitaria, gracias por hacer realidad esta primera meta.

Agradezco a mi futura esposa Yomira por darme la primera sonrisa hermosa para luego convertirse en la persona que más he amado, recibiendo su apoyo para continuar mi preparación académica, Dios te bendiga siempre amor.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de tesis a mis padres: Marianita Moreno y Washington Ganchozo, por darme la vida.

A mi tía Ketty Ganchozo, Andrea Avilés y a Carol Correa quienes tuvieron paciencia para instruirme en cada momento, ofrecerme amor de familia y prepararme para el futuro.

A todos mis hermanos por ser parte de este gran desafío que lo he culminado.

## ÍNDICE GENERAL

N°	Descripción	Pág.
	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>

## CAPÍTULO I EL PROBLEMA

N°	Descripción	Pág.
1.1	Planteamiento del Problema	3
1.2	Objetivo de la Investigación	4
1.2.1	Objetivo General	4
1.2.2	Objetivos Específicos	5
1.3	Justificación	5
1.4	Alcances	8
1.5	Limitaciones	8
1.6	Proceso Previo	9
1.6.1	Sección 1 (Preguntas)	9
1.6.1.1	Preguntas	10
1.6.1.2	Teoría y Conceptos Hipotéticos	10
1.6.1.3	Revisión de la Literatura y el Pensamiento Científico	10
1.6.2	Sección 2 (Selección del Diseño Y Método)	11
1.6.2.1	Definición del Problema	11
1.6.2.2	Selección de Indicadores	11
1.6.3	Sección 3 (Data Recolección)	12
1.6.3.1	Predicción y Comparación	13
1.6.3.2	Variables observables y medibles	13
1.6.3.3	Situación específica	13

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
1.7	Operacionalización de las Variables	13

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
2.1	Antecedentes	15
2.2	Trabajos Relacionados	17
2.3	Sensores	20
2.4	Sensor de Humedad y Temperatura - Dht11	21
2.5	Características Dht11	21
2.6	Humedad Relativa	23
2.7	Transmisión Dht11	24
2.8	Sensor Mq	25
2.9	Modelo Mq 135	29
2.10	Características Mq 135	30
2.11	Hardware Abierto	35
2.12	Placas Programables de Hardware Abierto	35
2.13	Comparativa entre Arduino y Raspberry Pi	36
2.14	Partes Por Millón – PPM	38
2.15	Peso Molecular del CO <sub>2</sub> con Respecto al Aire Seco	40
2.16	Marco Legal	41
2.16.1	Constitución del Ecuador	41
2.16.2	Capítulo Segundo – Derecho del Buen Vivir	42
2.16.3	Sección Segunda – Ambiente Sano	42
2.16.4	Código Orgánico Integral Penal	42
2.16.5	Plan Nacional del Buen Vivir 2013 – 2017	43
2.16.6	Plan Nacional de la Calidad del Aire 2010	43
2.16.7	Niveles de Concentración Permisible de CO <sub>2</sub>	43
2.16.8	Niveles Peligrosos de Concentraciones de CO <sub>2</sub>	44

## CAPÍTULO III METODOLOGÍA

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
3.1	Marco Metodológico	45
3.2	Etapa 1	45
3.2.1	Evaluación de placas de hardware abierto para el monitoreo	45
3.2.2	Evaluación de los Sensores de CO <sub>2</sub> Gama MQ y su Sensibilidad	45
3.2.3	Selección de Método más Adecuado para Recopilar Los Datos Obtenidos por el Sensor	46
3.3	Etapa 2	47
3.3.1	Diseño del Prototipo de Monitoreo	47
3.3.2	Señalización Lumínica	50
3.3.3	Fuente de Poder ATX 2.03 (P4)	51
3.3.4	Balanceador de Batería Lipo	52
3.3.5	Programación del Prototipo	53
3.4	Etapa 3	54
3.4.1	Construcción del Prototipo Final	54
3.4.2	Selección de Entornos Exteriores	64
3.5	Etapa 4	55
3.5.1	Gráficas de los Datos Obtenidos por Medio del Prototipo	55
3.5.2	Diagrama del Proceso del Sistema de Monitoreo de CO <sub>2</sub>	55
3.6	Construcción del Circuito con el Microcontrolador Atmega328 Pu	56
3.6.1	Regulador de Voltaje 7805	57
3.6.2	Conexiones del Circuito	57
3.6.3	Fuentes de Voltaje	59

## **CAPÍTULO IV PROPUESTA**

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
4.1	Cronograma	62
4.2	Presupuesto	63
4.3	Conclusiones	64
4.4	Recomendaciones	65
	<b>ANEXOS</b>	<b>66</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>83</b>



## ÍNDICE TABLAS

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
1	Operacionalización de las Variables	14
2	Características del Sensor DTH11	22
3	Condiciones de Trabajo Estándar	30
4	Características de Sensibilidad	31
5	Condición del Medio Ambiente	32
6	Enumeración de las Partes y Materiales del Sensor	33
7	Comparativa entre Arduino y Raspberry Pi	37
8	Composición del Aire Seco	40
9	Tamaño del Archivo según Periodo de Tiempo	47
10	Pines utilizados del Arduino Uno	48
11	Posición de los Datos en la Pantalla Led y Coordenada X, Y	49
12	Tipo de Color Led y Rangos Permisibles	50
13	Pines Utilizados de Fuente ATX	51
14	Plan de Investigación (Propuesta)	62
15	Material Requerido para la Construcción de Prototipo	63

## ÍNDICE FIGURAS

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
1	Ranking Mundial sobre CO <sub>2</sub>	7
2	Puesto sobre % CO <sub>2</sub> en América del Sur	8
3	Emisiones de CO <sub>2</sub> en América del Sur de 1960 - 2014	9
4	Diagrama de Proceso	12
5	Red de personas hablando del cambio climático en el Ecuador	20
6	Porcentaje de personas ecuatorianas hablando del cambio climático	21
7	Prototipo EPN usando Raspberry, Xbee Pro, DTH22 y GPS	22
8	Prototipo EPN usando Arduino, MQ/7/4, SEN0219 y Shield GSM	23
9	Prototipo UAO usando FreeSoC, Shield de Ethernet Arduino y sensores MOS	24
10	Sensor DTH11 con modulo	26
11	Modulo del sensor DTH11 esquema	27
12	Familia de sensores MQ	31
13	MQ-135 sin la capa de recubrimiento	32
14	Configuración Pull up y Pull down	33
15	MQ 135 con Modulo Comparador con salida digital y salida analógica	35
16	Estructura enumerada del sensor	39
17	Circuito/Modulo MQ 135	40
18	Tipos de configuraciones para el sensor MQ 135	41
19	Hardware, Red, Data y Software abierto	42

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
20	Archivo tipo CSV	55
21	Datos registrados en Excel	56
22	Diseño general del prototipo en Fritzing	60
23	Diseño general con fuentes de voltaje	61
24	Diseño final del prototipo	64
25	Ubicación de Centro Acero y la Cdla. La Atarazana	65
26	Diagrama de Dispersión entre PPM y Temperatura	66

## ÍNDICE ANEXO

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
1	Codificación completa para la placa Arduino	67
2	Conexiones de tensiones por colores para la fuente ATX	73
3	Diagrama de Dispersión PPM y Tiempo – 1 semana – Cdla Atarazana	74
4	Diagrama de Dispersión PPM y Humedad Relativa – 1 semana – Cdla Atarazana	74
5	Diagrama de Dispersión PPM y Grados Centígrados – 1 Semana – Facultad de Ingeniería Industrial	75
6	Diagrama de Dispersión PPM y Humedad Relativa – 1 Semana – Facultad de Ingeniería Industrial	75
7	Diagrama de Dispersión PPM y Tiempo – 1 Semana – Facultad de Ingeniería Industrial	76
8	Diagrama Completo del Circuito	76
9	Circuito Ejemplo con Hardware Abierto para el Sistema de Monitoreo de Co2	77
10	Curva de Sensibilidad a Gases MQ135	78
11	Diagrama de Proceso de Estudio	78
12	Sensor DTH11 con Modulo	79
13	Hardware, Red, Data y Software Abierto	79
14	Consumo de Energía del Circuito	80
15	Consumo de Energía Prototipo	80
16	Thermo Scientific IRIS 4100 MID-IR	81
17	TELEDYNE IR7000 0-100,1000 PPM CO	81
18	Equipos Utilizados por REMMAQ	82

**AUTOR:** GANCHOZO MORENO MARVIN JOSUE  
**TEMA:** PROTOTIPO DE SISTEMA DE MONITOREO DE CO<sub>2</sub>  
EN EXTERIORES POR MEDIO DE HARDWARE  
ABIERTO.  
**DIRECTOR:** ING. SIST. PLAZA VARGAS ÁNGEL MARCELO, MSC.

## RESUMEN

El proyecto trata de la construcción de un prototipo tecnológico capaz de medir las concentraciones del gas de Dióxido de Carbono o CO<sub>2</sub> en el ambiente. El dispositivo registrará los datos obtenidos de los sensores MQ-135 y Dht11 en la memoria interna del dispositivo. Se utilizará tecnología de software y hardware libre, permitiendo construir equipos de bajo costo. El dióxido de carbono no es un gas tóxico para el ser humano, sin embargo, las altas concentraciones de este gas pueden llegar a ser perjudiciales o peligrosas para la salud. El exceso del dióxido de carbono en el ambiente contribuye con el problema mundial del Calentamiento Global, por lo tanto, es importante que las instituciones reguladoras tengan las herramientas e información necesaria para la toma de decisiones a favor del ambiente ecológico y la salud humana.

El objetivo principal de este trabajo de investigación es poner a prueba el prototipo en un entorno real. Se escogió zonas estratégicas como el área industrial o urbanizaciones, para obtener datos de las concentraciones de CO<sub>2</sub> y pruebas del dispositivo, adicionalmente el prototipo mostrará una señal de luz para demostrar la calidad del aire en el ambiente según los estándares de aceptación por la OMS (Organización Mundial de la Salud), ASHRAE (La Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado) y Plan Nacional de la calidad del aire Ecuador.

**PALABRAS CLAVE:** Sistema de Monitoreo, Hardware Abierto, Sensor Mq-135, Concentraciones de CO<sub>2</sub>.

Ganchozo Moreno Marvin Josue  
C.C 0925778375

Ing. Sist. Plaza Vargas Ángel, MSC.  
**Director de trabajo**

**AUTHOR:** GANCHOZO MORENO MARVIN JOSUE  
**SUBJECT:** PROTOTYPE OF CO<sub>2</sub> MONITORING SYSTEM FOR  
EXTERIORS USING OPEN HARDWARE.  
**DIRECTOR:** SYS. E. PLAZA VARGAS ÁNGEL MARCELO, MSC.

### **ABSTRACT**

The project involves the construction of a technological prototype capable of measuring carbon dioxide gas concentrations or CO<sub>2</sub> in the environment. The device will record the data obtained from the MQ-135 and Dht11 sensors in the internal memory of the device. Free software and hardware technology will be used, allowing the construction of low cost equipment. Carbon dioxide is not a toxic gas for humans; however, high concentrations of this gas can be harmful or dangerous for health. The excess of carbon dioxide in the environment contributes to the world problem of Global Warming; therefore, it is important that regulatory institutions have the necessary tools and information to make decisions in favor of the ecological environment and human health.

The main objective of this work is to test the prototype in a real environment. The prototype was tested in strategic areas such as the industrial area or urbanizations, in order to obtain CO<sub>2</sub> concentrations and tests data of the device, in addition the prototype will show a light signal to demonstrate the quality of the air in the environment according to the acceptance standards by WHO (World Health Organization), ASHRAE (The American Society of Heating Engineers, Refrigeration and Air Conditioning) and National Air Ecuadorian Quality Plan.

**KEY WORDS:** Monitoring System, Open Hardware, Mq-135 Sensor, CO<sub>2</sub> Concentrations.

Ganchozo Moreno Marvin Josue  
I.D. 0925778375

Sys. E. Plaza Vargas Ángel, MSC.  
**Director of Work.**

## INTRODUCCIÓN

Los cambios en el clima atmosférico es una de las mayores amenazas que enfrenta la humanidad en el siglo XXI, se puede asegurar que el clima atmosférico es un hecho predecible y que el tiempo climático no, esto confirma que los seres humanos generan la mayor parte del problema, con la quema de combustibles fósiles e hidrocarburos, las bases científicas en la Antártida y Groenlandia refirman que las emanaciones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), incrementan cada año y esto causa el cambio climático, resultando un efecto invernadero donde el planeta tierra se calienta cada vez más, afectando a todos sin distinción: Economía, Seres Vivos y el Medio Ambiente.

El dióxido de carbono representa una parte vital de la vida en la tierra, muchos organismos dependen de ella, se produce de manera natural por medio de volcanes, seres vivos, aguas termales y varios tipos de emisiones que la naturaleza proporciona, sin embargo, también se genera por medio de los combustibles fósiles y esto provoca un exceso del gas, resultando en daños al medio ambiente y para la salud de cualquier ser vivo.

El deber de los profesionales en carreras tecnológicas es ofrecer recursos que ayuden a la recopilación y compresión del comportamiento de los gases invernadero como el CO<sub>2</sub> y el análisis del impacto que está causando en la vida a nivel global.

Una de las alternativas de esta propuesta es usar tecnología abierta y de bajo costo para recopilar datos sobre uno de los gases principales del efecto invernadero (Dióxido de Carbono – CO<sub>2</sub>), para la utilización dentro

de la ciudad de Guayaquil. El monitoreo de las emanaciones ayudará a los diferentes investigadores científicos y público general, tomen comprensión del grave daño que causa las emanaciones de gases invernadero y con esto tomar medidas preventivas con el fin de salvaguardar el planeta.



## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMÁTICA**

#### **1.1 Planteamiento del Problema**

En Ecuador existe un amplio campo sin abastecer sobre recolección y monitoreo de datos CO<sub>2</sub> o Dióxido de Carbono, este método tecnológico de recopilación podrá ser útil para las investigaciones, trabajos de tesis, artículos científicos y toda actividad académica que requiera datos para solventar su estudio científico, los métodos tradicionales de recolección de datos por medio de la observación y registro manual, no permiten que el investigador se centre en cuestionar y especular todas las variables que afecten a su trabajo de investigación.

Por lo cual resulta necesario demostrar por medio de prototipos de hardware abierto de bajo costo la implementación en entornos reales, debido al hecho que muchos de los equipos capaces de realizar la actividad de recolección de datos tienen un precio excesivamente alto en el mercado, incluso su software de gestión requiere una instrucción adicional como lo son los equipos de la marca ThermoFisher y Teledyne, esto hace que las personas encargadas de obtener información para su estudio necesiten grandes cantidades de dinero o busquen métodos tradicionales de recopilación de datos.

La Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito (REMMAQ), utiliza equipos de monitoreo de la calidad del aire, y se constató que apenas cuenta con 9 estaciones ubicadas en las zonas: Carapungo, Cotacollao, Jipijapa, Belisario, El Camal, Guamaní, Tumbaco y Los Chillos, estos equipos son de marca Norte Americana (ThermoFisher

Scientific), lo cual implica una mayor inversión para el monitoreo de los contaminantes atmosféricos, ver Anexo 16, 17 y 18.

El Municipio de Guayaquil desde el 2003, cuenta con 1 estación móvil de monitoreo atmosférico para los gases de Monóxido de Carbono CO, Dióxido de Azufre SO<sub>2</sub> y Óxido de Nitrógeno NOX (para Monóxido de Nitrógeno NO y Dióxido de Nitrógeno NO<sub>2</sub>), lo cual es necesario contar con más de una estación de monitoreo de la calidad del aire en la provincia del Guayas.

La propuesta de este proyecto permitirá generar prototipos de monitoreo de CO<sub>2</sub> para exteriores, esto dará un paso hacia los futuros nuevos instrumentos, capaces de registrar la actividad de emanaciones de gases invernadero. Al conocer la problemática es necesario evaluar las interrogantes que se generan sobre los prototipos de monitoreo de CO<sub>2</sub>, lo cual llegará a esbozar las siguientes incertidumbres:

- ¿Los prototipos de monitoreo de CO<sub>2</sub> son igual de sensibles o los equipos más costosos en el mercado?
- ¿Qué tan posible sería crear equipos de hardware abierto para solucionar la problemática?
- ¿Los prototipos creados en el trabajo actual podrían dar paso a equipos más sofisticados para el sistema de monitoreo de CO<sub>2</sub>?

## **1.2 Objetivo de la Investigación**

### **1.2.1 Objetivo General**

Contribuir con el monitoreo del nivel de CO<sub>2</sub> en exteriores usando tecnología de hardware abierto para la provincia del Guayas. Permitiendo recolectar datos sobre los gases nocivos en el ambiente y su impacto en zonas como: Fabricas Industriales, Zonas Urbanizadas y Centros de Conglomeración de Personas en la ciudad de Guayaquil.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Evaluar placas programables y sensores de hardware abierto para el sistema de monitoreo.
- Desarrollar el diseño del sistema de monitoreo.
- Construcción del prototipo del sistema de monitoreo.
- Evaluar el prototipo del sistema de monitoreo en entornos reales.

### **1.3 Justificación**

En el Plan Nacional de la Calidad del Aire según los objetivos, definen las acciones, metas, indicadores sobre la base de la situación de análisis y evaluación de necesidades. Considerando la situación local o nacional, manteniendo las concentraciones promedio anuales de contaminantes del aire, bajo los estándares permisibles (Zambrano, 2013).

Se pretende que las universidades públicas enfoquen parte de sus investigaciones en contribuir con información relevante para la toma de decisiones, permitiendo que el Gobierno tenga una base para la gestión del recurso del aire en el Ecuador.

Por tanto, en la Universidad de Guayaquil se pretende incentivar las investigaciones en el campo de la contaminación ambiental y las afectaciones relacionadas en su estudio como: problemas de recolección de información, uso de equipos y sistemas de monitoreo más económicos. Logrando crear prototipos capaces de guardar información para el análisis académico posterior, ver Anexo 16 y 17.

Es importante contribuir con prototipos que permitan recolectar datos sobre el Dióxido de Carbono - CO<sub>2</sub>, tanto de las Industrias Pesadas, Empresas Comerciales y Comunidades Urbanas, esta recolección de información proveerá datos que los científicos o personas dedicadas a la investigación generen resultados concluyentes de cómo afecta la salud

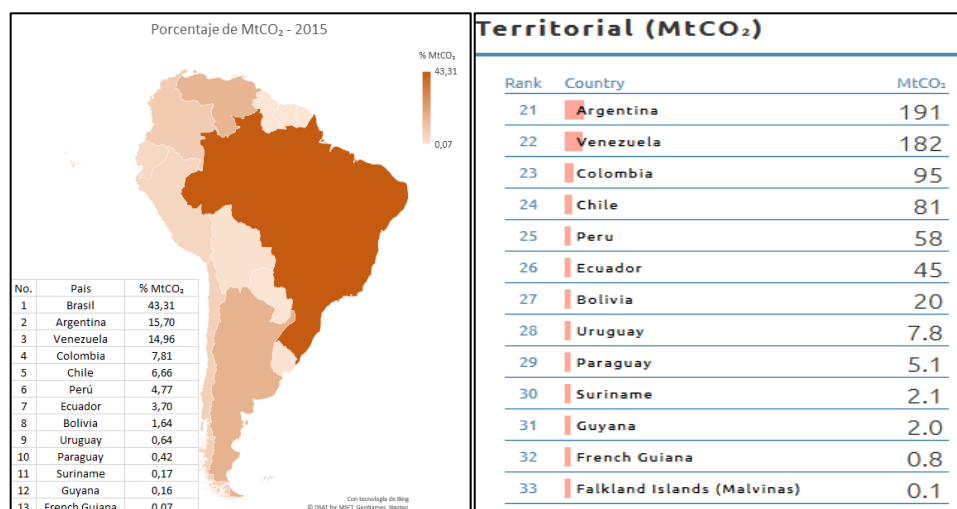
humana y mundial sobre las emanaciones de gases nocivos.

En Ecuador existen profundas falencias sobre la gestión de calidad del aire según estudios en el 2007 por SENPLADES (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo), esto ocurre porque que existen pocas investigaciones dedicadas a la calidad del aire, resultando que los organismos de control no cuenten con las herramientas necesarias para realizar los análisis que permitan una adecuada gestión ambiental.

El Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE) creo un plan nacional de calidad del aire PNCA, funcionando como un marco regulatorio, control, coordinación y seguimiento de los actores involucrados en la gestión de la calidad del aire, sumando esfuerzos con la creación de herramientas y sistemas de monitoreo sobre la calidad del aire.

Ecuador a nivel mundial se encuentra en el puesto 26 y séptimo a nivel regional, muy por debajo de los países vecinos como Colombia y Perú, sin embargo, esta información no indica que el Ecuador sea el país que genere menos toneladas métricas de dióxido de carbono en América del Sur, ver Figura 1.

**FIGURA N°1**  
**PUESTO SOBRE % CO<sub>2</sub> EN AMÉRICA DEL SUR**

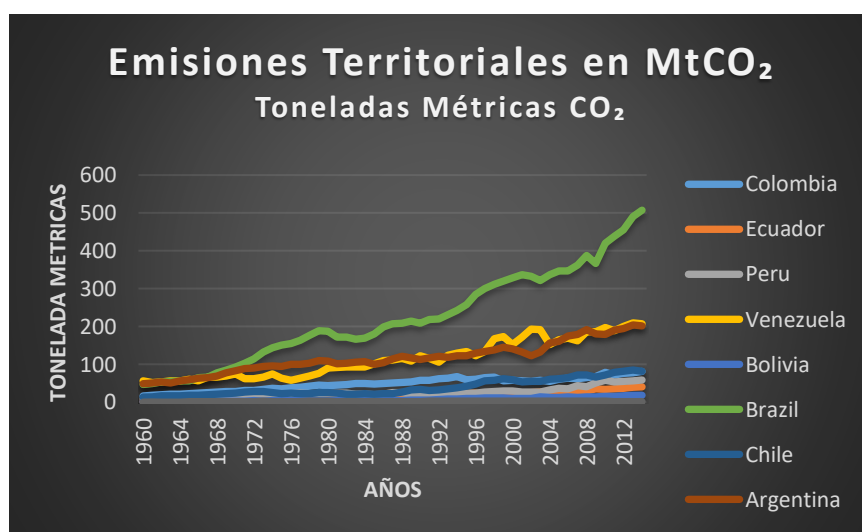


Fuente: Global Carbón Atlas

Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

En el transcurso de los años 60 hasta el 2014 se puede observar el incremento sustancial de las emisiones de gases invernadero como el CO<sub>2</sub> en los países de latino américa, esto reafirma que la generación de este gas no ha parado de incrementarse desde entonces, por lo tanto, es necesario crear equipos capaces de medir y monitorear de manera local, ver Figura 2.

**FIGURA N°2**  
**EMISIONES DE CO<sub>2</sub> EN AMÉRICA DEL SUR DE 1960 - 2014**



Fuente: Global Carbón Atlas.  
Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

Los prototipos creados en el estudio, permitirá demostrar que se puede construir equipos y sistemas de monitoreo con sensores de bajo costo, es prescindible utilizar Hardware Abierto de manera que ofrezcan oportunidades de crear equipos más económicos e igual de eficientes que otros ya existentes en el mercado.

El progreso de este estudio posibilitará a la comunidad académica:

- Ofrecer métodos para la creación de equipos de monitoreo de dióxido de carbono.
- Conocer sobre qué tipo hardware abierto es más favorable para el estudio.

- Principios básicos sobre el entendimiento de los PPM.
- Fórmulas que deben considerarse para el estudio de recolección de datos.
- Considerar las variables que afecten al diseño y objeto de estudio.
- Aplicar conocimientos adquiridos durante la carrera de Ingeniería en Teleinformática.
- Proveer prototipos, diseños de sistemas de monitoreo y recolección de datos por medio de sensores de Dióxido de Carbono.

#### **1.4 Alcances**

Se propone estudiar como los equipos de hardware abierto pueden realizar funciones de monitoreo ambiental. Se realizará recolección de información de dos sitios que son: Urbanización la Atarazana y en la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil.

Conocer los diferentes dispositivos Hardware Abierto-idóneos para realizar el monitoreo del dióxido de carbono. El proyecto realizará un diseño de un prototipo para monitorear el CO<sub>2</sub>. Se planteó monitorear lugares cercanos a fábricas y zonas de estudios como la Facultad Ingeniería Industrial para presentar información graficada de los datos obtenidos, ver Anexo 4, 5, 6 y 7.

#### **1.5 Limitaciones**

Una de las limitaciones más comunes en la creación de prototipos es el costo, por lo tanto, se buscará la manera de construirlos con poca inversión. En la creación de un prototipo, constituye una herramienta con características funcionales, es decir para realizar solo las actividades puntuales por la que fue creada, ver Tabla 15.

Realizar la captura y monitoreo de datos en ciertas áreas, requerirán

permisos, por lo tanto, imposibilitaría las evaluaciones y pruebas necesarias del prototipo en entornos reales, consecuentemente se retrasaría el desarrollo del proyecto.

Los cambios imprevistos como errores de construcción y elaboración del prototipo retrasarían la finalización del proyecto, dentro del tiempo estimado de 4 meses. El tiempo es uno de los factores más limitantes dentro del diseño y la construcción. Los prototipos deben ser creados en el menor tiempo posible y con esto obtener una versión del equipo acorde a su función, esto imposibilita cuidar los detalles, por lo cual es necesario un periodo más prolongado en la fabricación.

Algunas tecnologías de hardware abierto limitan la funcionalidad del prototipo, donde debe considerarse que algunas placas de desarrollo programables como Arduino y Raspberry Pi tienen cierta dificultad al momento de trabajar en condiciones reales, pero a favor de su simplicidad se pueden construir modelos de equipos con mejores características, recalcando que este trabajo solo llegará hasta el prototipo y no en un producto final.

## **1.6 Proceso Previo**

Se busca en esta etapa de la investigación; establecer, definir las variables exactas y el tipo de medición que afecten la fiabilidad del prototipo, esto ayudará a mejorar las características que se definan como fortaleza en el proceso de construcción, se puede observar en el Anexo 11, tres grandes secciones las cuales son:

### **1.6.1 Sección 1 (Preguntas)**

En esta sección se buscará formular todas las preguntas relacionadas a las incertidumbres sobre el problema, teorías, conceptos y

la revisión de la literatura científica con respecto temas relacionados al proyecto.

#### **1.6.1.1 Preguntas**

En esta primera fase se contemplan todas incertidumbres sobre el objeto de estudio, logrando con esto formular las preguntas de investigación, buscando que las interrogantes den guías y respuestas para la realización del proyecto.

#### **1.6.1.2 Teoría y conceptos hipotéticos**

La teoría hipotética o deductiva es el método por el cual se organiza de manera lógica el saber científico. Se constituye en puntualizar concretamente el concepto de teoría hipotética, es decir presentar una verdad axiomática y dada la problemática se aplica el método científico basado en la observación y experimentación. La teoría hipotética responderá lo que se requiere de la interpretación empírica, de lo cual hace posible la comprobación. Los conceptos hipotéticos solo se estructuran cuando se establece en primera estancia la teoría hipotética, que posterior se rectificará o se comprobará la verdad gracias a la experimentación y conclusiones.

#### **1.6.1.3 Revisión de la Literatura y el Pensamiento Científico**

La revisión de la literatura es uno de los primeros pasos antes de empezar a estructurar un proyecto al cual se piensa investigar, radica en examinar cuidadosamente la literatura que existe en el área de estudio, por lo cual el investigador tratará de adquirir el mismo nivel de conocimiento que los demás investigadores. La revisión se realizará en todas las partes del proceso investigativo, siendo de importancia el diseño, la construcción del prototipo para la recolección de datos, el plan de trabajo, la muestra y la escritura científica del trabajo.



Se logrará clarificar la problemática, mejorar la metodología que se investiga, aplicar los conocimientos en el área de estudio y el contexto de las conclusiones y descubrimientos.

## **1.6.2 Sección 2 (Selección del Diseño y método)**

En esta segunda sección se definirá y puntualizará información que permita estructurar los métodos para la realización del diseño del sistema de monitoreo de CO<sub>2</sub>.

### **1.6.2.1 Definición del Problema**

Definir el problema de estudio es la base que empuja el desarrollo científico hacia los métodos de investigación y el plan experimental, que puede ser desde un experimento verdadero hasta un estudio de caso. Lograr definir el problema requiere ser claro, preciso, sin ambigüedad y describiendo el fenómeno que se piensa monitorear.

Es parte de las primeras declaraciones que se realizan en un estudio o proyecto científico, definiendo el área de investigación y una pequeña redacción sobre el cómo llegaron a la conjetura del trabajo. Esto permitirá dar la propuesta de una teoría posible. El suceso del éxito o el fracaso del problema a estudiar dependerá de la calidad de la problemática de investigación, siendo muy común que esto marque la diferencia en el trabajo final.

### **1.6.2.2 Selección de indicadores**

Un indicador es una herramienta que sirve como justamente se comprende la palabra para “indicar”. Esto se refiere a demostrar algo con indicios. Los indicadores son variables que pretende medir de forma cuantitativa o cualitativa los hechos generales o particulares y con esto

poder apoyar los sucesos de estudio. Un buen indicador se refleja en los atributos como: la confiabilidad, disponibilidad, sensibilidad especificidad y alcance, ver Tabla 1.

1. **Confiabilidad:** Los datos obtenidos para la construcción de la variable deben ser fiable, es decir deben tener una fuente satisfactoria para el estudio.
2. **Disponibilidad:** Los datos que se piensa obtener deben ser de fácil acceso sin restricción de algún tipo.
3. **Sensibilidad:** Debe ser capaz que el indicador pueda identificar las diferentes situaciones donde la variable debe representar información, independientemente del ambiente.
4. **Especificidad:** Un indicador debe medir lo que se desea caso contrario sería limitado y no permitiría evaluar la situación del objeto de estudio de imparcial.
5. **Alcance del Indicador:** Debe reducir el mayor número factores o condiciones que afectarían lo que desea describir por dicho indicador.
6. **Creación del estudio:** Indica que el estudio del arte permitió que el investigador comience elaborar el proyecto con los conocimientos obtenidos por medio de la revisión de la literatura científica.

### 1.6.3 Sección 3 (Data Recolección)

La información obtenida en el proceso del trabajo permitirá

establecer las bases del estudio, junto a las ideas formalizadas, situaciones, las observaciones y planes para el desarrollo del proyecto.

#### **1.6.3.1 Predicción y Comparación**

Las ideas formuladas, busca que las conjeturas obtenidas por parte del estudio indiquen una acción resultante con base a la evidencia observadas y cuantificadas. Las comparaciones pueden estar ligadas al estudio actual con respecto a otros estudios en el mismo ámbito, sin embargo, también se puede hacer comparaciones con métodos, herramientas, diseños, eficacia, equipos y otras características pertenecientes al análisis, ver Figura 5, 6 y 7.

#### **1.6.3.2 Variables observables y medibles**

Se recopila toda la información sobre los indicadores pre establecidos para el estudio, es esencial utilizar indicadores sobre la calidad del aire y los datos que han sido obtenidos a partir ellos como son los rangos de concentración permisibles para el CO<sub>2</sub>, ver Tabla 1.

#### **1.6.3.3 Situación específica**

Luego de haber realizado la búsqueda de literatura de acuerdo con el estudio de este proyecto, se definirá las situaciones que pretenden ser relevantes para el trabajo planteado al inicio, esto se refiere sobre todo el trabajo completo y como sus partes dará forma al trabajo final, se puede considerar el modelo IMRyD como base para cualquier modelo científico.

### **1.7 Operacionalización de las Variables**

En el siguiente cuadro se detalla la unidad de medida, las variables, las escalas de acuerdo con la variable, y una breve descripción.

**TABLA N°1**  
**OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES**

Variables	Unidad de Medida	Escala	Descripción
Temperatura	°C	0°C a 50°C	Primer indicador, mide la temperatura del ambiente en grados centígrados bajo sombra y lejos de objetos que retengan calor.
Humedad	% RH	20 %RH a 80% RH	Segundo Indicador medido en porcentaje donde se registrará la Humedad Relativa
CO2	PPM	0 a 2499 - bajo 2500 a 29999 – medio bajo 30000 a 49999 – medio alto Mayor a 50000 - alto	El dióxido de carbono será registrado en partes por millón o PPM, este será el indicador principal, se considera el estándar de la Sociedad Americana de la salud (ASHRAE) para los niveles permisibles en entornos ocupados.

Fuente: [https://www.engineeringtoolbox.com/co2-comfort-level-d\\_1024.html](https://www.engineeringtoolbox.com/co2-comfort-level-d_1024.html)

Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes**

En nuestro país los problemas relacionados con los gases nocivos que contaminan el aire es un hecho muy común en las grandes ciudades, como lo son Quito, Cuenca y Guayaquil, esto se evidencia con concentraciones altas cercana a las zonas industriales, áreas céntricas de las ciudades, lugares con grandes flujos vehiculares e incluso ciertos lugares próximos a las urbanizaciones.

Las agrupaciones de domicilios consumen grandes recursos como la energía eléctrica para satisfacer las necesidades de las personas, por esta razón se necesita tanto los combustibles, agua potable y energía eléctrica para mantener las actividades cotidianas como la movilización vehicular, producción, servicios públicos generales, sectores agrícolas y comerciales, entre otros.

En el Ecuador la contaminación del aire es causado principalmente por el flujo vehicular, que es uno de los mayores responsables en la emanación de gases nocivos en el ambiente, creadores de enfermedades respiratorias en la salud humana, lo que lleva a crear soluciones y medidas de control de la calidad del aire.

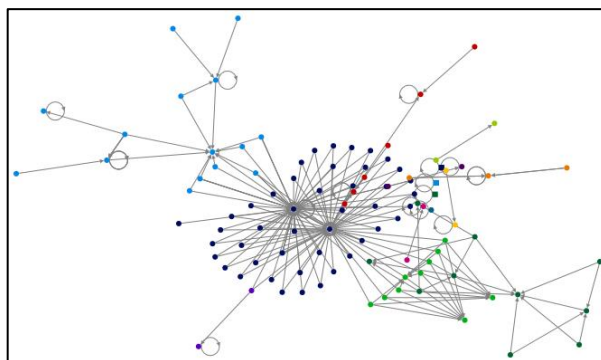
Los problemas asociados a la contaminación del aire se deben sobre todo al uso de hidrocarburos que son una parte de la composición orgánica del petróleo y a los combustibles fósiles que son un sub producto que ocurre de la destilación del petróleo, carbón y gas natural, causando un daño en el medio ambiente.

Las plantas termoeléctricas usan combustibles y sub productos del petróleo como base de su actividad, incluso la minería no metálica es causante de la generación de contaminantes en el aire.

Según Global Carbón Atlas dentro de los países de américa del sur representamos solo el 8% de todas las emisiones de la región por encima de Perú con apenas el 4% desde los años de 1960 hasta 2014, aunque Ecuador no sea uno de los principales países en latino américa causantes de las mayores contribuciones de gases nocivos al ambiente, es importante tomar medidas regulatorias y preventivas tanto para el país, sus habitantes y el planeta, con el propósito de asegurar estas medidas, se necesita tener datos y herramientas de bajo costo que permitan conocer el estado actual de la calidad del aire y tomar acciones que permitan un cambio favorable al medio ambiente.

El cambio climático es un problema mundial, cada vez toma una mayor importancia y preocupación, pues las emisiones de ciertos gases nocivos llevados al ambiente causan un efecto invernadero, lo cual resulta que el planeta incremente su temperatura durante cada año, es posible constatar que las personas toman mayor preocupación sobre el problema que está causando el cambio climático.

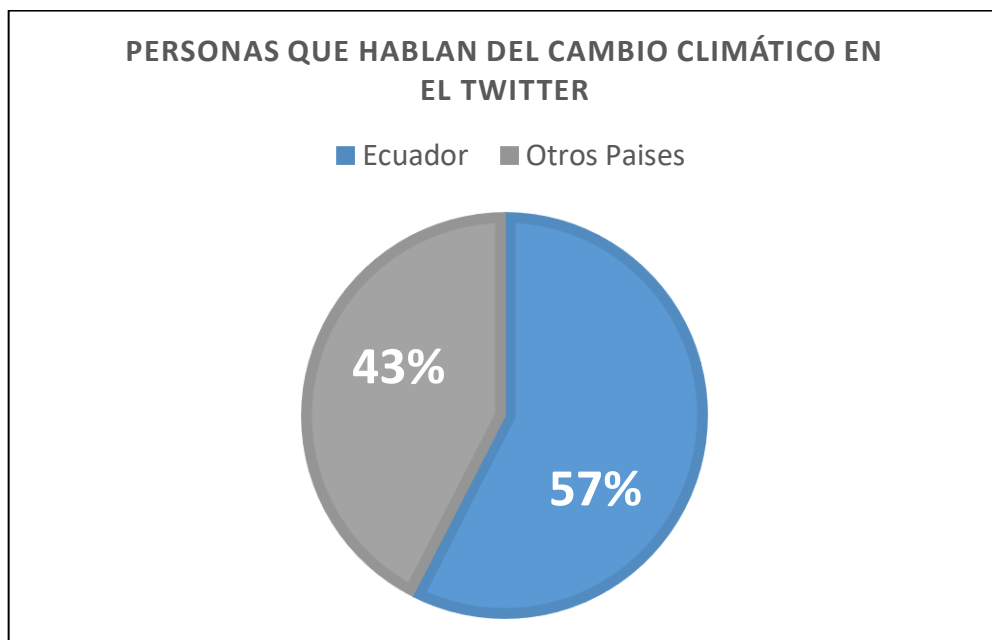
**FIGURA N°1**  
**RED DE PERSONAS HABLANDO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL**  
**ECUADOR - TWITTER**



Fuente: Herramienta NodeXL sobre Twitter  
Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

Una búsqueda rápida en el flujo de comentarios de una muestra de 200 personas en la red social de Twitter menciona el cambio climático en el Ecuador. Se puede distinguir que más del 50% de personas, son ecuatorianos hablando del problema y el resto son personas de otros países mencionando a Ecuador contra el cambio climático, ver Figura 3 y 4.

**FIGURA N°2**  
**PORCENTAJE DE PERSONAS ECUATORIANAS HABLANDO DEL**  
**CAMBIO CLIMÁTICO**



Fuente: Herramienta NodeXL sobre Twitter  
Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

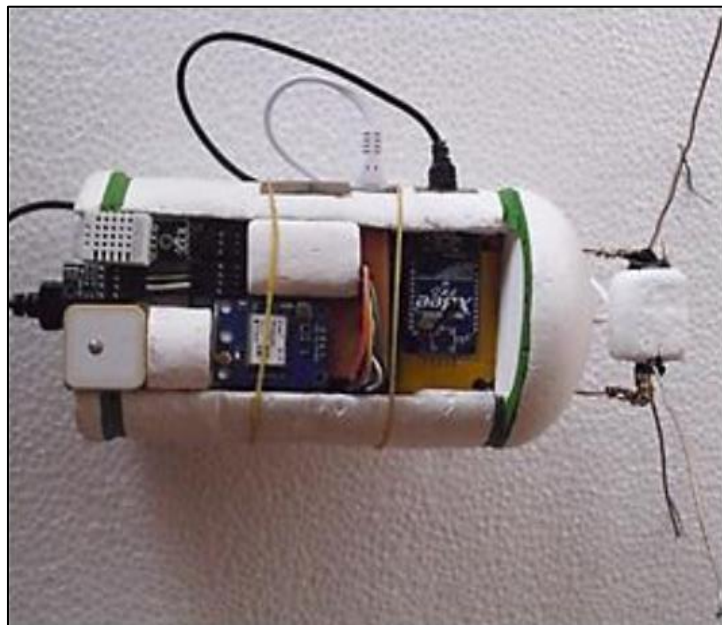
## 2.2 Trabajos Relacionados

La Escuela Politécnica Nacional ha realizado diversos estudios sobre sistemas de monitoreo de calidad del aire con hardware abierto, en el 2016 crearon un sistema de prototipo de gases contaminantes bajo software y hardware libre, detectando CO, O<sub>3</sub> y NO<sub>2</sub>, donde realizaron comparativas entre plataformas de programación y hardware abierto, para luego crear un sistema de envíos de datos capturados en tiempo real por medio de geolocalización y transmisión inalámbrica hacia un servidor remoto (Acero & Christian, 2016).

La EPN en el 2017 realizaron la Implementación de un sistema aéreo de medición con almacenamiento de datos meteorológicos y georreferenciados para zonas reducidas utilizando drones junto a placas de hardware abierto como la Raspberry pi recolectando datos con sensores de humedad y temperatura (Suárez, Llugsí, & Lupera, 2017).

Se realizaron la implementación de prototipos utilizando placas Arduino, shields GSM, tarjetas de comunicación de XBEE PRO, sensores de; humedad - temperatura DTH22 y shield GPS, que permiten monitorear diversos gases como: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y metano (CH<sub>4</sub>) en un ambiente reducido y en zonas residenciales. Además, con el propósito de evitar que las personas respiren estos gases tóxicos, el prototipo era capaz enviar alertas cuando existía niveles altos de concentración de alguno de los gases, tomando en consideración las normas internacionalmente establecidas, además usaban como medio de alerta la utilización de mensajes de textos donde se informaba que tipo de peligro se exponían las personas (Ortega, 2017).

**FIGURA N°3**  
**PROTOTIPO EPN USANDO RASPBERRY, XBEE PRO, DTH22 Y GPS**

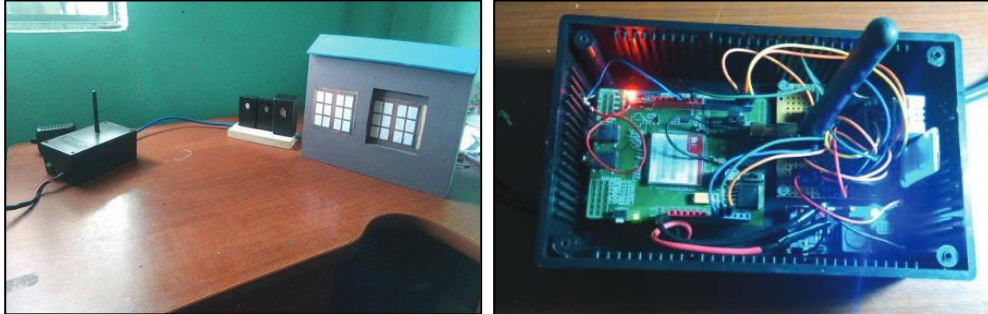


Fuente: Revista politécnica EPN.

Elaborado por: Suárez Alexander, Llugsí Ricardo y Lupera Pablo.



**FIGURA N°6**  
**PROTOTIPO EPN USANDO ARDUINO, MQ/7/4, SEN0219 Y SHIELD**  
**GSM**



Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17554/1/CD-8061.pdf>  
 Elaborado por: Ortega Segura Diego Raúl.

La revista de ingeniería eléctrica ECOFAN publicó un artículo sobre el desarrollo de un sistema de medición multipunto de etileno, dióxido de carbono y oxígeno, donde se desarrollaba un sistema capaz de monitorear en tiempo real los contenedores frigoríficos con el fin de monitorear el dióxido de carbono, etileno y oxígeno ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  y  $\text{C}_2\text{H}_4$ ).

Utilizando la placa de hardware abierto Arduino y que luego por medio de un host gratuito, generaron una base de datos para su almacenamiento, haciendo uso de los sensores PCE - 7755 para el dióxido de carbono, medidor Gasman para el oxígeno, DRAGER PAC 7000 para el etileno y uno capaz de medir los tres gases diferentes el F-950 (Lopez & Gutierrez, 2017).

Se puede tomar en consideración el trabajo realizado 2014 por la universidad Autónoma de Occidente de Colombia con el diseño e implementación de un sistema embebido y prototipo funcional de una estación transportable para el monitoreo de gases ambientales, donde se creó un prototipo para monitorear los gases llevados al ambiente utilizando hardware abierto como solución y el uso de la placa programable FreeSoC, registrando datos sobre los gases de monóxido de carbono, ozono, compuestos orgánicos volátiles, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre para luego ser almacenadas en una memoria SD y a un repositorio de

almacenamiento a través del puerto ethernet (Mejia & Latorre, 2014).

**FIGURA N°7**  
**PROTOTIPO UAO USANDO FREESOC, SHIELD DE ETHERNET**  
**ARDUINO Y SENSORES MOS**



Fuente: <https://red.uao.edu.co/bitstream/10614/6877/1/T05014.pdf>  
Elaborado por: Pablo Mejía y Manuel Latorre

## **2.3 Sensores**

Es un dispositivo electrónico capaz de detectar estímulos externos logrando procesarlos como datos digitales, es decir que estos dispositivos toman las magnitudes químicas y físicas, convirtiéndolo en pulsos eléctricos (Definicion.de, 2017).

Existen diversos sensores como los radares de velocidad para las autopistas que utilizan un rayo de luz capaz de detectar los cambios en las velocidades de los automóviles, mostrando la medición de la velocidad en una pantalla led junto a una alarma sonora cuando se supera la velocidad configurada, es frecuentemente utilizado por los agentes de tránsito.

Otros sensores muy utilizados son los que detectan los movimientos o presencia, utilizando ondas infrarrojas, emisión de algún tipo de microonda o sonido y generando algún tipo de alarma cuando existe cambios en el ambiente, es normalmente utilizado en oficinas y viviendas,

sus usos llegan a ser diversos, una de las marcas más comunes son los sensores PIR de movimiento.

Un termómetro podría considerarse un tipo de sensor que aprovecha las cualidades del mercurio frente a un estímulo calórico y de esta manera poder cuantificar la temperatura de un cuerpo o ambiente, combinado con un dispositivo electrónico puede tener diversos usos.

Un sensor es todo artefacto que permite adquirir información del ambiente u entorno, así como los humanos pueden detectar una serie de estímulos de acuerdo con el órgano sensorial que realiza dicha tarea, el ser humano por medio de la ciencia puede reproducir este proceso utilizando la tecnología.

## **2.4 Sensor de Humedad y Temperatura - Dht11**

El módulo y sensor DTH11 permite medir la temperatura en grados Centígrados o Fahrenheit, también mide la humedad relativa del ambiente ver Figura Anexo 12, el sensor tiene una resolución de 1°C con un rango de operación entre 0°C hasta 50°C para la temperatura, y para la humedad está en 1% de resolución, con rango de operación entre el 20% a 90% de humedad relativa (Dea, 2014).

Es un módulo con un sensor compuesto, contiene una señal calibrada, con salida digital de temperatura y humedad, ver Figura 8. Este tipo de sensor con modulo utiliza tecnología de excelente confiabilidad y garantiza una larga vida útil, tiene una detección resistiva de componentes tanto para humedad y de temperatura (NTC), conectados junto a un microcontrolador de alto rendimiento de 8 bits (Asair).

## **2.5 Características Dht11**

En la siguiente tabla se puede observar las características

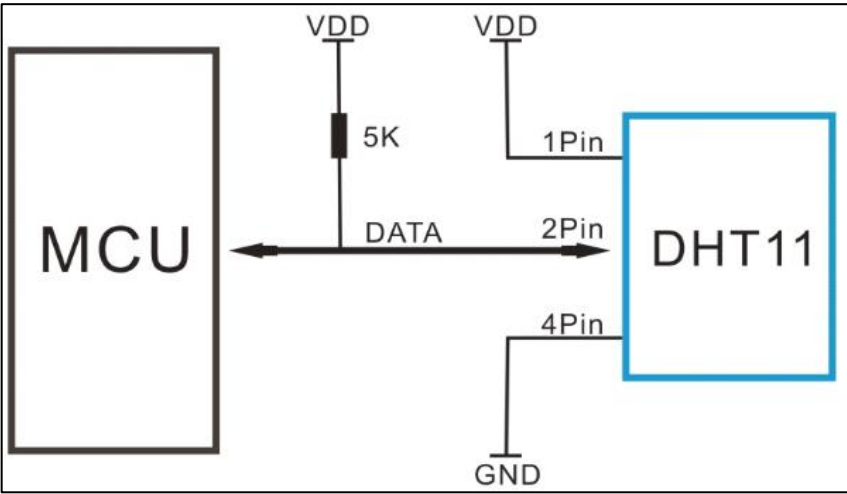
específicas del sensor que será utilizado en la construcción y diseño del sistema de monitoreo del CO<sub>2</sub>, ver Tabla 2.

**TABLA N°2**  
**CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR DHT11**

Alimentación	$3Vdc \leq Vcc \leq 5Vdc$
Señal de salida	Digital
Rango de medida / temperatura	De 0 a 50 °C
Precisión de temperatura	$\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$
Resolución de temperatura	0.1°C
Rango de medida / humedad	De 20% a 90% RH
Precisión de humedad	4% RH
Resolución de humedad	1%RH
Tiempo de respuesta	2s
Tamaño	12 x 15.5 x 5.5mm
PIN 1	Vcc
PIN 2	DATA
PIN 3	NC
PIN 4	GND

Fuente: <http://www.omniblog.com/sensor-temperatura-humedad-DHT11-DHT22.html>  
Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

**FIGURA N°8**  
**MODULO DEL SENSOR DHT11 ESQUEMA**



Fuente: <http://www.hackshed.co.uk/building-a-temperaturehumidity-arduino-bot-that-tweets-updates>  
Elaborado por: Steve Hackshed.

Estos tipos de sensores son calibrados en los laboratorios previo al uso final, demostrando tener una increíble precisión. Los datos que permiten mantener calibrado el sensor se guardan en una memoria OTP (Programable una sola vez), que es empleado para el proceso interno de la señal del sensor.

La transmisión de información de este sensor se ejecuta por medio de una serie de instrucciones sobre un hilo o también llamado protocolo (1-wire) donde un bus maestro y algunos esclavos transmiten información sobre una sola línea de comunicación, permitiendo que los proyecto donde se lo utilice no requiera conexiones complejas.

El diseño de este sensor permite una sencilla utilización y adaptación a cualquier hardware abierto, adicionalmente hace que la integración de este dispositivo en los proyectos sea rápida, presenta un tamaño reducido, un bajo consumo de energía y la capacidad de transmitir la señal hasta 20 metros de distancia por medio de cable.

## 2.6 Humedad Relativa

La humedad relativa (RH) es un número porcentual que compara la densidad de vapor de agua que tiene el aire dividido para la densidad de vapor agua en máxima saturación que podría llegar a tener justo a la temperatura medida.

$$\% RH \text{ Humedad Relativa} = \frac{\left( \frac{(g/kg)}{m^3} \text{ vapor aire seco} \right)}{\left( \frac{(g/kg)}{m^3} \text{ vapor aire seco saturado} \right)} \times 100$$

Otra definición sobre la humedad relativa es el vapor de agua que contiene el aire durante un momento determinado a la temperatura que se encuentra, consecuentemente es inferior como para saturar el aire. (Olmo & Nave, 2017).

## 2.7 Transmisión Dht11

El sensor entre sus características describe que tiene una salida digital, sin embargo, no debe confundirse entre analógico y digital, dentro del mismo sensor se realiza la conversión entre analógico y digital por medio de un proceso, es decir recibe datos del analógicos de exterior y son convertidos a señales digitales.

Partiendo de la señal análoga, será enviado a un microcontrolador donde se ejecutará los pasos programados grabados en la memoria del circuito. La trama total o el paquete de información contiene 40 bits de los cuales 32 bits corresponde a los datos recibidos de la temperatura y humedad, los 8 bits restantes son de paridad, es decir para manifestar que los datos no son erróneos.

0011 0101 0000 0000 0001 1000 0000 0000 0100 1101  
 alta humedad 8 + Baja Humedad 8 + alta temperatura 8 + baja  
 temperatura

8 bits alta humedad + 8 bits alta temperatura = 8 bits de paridad

Se compone de la siguiente manera:

**0011 0101 0000 0000** 0001 1000 0000 0000 0100 1101

Los primeros 8 bits **0011 0101** corresponde a la parte entera de alta humedad, el segundo grupo de 8 bits **0000 0000** corresponde a la parte decimal de la baja humedad

0011 0101 0000 0000 **0001 1000 0000 0000** 0100 1101

El tercer grupo de 8 bits **0001 1000** correspondiente a la parte entera de alta temperatura, el cuarto grupo de 8 bits **0000 0000** corresponde a la

parte decimal de la baja temperatura.

0011 0101 0000 0000 0001 1000 0000 0000 **0100 1101**

Finalmente, los últimos 8 bits restantes son para cerciorarse que los datos no son corruptos, logrando demostrar que los datos son correctos, haciendo la sumatoria entre el primer grupo de 8 bits con el tercer grupo de 8 bits, esta sumatoria debería tener un resultado similar a los 8 últimos bits de paridad.

**0011 0101 + 0000 0000 + 0001 1000 + 0000 0000**

**0011 0101 + 0001 1000 = 0100 1101**

0011 0101 0000 0000 0001 1000 0000 0000 **0100 1101**

Humedad : 0011 0101 = 35H = 53%RH

Temperatura : 0001 1000 = 18H = 24°C

## 2.8 Sensor Mq

La familia de sensores MQ son componentes electrónicos sensibles a diferentes gases y químicos en el aire (ver Figura 9), junto a placas programables de entrenamiento, podemos realizar lecturas autónomas con un sistema sencillo (Llamas, 2016).

Para este tipo de sensores existen diferentes modelos, diseñados para la detención de ciertos gases específicos, estos sensores son capaces de medir más de un químico o sustancia a la cual son expuestos, como algunos gases volátiles, esto es de gran utilidad para constatar la calidad del aire en el ambiente y con esto generar una diversidad de proyectos, resultando ser de gran utilidad para sistemas de monitoreo.

Algunos sensores MQ no cuentan con algún circuito que mida los datos analógicos obtenidos del ambiente, pero podemos encontrar algunos con una placa o circuito que contiene un comparador MC662 o semejante

junto a un circuito con integrados capaces de obtener lecturas y enviarlas a través de un pin digital o analógico, también contiene un potenciómetro que permite detectar con mayor o menor sensibilidad los gases en el ambiente con un ajuste manual.

**FIGURA N°9**  
**FAMILIA DE SENSORES MQ**



Fuente: [http://img.dxcn.com/productimages/sku\\_435775\\_1.jpg](http://img.dxcn.com/productimages/sku_435775_1.jpg)  
Elaborado por: DX dealextreme.

Los sensores MQ como cualquier otro sensor de gas deben ser calibrados antes de poder tener una lectura precisa, sin embargo, no existe una garantía que puedan ser parte de una un sistema complejo de detección de gases, pero el mayor uso en proyectos académicos y científicos ha permitido buscar maneras de asegurar su efectividad.

Estos sensores son electro químico, cambian su resistencia y voltaje al estar expuestos a ciertos químicos o sustancias en el aire. Posee un elemento interno que se calienta, ver Figura 10; al momento de estar expuesto a ciertos gases varia su temperatura lo cual nos permite obtener una lectura variada de su resistividad y tensión, dependiendo del modelo que se compre puede trabajar desde 2 V a 5 V (Mechatronics, s.f.).



**FIGURA N°10**  
**MQ-135 SIN LA CAPA DE RECUBRIMIENTO**



Fuente: <http://davigeroni.blogspot.com/2017/05/mq-gas-sensor-correlation-unction.html#.WIVIGzdG3IU>  
 Elaborado por: David Garoni.

Para obtener los datos desde el sensor se mide la caída de voltaje del dispositivo, luego el método que se utiliza es mediante un conversor analógico a digital (ADC) integrado en el controlador atmega328p y posee una resolución de 10 bits, la tensión medida en el sensor será convertida en un numero entre 0 a 1023, ver Figura 12.

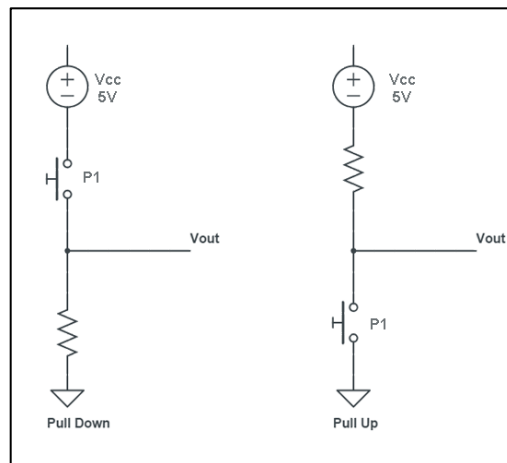
El ADC no proporciona valores absolutos sino una comparación entre un valor de referencia, es decir mide la tensión del sensor identificado como la lectura y multiplicado entre el valor máximo de tensión 5V con la máxima medida del conversor que es 1023, (Crespo, 2016). Para luego utilizar métodos de regresión y las curvas de los gases medidos, estas curvas se encuentran en el datasheet del fabricante, ver Anexo 10.

$$volts = \frac{5v}{1023} \times lectura$$

El sensor con modulo contiene resistencias Pull Up y Pull Down, ver Figura 11; son resistencias normales, sin embargo, su configuración o

disposición en un circuito determinan su estado lógico HIGH o LOW, los beneficios de esta configuración es controlar los datos falsos generados por los ruidos en los equipos electrónicos, esto asegura que el sensor tenga un protección contra el ruido que pudiera dar datos erróneos (Del Valle, s.f.).

**FIGURA N°11**  
**CONFIGURACIÓN PULL UP Y PULL DOWN**



Fuente: <https://programarfacil.com/wp-content/uploads/2015/06/resistencia-pull-up-down-e1435659241597.png>  
Elaborado por: Luis del Valle Hernández.

Los cálculos matemáticos para realizar las lecturas del CO<sub>2</sub> en el sensor MQ135 se encuentran explicados en blogs y páginas web como por ejemplo la página web “Elettronica In On-line” o blog de Davide Gironi donde se explica paso a paso el método utilizado (Gironi, 2017). Actualmente no es necesario realizar los cálculos manualmente debido que muchas personas en los foros han realizado librerías capaces hacer el trabajo matemático para utilizar el mínimo de códigos en la calibración.

Los MQ al utilizar un calentador requieren más tiempo para estabilizarse y así obtener una lectura con mayor precisión, el tiempo puede variar desde 12 horas hasta 24 horas dependiendo del sensor que se utilice, esto ocurre porque el proceso de eliminación del gas que se retiene en el interior del dispositivo es un poco lento. Todos los sensores MQ contiene diferentes materiales que permite medir ciertos gases, ver Anexo 10, es decir que de acuerdo al elemento químico interno son más sensibles

a ciertos gases. Si el calentador no llega a la temperatura adecuada de operación, las lecturas no serán fiables. Dependiendo del tipo del sensor requerirá una librería para programarla y lograr una buena calibración, algunos no poseen sus códigos subidos en el internet para lograr diferenciar los gases, pero la matemática para diferenciarlos es el mismo.

La mayoría de MQ necesita su propia alimentación para hacer funcionar el calentador, en la mayoría requieren un voltaje de 5V, pero en otros modelos requieren condiciones especiales para su mejor funcionamiento. Como todo equipo que necesita incrementar su temperatura para su funcionamiento, el sensor MQ tiende a tener un consumo elevado, esto puede llegar a 800mW dependiendo del modelo que se utilice. Este consumo está muy por encima del valor que el Arduino puede suministrar por medio del regulador, por lo tanto, es necesario suministrar una fuente externa para la utilización del sensor.

Es necesario realizar la consulta de los Datasheet para cada sensor MQ previo a su utilización, es de vital importancia conocer todas las características y especificaciones técnicas como lo es la curva de concentración, la cantidad tensión que debe ser suministrada, las características de sensibilidad del sensor y el tiempo de pre calentamiento.

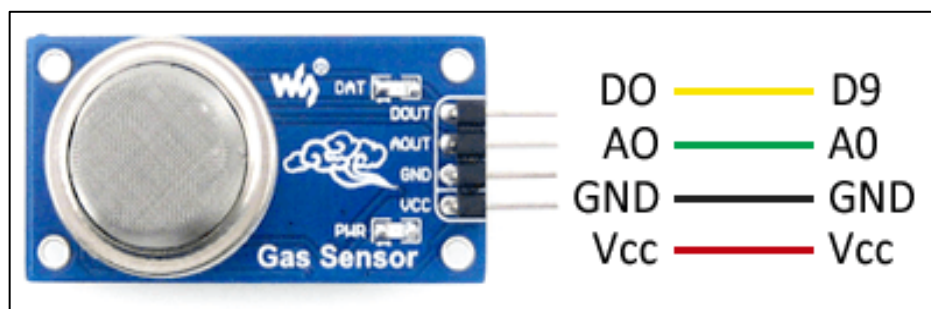
## **2.9 Modelo Mq 135**

Este modelo de sensor MQ, puede leer diferentes tipos de gases en el ambiente como alcohol  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$ , benceno  $\text{C}_6\text{H}_6$ , humo, dióxido de carbono  $\text{CO}_2$ , monóxido de carbono  $\text{CO}$ , amoníaco  $\text{NH}_3$ , amonio  $\text{NH}_4$ , óxidos de nitrógeno  $\text{NO}_x$  y calidad del aire. Permite ajustar la sensibilidad hacia los gases en el aire de acuerdo con una figura de bode donde se describe los puntos de cada sustancia en particular, como la mayoría de sensores MQ tiene un tamaño pequeño, instalación rápida y fácil de usar.

El módulo junto al sensor posee 4 pines, dos para alimentación de

5V y para la masa, un pin con salida analógica y un pin con salida digital que funciona junto a un comparador. Este sensor puede ser utilizado para tomar lecturas sobre la calidad del aire, dentro de oficinas, hogares y lugares donde se requiera detectar los gases antes mencionados, ver Figura 12.

**FIGURA N°12**  
**MQ 135 CON MODULO COMPARADOR CON SALIDA DIGITAL Y**  
**SALIDA ANALÓGICA**



Fuente: <https://www.luisllamas.es/arduino-detector-gas-mq/>  
Elaborado: Luis Llamas.

## 2.10 Características Mq 135

La mayoría de datos y especificaciones del componente, se obtiene por medio del fabricante en su hoja técnica, para el sensor MQ 135 se tiene una tabla de condiciones de trabajo estándar, condición del medio ambiente, características de sensibilidad, estructura y configuración del circuito de medición básico, ver Tabla 3. También cuenta con dos diagramas uno sobre las características de sensibilidad del MQ-135 y donde se muestra la dependencia típica del MQ-135 en la temperatura y la humedad (Olimex).

**TABLA N°3**  
**CONDICIONES DE TRABAJO ESTÁNDAR**

Símbolo	Nombre del Parámetro	Condiciones técnicas	Observaciones
Vc	Voltaje del circuito	5V $\pm$ 0.1	AC o DC

<b>Vh</b>	Tensión de calentamiento.	5V $\pm$ 0.1	AC o DC
<b>RL</b>	Resistencia de carga	puede ajustarse	
<b>Rh</b>	Resistencia al calentador	33 $\Omega$ $\pm$ 5%	Sala de Microscopía Electrónica de Transmisión (TEM).
<b>Ph</b>	Consumo del calentador	menos de 800mw	

Fuente: <https://www.olimex.com/Products/Components/Sensors/SNSMQ135/resources/SNS-MQ135.pdf>.

Elaborado: Ganchozo Moreno Marvin.

En la descripción (ver tabla 4) podemos encontrar un término llamado (TEM) en inglés o (MET) microscopia electrónica de transmisión, es un equipo que utiliza los fenómenos físicos a nivel atómico por medio de un haz de electrones para obtener una imagen de una muestra aumentada a millones de veces de su tamaño, otorgando información sobre la estructura de la muestra (UPV, 2012).

**TABLA N°4**  
**CARACTERÍSTICAS DE SENSIBILIDAD**

<b>Símbolo</b>	<b>Nombre del Parámetro</b>	<b>Condiciones técnicas</b>	<b>Observaciones</b>
Tao	Usando TEM	-10 -45	
Tas	Almacenamiento TEM.	-20 -70	
Rh	Humedad relacionada	menos del 95% de Rh	
O2	Concentración de oxígeno	21% (condición estándar) La	El valor mínimo es más del 2%.

		concentración de oxígeno puede afectar la sensibilidad.	
--	--	---	--

Fuente: <https://www.olimex.com/Products/Components/Sensors/SNSMQ135/resources/SNS-MQ135.pdf>.

Elaborado: Ganchozo Moreno Marvin.

Como se indicaba al inicio de la explicación, la mayoría de datos útiles se encuentran en la hoja de datos, para el sensor MQ 135 para estabilizar su lectura requiere un precalentamiento mayor a 24 horas a una temperatura de 20 grados centígrados y una humedad relativa de 65% RH, ver Tabla 5.

**TABLA N°5**  
**CONDICIÓN DEL MEDIO AMBIENTE**

Símbolo	Nombre del Parámetro	Condiciones técnicas	Observaciones
Rs	Resistencia de detección.	30KΩ-200KΩ (100ppm NH3)	Detectando el alcance de la concentración 10ppm-300 ppm NH3 10 ppm-1000 ppm de benceno 10ppm-300ppm de alcohol
$\alpha$ (200/50) NH3	Concentración, tasa de pendiente.	$\leq 0.65$	
Condiciones de detección estándar.	Temperatura: $20 \pm 2$ , Vc: $5V \pm 0.1$ : $5V \pm 0.1$ Humedad: $65\% \pm 5\%$ Vh: $5V \pm 0.1$		
Pre calentamiento	Más de 24 horas		

Fuente: <https://www.olimex.com/Products/Components/Sensors/SNSMQ135/resources/SNS-MQ135.pdf>.

Elaborado: Ganchozo Moreno Marvin.

Las partes de cómo está compuesto el sensor y que tipo de material utilizan se puede describir la Tabla 6 y para una mayor distinción en la Figura 13.

**TABLA N°6**  
**ENUMERACIÓN DE LAS PARTES Y MATERIALES DEL SENSOR**

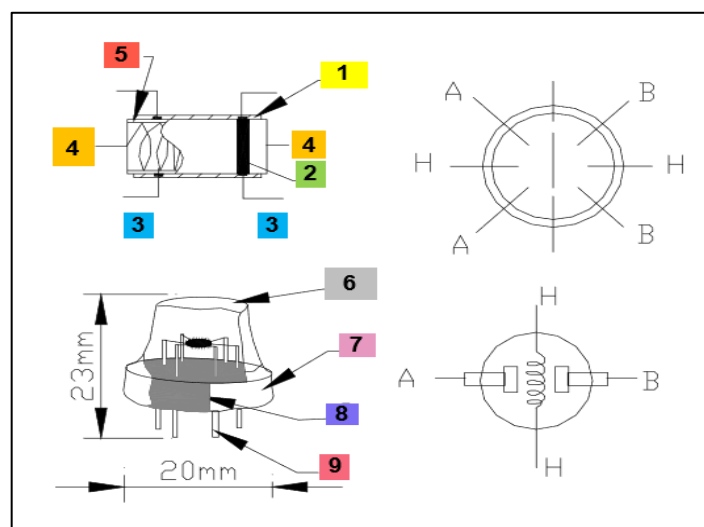
No	Parte	Material
1	Capa de detección de gas	SnO <sub>2</sub> - Dióxido de estaño
2	Electrodo	Au - Oro
3	Línea de electrodo	Pt - Platino
4	Bobina del calentador	Aleación de Ni-Cr Níquel y Cromo
5	Cerámica tubular	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> óxido de aluminio
6	Red anti explosión	Gasa de acero inoxidable (SUS316 100-mesh).
7	Anillo de sujeción	Cobre niquelado Ni
8	Base de resina	Baquelita
9	Pin de tubo	Cobre niquelado Ni

Fuente: <https://www.olimex.com/Products/Components/Sensors/SNSMQ135/resources/SNS-MQ135.pdf>.

Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

Todos los sensores MQ no cuentan con algún integrado para funcionar, solo se necesita un circuito simple con una resistencia de 4.7kΩ conectada a masa y el pin se señal, ver Figura 14.

**FIGURA N°13**  
**ESTRUCTURA ENUMERADA DEL SENSOR**

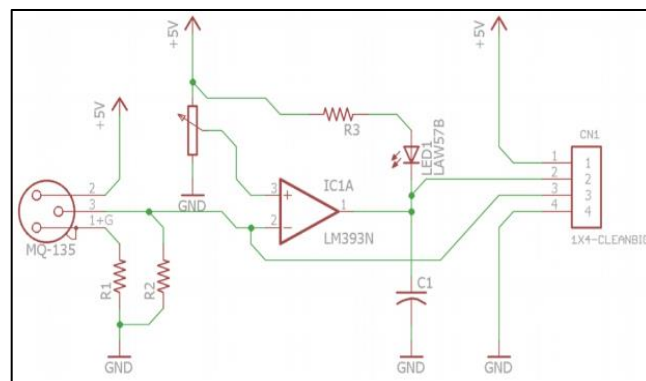


Fuente: [www.olimex.com/Products/Components/Sensors/SNSMQ135/resources/SNS-MQ135.pdf](https://www.olimex.com/Products/Components/Sensors/SNSMQ135/resources/SNS-MQ135.pdf)

Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

Algunos sensores MQ vienen con algún módulo que permite una disposición más adecuada del sensor para su utilización, cuenta con un par de led que muestra su estado activo y otro que se enciende en presencia de alguna sustancia en el aire, posee un comparador permitiendo eliminar el ruido de la señal digital, contiene un potenciómetro 3362 para cambiar la sensibilidad hacia las sustancias, 4 pines de salida y una serie de resistencias para la operación del módulo, ver Figura 12.

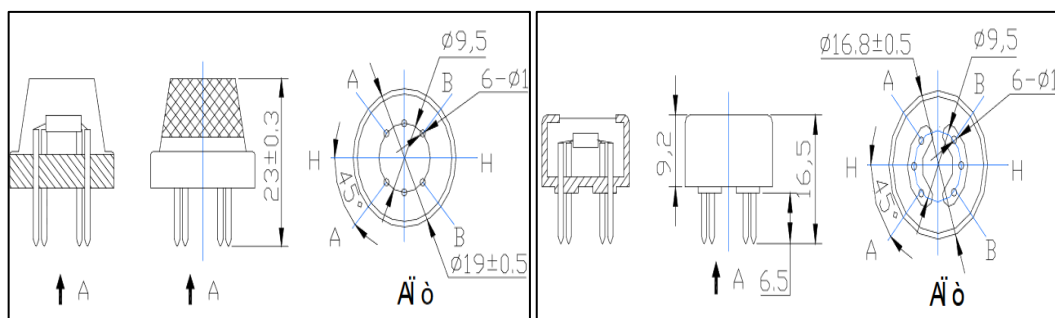
**FIGURA N°14**  
**CIRCUITO/MODULO MQ 135**



Fuente: <https://www.waveshare.com/wiki/File:Gas-Sensor-Schematic.pdf>  
Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

Existen dos configuraciones para la estructura del sensor MQ-135 como se muestra en la Figura 15, contiene un tubo cerámico compuesto por óxido de aluminio  $Al_2O_3$ , un elemento central que es sensible al cambio en exposición de sustancias, compuesto por dióxido de estaño  $SnO_2$ .

**Figura N°15**  
**Tipos de configuraciones para el sensor MQ 135**



Fuente: <https://www.olimex.com/Products/Components/Sensors/SNSMQ135/resources/SNS-MQ135.pdf>.  
Elaborado: Olimex.



Los electrodos permiten la medición junto al calentador, sujetos a un anillo hecho de cobre niquelado o de plástico con una red metálica inoxidable. El sensor sin modulo cuenta con 6 pines, 4 pines para las lecturas de las señales analógicas en el ambiente y otros 2 pines para la alimentación del sensor.

## **2.11 Hardware Abierto**

Son circuitos con microprocesadores o microcontroladores capaces de ser programadas de una manera sencilla en un entorno IDE. Esto permite que los entusiastas de la electrónica y programación tenga acceso a tecnología de bajo costo, pero con una amplia versatilidad en desarrollo de equipos y proyectos científicos que requieran el uso tecnológico para resolver problemas.

El hardware o código abierto es toda la información, esquemas, diagramas y de acceso libre para el público, es decir gratuito, sin embargo, existe una ambigüedad en el termino “hardware libre” debido al hecho que los integrados y piezas electrónicas tienen un valor monetario, pero relativamente más económico, ver Anexo 13.

## **2.12 Placas Programables de Hardware Abierto**

Entre las placas más conocidas en el mercado se encuentra las placas Arduino y Raspberry Pi, han resuelto simplificar el uso tanto de la programación como la electrónica, esto facilita la creación de prototipos, dirigidos para personas profesionales o novatas, estas placas son consideradas como plataformas de entrenamiento.

Las placas Arduino fueron introducidas en el año 2005 por Massimo Banzi y Herando Barragan, existen en la actualidad de diversos modelos y precios en el mercado, son muy útiles en la robótica y prototipos con funcionalidades diversas. Las placas Raspberry Pi fueron lanzadas en el

2006 por Eben Upton, son básicamente un ordenador con opciones de conectar sensores y otros complementos, incluso se pueden utilizar junto a otras placas como Arduino. Para este proyecto se analizó que diferencias existen entre ambas placas, sin embargo, se concluyó por utilizar Arduino debido a su precio y facilidad de armado de componentes.

### **2.13 Comparativa entre Arduino y Raspberry Pi**

Para el desarrollo del prototipo se cuestiona la comparación entre las placas Raspberry Pi y Arduino. Desde un principio es muy fácil encontrar las diferencias entre plataformas, debido a que existen grandes características que las distinguen. La placa Raspberry Pi es una mini computadora funcional y la placa Arduino es un circuito con microcontrolador programable, ver Tabla 7.

Las placas Arduino pueden ser programadas con varios lenguajes como c++ y java, pero jamás funcionará como un sistema operativo, no puede conectarse a internet salvo si se le agrega otro circuito llamado Shields, que cumple con ciertas necesidades que el Arduino por sí solo no llega a cumplir. Mientras que las placas de Raspberry Pi son capaces de conectarse a internet, su entorno es un sistema operativo Linux, cuenta con un precio relativamente un poco más alto que el Arduino y tiene posibilidades en desarrollo en informática.

Entre las dos placas de desarrollo es muy notorio considerar que Raspberry Pi supera por mucho a un Arduino, que es cierto en parte, si consideramos los usos del software para desarrollar proyectos, sin embargo, la simplicidad y facilidad de las placas Arduino pueden llegar a ser muy potentes con el uso de sensores, esto es muy útil a la hora de realizar proyectos e investigaciones que requieran soluciones con el uso del hardware (Leantec, s.f.).

La ingeniera Limor Fried del MIT, influyente en el movimiento del

hardware abierto y dueña de la compañía Adafruit Industries, que ofrece en su tienda electrónica tanto las placas de Arduino como Pi, ofreció su punto de vista sobre sus diferencias.

*"Arduino tiene una capacidad 'en tiempo real' y 'analógica' que el Pi no tiene esta flexibilidad le permite funcionar con casi cualquier tipo de sensor o chips, Pi no es tan flexible; por ejemplo, leer sensores analógicos requiere asistencia adicional de hardware. También hay miles de tutoriales sobre cómo conectar un Arduino en prácticamente cualquier tipo de pieza. Por otro lado, el Pi se beneficia de décadas de software Linux, por lo que ambas son excelentes opciones"* (Hacedores, 2014).

Arduino es más difícil de estropear y útil para principiantes, con Raspberry Pi debes aprender sobre Linux y otros lenguajes como Python. Raspberry Pi no debe ser desconectada de corriente sin el proceso adecuado porque podría llegar a estropearse, sin embargo, con Arduino no ocurre. Concluyendo para ambas placas de entrenamiento son orientadas a proyectos distintos pero su funcionalidad mejora, si se trabaja en conjunto, existen muchos tutoriales que permiten la utilización de ambas plataformas.

**TABLA N°7**  
**COMPARATIVA ENTRE ARDUINO Y RASPBERRY PI**

<b>Placa</b>	<b>Arduino</b>	<b>Raspberry Pi B +</b>
CPU	Microcontrolador ATMEGA	Microprocesador ARM
Entorno de desarrollo integrado IDE.	Arduino	Scratch, IDLE, cualquiera con soporte Linux
Puerto de red	Sin acceso, necesita complemento.	1 puerto Ethernet
Orientación de enseñanza.	Electrónica, Prototipo y Robótica	Desarrollo Informático
Puertos Usb	1	2

Velocidad	16 Mhz	700 Mhz
Multitarea	no	si
Precio	25 dólares	65 dólares
Sistema Operativo	No	Distribuciones Linux
Voltaje	5 a 12 Voltios	5 voltios
Consumo	200 mA, 0.23 W	600 mA, 3.0 W
Dimensiones	7.6 x 1.9 x 6.4 cm	8.6cm x 5.4cm x 1.7cm
Pines GPIO Entrada/Salida de Propósito General	19	40
Memoria Flash	32KB	Tarjeta SD (2 a 16G)
Memoria SDRAM	0.002 MB	512 MB
Video/Audio	no	1 Hdmi 1.3 1 RCA

Fuente: <http://hacedores.com/arduino-o-raspberry-pi-cual-es-la-mejor-herramienta-para-ti/>  
Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

## 2.14 Partes por Millón – PPM

Partes por millón o PPM es una medida de concentración, donde se describe las unidades de una sustancia contenida en un determinado volumen. En este proyecto se realiza un prototipo que medirá el dióxido de carbono que se encuentra en el aire por lo tanto se registrará los PPM con respecto a este gas.

PPM Es una unidad de concentración en relación entre la cantidad de soluto y la cantidad de solución en un factor de 1 millón. Existen sustancias que al ser medidas y analizadas pueden llegar a tener concentraciones muy reducidas en alguna solución, lo cual equivaldría a números decimales enormes, incluso con el uso de porcentaje, por lo tanto, permitiendo tener una medida más ajustable a interpretación, como es las concentraciones del flúor en el agua potabilizada, 0.7 a 1.2 ppm es decir

0,7 y 1,2 mg / L, (OMS, 2013).

Es importante comprender la fórmula que describe los PPM, esta unidad puede ser expresada de varias maneras. Las concentraciones de la masa del soluto o sustancia sobre la masa de una solución por un factor de 1 millón o  $1 \times 10^6$ .

$$PPM(\text{concentración}) = \frac{M(\text{solute})}{M(\text{solución})} \times 10^6$$

Las unidades utilizadas en esta fórmula requieren que haya un factor de 1 millón entre ellas.

$$PPM(\text{masa}) = \frac{mg(\text{solute})}{kg(\text{solución})}$$

$$PPM(\text{masa}) = \frac{mg(\text{solute})}{g(\text{solución})}$$

Sin embargo, también se puede expresar en relación con volumen o PPMv mientras haya un factor de 1 millón entre la división. Representaría la masa de un soluto entre el volumen en litros de la solución.

$$PPM(\text{volumen}) = \frac{mg(\text{solute})}{L(\text{solución})}, \text{ u } \frac{\mu g(\text{solute})}{mL(\text{solución})}$$

Para este proyecto se utilizarán las concentraciones de PPMv del dióxido de carbono en el aire.

$$PPMv = \frac{\mu kg}{m^3} = \frac{mg}{m^3} = 0.001 \times \frac{\mu(Ton)}{m^3}$$

Si hablamos de 380 PPMv de dióxido de carbono en un metro cúbico representaría a:

$$380 \text{ PPMv} = 380 \times 0.000001 \times 0.001 = 0.00000038 \text{ Toneladas por } m^3.$$

$$0.38 \times 10^{-6} \text{ Ton/m}^3 \text{ de CO}_2$$

$$0.38 \mu\text{Ton/ m}^3 \text{ de CO}_2$$

Continuando con este ejemplo del dióxido de carbono en el aire, se deben de adicionar los pesos moleculares que ayudaran a precisar los datos.

### 2.15 Peso Molecular del CO<sub>2</sub> Con respecto al Aire Seco

Peso molecular del CO<sub>2</sub> corresponde 1 molécula de Carbono y 2 de oxígeno, el peso atómico del carbón es 12 y del oxígeno 16 por lo tanto el peso molecular seria dos veces el peso del carbón más el peso del oxígeno (Carles, 2008).

$$2 \times 12 + 16 = 44 \text{g/mol el peso atómico del CO}_2$$

Peso molecular del aire está conformado por 75.54% de nitrógeno, 23.13% de oxígeno, 1.27% de argón, 0.05% de dióxido de carbono y 0.01% de otros gases, ver Tabla 8.

**TABLA N°8**  
**COMPOSICIÓN DEL AIRE SECO**

<u>C</u>	<u>SUSTANCIA</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>A X B</u>
75,54%	Nitrógeno	28,016	78,08	2187,48928
23,13%	Oxigeno	32	20,95	670,4
1,27%	Argón	39,944	0,93	37,14792
<b>0,05%</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>44,01</b>	<b>0,03</b>	<b>1,3203</b>
0,01%	Otros		0,01	0

Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Humedad\\_del\\_aire](https://es.wikipedia.org/wiki/Humedad_del_aire)

Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

Donde C representa el porcentaje de cada sustancia en el aire seco, A la masa molecular, B el análisis volumétrico y la multiplicación AXB de

cada sustancia más la suma c/u, dividido para 100, con esto se llega a obtener el peso del aire seco teórico.

Según el cálculo para el Peso del aire seco sería de la siguiente manera:

$$\frac{2187.48928 + 670.4 + 37.14792 + 0}{100} = 28.95g/mol$$

No se considera el peso de CO<sub>2</sub> por que ya fue calculado, para dejar valores cerrados de 29g/mol. Tomando el valor tenemos que multiplicarlo por la relación entre el peso molecular de dióxido de carbono y el peso molecular del aire:

$$380 \text{ PPMv} = (0.38 \times 10^{-6} \text{ Ton/m}^3) \times (44/28.95)$$

$$380 \text{ PPMv} = 57.7538 \times 10^{-8} \text{ Ton/m}^3$$

$$380 \text{ PPMv} = 0.57 \mu\text{Ton/m}^3$$

En 380 ppm tenemos 0.57 micro Toneladas por metro cúbico de aire seco, por esta razón y debido a su simplicidad ayudará a tratar las lecturas obtenidas desde el prototipo y aportar favorablemente con el desarrollo de este proyecto.

## 2.16 Marco Legal

El marco legal orientado a la calidad del aire y su gestión está fundamentado por la constitución y derechos internacionales. Se Puede mencionar que en el Ecuador existen normas, leyes orgánicas y ordinarias, como reglamentos entre otros que gestionan, regulan y sancionan la contaminación del ambiente.

### 2.16.1 Constitución del Ecuador

Dentro de la norma jurídica suprema que es la Constitución del

Ecuador se puede solventar la base de este proyecto, que busca contribuir con herramientas que permitan que los organismos de gestión administren de forma más adecuada los recursos ambientales como lo es el Ministerio del Ambiente.

### **2.16.2 Capítulo segundo – Derecho del buen vivir**

Dentro de la constitución se establece los 2 objetivos del buen vivir que gozan las personas en general como: mejorar calidad de vida de la población y garantizar los derechos de la naturaleza, estos son base de nuestro proyecto desde el punto de vista legal, si no existiera una ley que regularice no tendría algún objetivo el control del medio ambiente, ni mucho menos su gestión y conservación.

### **2.16.3 Sección segunda – Ambiente sano** **Ambiente sano Art. 14**

Se reconoce que las personas deben vivir en un ambiente ecológicamente equilibrado, es decir un ambiente limpio que permita la vida ecológica y humana. Recalcando que el interés no solo compete al gobierno sino a los mismos ciudadanos, conservando, preservando y la recuperación de la biodiversidad y espacios naturales (Ecuador C. d., 2008).

### **2.16.4 Código Orgánico Integral Penal** **Sección Segunda – Delitos contra los recursos naturales** **Contaminación del aire Art. 253**

En el Ecuador todas las instituciones privadas, públicas y personas en general están sujetos a recibir infracciones penales contemplado en el Código Orgánico Integral Penal ecuatoriano. Se generarán sanciones de uno a tres años a las personas que cometan infracciones a las normas, dispuesta a evitar graves daños al aire, atmosfera y espacio aéreo, con



repercusiones a los recursos naturales, biodiversidad y sobre todo lo que atente a la vida de la población general (Ecuador C. d., 2008).

#### **2.16.5 Plan Nacional del Buen Vivir 2013 – 2017**

Dentro del Derecho de Buen vivir encontramos el Plan del Buen Vivir realizado por la Secretaria Nacional de Desarrollo y Planificación, se remarca el objetivo número 7 “Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental, territorial y global”, donde el Ecuador asume el reconocimiento del derecho de la naturaleza, respetando y manteniendo el ambiente.

El objetivo es gestionar el recurso del aire para mantener la calidad, la protección, la salud y el recurso natural, para mejorar la calidad de vida en el Ecuador. Actualmente se monitorea 10 ciudades, presentando el parámetro de PM o material particulado y en cuales de ellas se presentan mayores índices de contaminación (Ecuador S. N., 2013).

#### **2.16.6 Plan Nacional de la Calidad del Aire 2010**

Adicional se encuentra el Plan Nacional de la Calidad del Aire 2010 realizado por el Ministerio del Ambiente donde especifica la norma NCAA - Norma de Calidad del Aire Ambiente donde se establece los valores máximos de concentraciones de alguna sustancia en el suelo o aire durante un periodo de tiempo establecido, con el fin de salvaguardar la salud humana y el ambiente, como el Acuerdo No. 050 (MAE, 2010).

#### **2.16.7 Niveles de Concentración Permisible de Dióxido de Carbono**

Según la sociedad americana de ingenieros de calefacción, refrigeración y aire acondicionados (ASHRAE). Los efectos del dióxido de carbono en adulto con buena salud pueden variar según las concentraciones del gas, (Toolbox, 2007):

Nivel normal al aire libre:	350 – 450 PPM
Niveles aceptables:	menor a 600 PPM
Quejas de rigidez y olores:	600 – 1000 PPM
Estándar (ASHRAE - OSHA):	1000 PPM
Somnolencia:	1000 – 2500 PPM
Efectos adversos a la salud:	2500 – 5000 PPM
Nivel permitido en 8 horas de trabajo:	5000 – 10000 PPM
Nivel permitido en 15 minutos de trabajo:	30000 PPM

Los niveles anteriores son bastante normales y los niveles máximos pueden ocurrir de vez en cuando. En general, las tasas de ventilación deben mantener las concentraciones de dióxido de carbono por debajo de 1000 ppm para crear condiciones de calidad de aire interior aceptables para la mayoría de las personas.

#### **2.16.8 Niveles Peligrosos de Concentraciones de Dióxido de Carbono**

1. Nivel intoxicante, náuseas, aumento de respiración y pulso: 30000 - 40000 PPM
2. Dolores de cabeza e impedimentos visuales: 50000 PPM
3. Pérdida de conciencia y muerte: 100000 PPM

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Marco Metodológico**

El proyecto constará de un procedimiento basado en etapas, donde se describe cada una de las actividades, los recursos necesarios y los requerimientos pensados para realizar el prototipo. La realización del prototipo y el estudio cuenta con 4 etapas y serán en base a los objetivos planteados al inicio del estudio.

#### **3.2 Etapa 1**

##### **3.2.1 Evaluación de placas de hardware abierto para el monitoreo**

La creación del prototipo con hardware abierto, se consideró, las placas Raspberry Pi y Arduino, se realizó una comparativa donde se demostró que Raspberry Pi podría ser la mejor opción, debido a su capacidad que utilizar software con diferentes sensores, sin embargo dentro de los requerimientos para la construcción del prototipo, ya se contaba con dos placas Arduino, por lo tanto se utilizó Arduino con el fin de demostrar que cualquier placa de hardware abierto podría ser utilizada para realizar este proyecto y que la complejidad para realizarlo dependerá de la imaginación y presupuesto al utilizar todas las herramientas libres que estén a la disposición del investigador, ver Tabla 7.

##### **3.2.2 Evaluación de los sensores de CO<sub>2</sub> gama MQ y su sensibilidad**

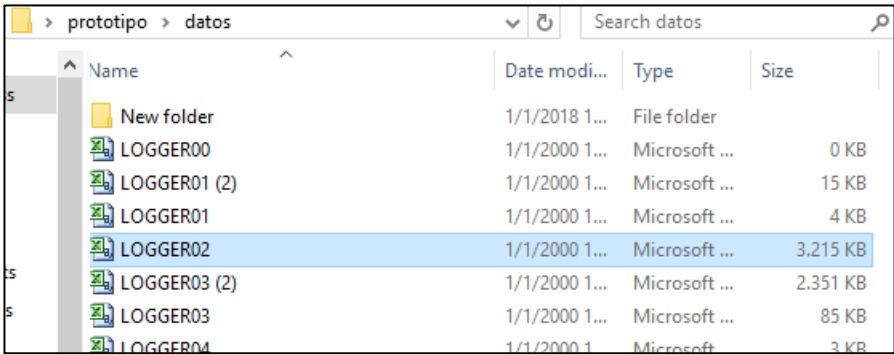
Se realizó el prototipo con el sensor *MQ-135 calidad del aire*, la

selección se debió a factores de presupuestos, un MQ-135 con modulo tiene un valor de 10 dólares en el mercado, sin embargo, el *MQ-811 sensor de dióxido de carbono* es un dispositivo más especializado para detectar este tipo de gas, pero su precio oscila entre 40 a 70 dólares dentro del Ecuador. Por esta razón se decidió utilizar un sensor capaz de leer otros tipos de gases, pero más económico, aunque su utilización requiera un proceso más elaborado.

**3.2.3 Selección de método más adecuado para recopilar los datos obtenidos por el sensor**

Se buscó realizar un prototipo capaz de obtener lecturas del ambiente y registrarlas en una memoria micro SD extraíble, esto beneficia en presupuesto debido que una infraestructura o sistema más complejo como una red conectada simultáneamente, requerirá mayor inversión, lo cual no es el fin de este proyecto, solo de crear un prototipo que monitoree el CO2 a bajo costo. Para guardar la información del sensor se utilizó un archivo en Excel con formato CSV, ver Figura 16.

**FIGURA N°16**  
**ARCHIVO TIPO CSV**



Name	Date modi...	Type	Size
New folder	1/1/2018 1...	File folder	
LOGGER00	1/1/2000 1...	Microsoft ...	0 KB
LOGGER01 (2)	1/1/2000 1...	Microsoft ...	15 KB
LOGGER01	1/1/2000 1...	Microsoft ...	4 KB
LOGGER02	1/1/2000 1...	Microsoft ...	3.215 KB
LOGGER03 (2)	1/1/2000 1...	Microsoft ...	2.351 KB
LOGGER03	1/1/2000 1...	Microsoft ...	85 KB
LOGGER04	1/1/2000 1...	Microsoft ...	3 KB

Fuente: Prototipo de Sistema de Monitoreo de CO2.  
Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

Se hizo un registro de los datos del sensor desde las 1:47 AM del 20 de diciembre hasta 2:38 AM del 21 de diciembre, con lo cual se obtuvo el tamaño de la información de 3.215 Megabyte con lo cual puede hacerse

una estimación para el registro según el periodo de tiempo establecido.

**TABLA N°9**  
**TAMAÑO DE DEL ARCHIVO SEGÚN PERIODO DE TIEMPO**

Tiempo	Megabyte	Gigabyte
Día	3.215 MB	0.032 GB
Semana 24/7	22.505 MB	0.023 GB
Mes	90.02 MB	0.09 GB

Fuente: Prototipo de Sistema de Monitoreo de CO<sub>2</sub>  
Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

Los datos que se pretenden registrar son: Unix, Fecha, Hora, Contador, Temperatura, humedad y CO<sub>2</sub> en PPM, ver Figura 21.

**FIGURA N°17**  
**DATOS REGISTRADOS EN EXCEL**

Unix	Fecha	Hora	Cont	Temp	Humedad	PPM/CO <sub>2</sub>	PPM/CO <sub>2</sub>
1512846441	16/12/2017	19:07:51	0	2500	4700	79079	790,79
1512846442	16/12/2017	19:07:52	1	2500	4800	76488	764,88
1512846443	16/12/2017	19:07:53	2	2500	4700	79079	790,79
1512846444	16/12/2017	19:07:54	3	2500	4700	79079	790,79
1512846445	16/12/2017	19:07:55	4	2500	4700	76488	764,88
1512846446	16/12/2017	19:07:56	5	2500	4700	73952	739,52
1512846447	16/12/2017	19:07:57	6	2500	4700	76488	764,88
1512846448	16/12/2017	19:07:58	7	2500	4700	73952	739,52

Fuente: Prototipo de Sistema de Monitoreo de CO<sub>2</sub>  
Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

El dato Unix corresponde al número de segundos desde el año 1969 hasta la actualidad, no representan mayor relevancia, pero para evitar que la programación no presente algún fallo se mantendrá como parte del registro general.

### 3.3 Etapa 2

#### 3.3.1 Diseño del prototipo de monitoreo

Los puertos del Arduino y la serie de componentes está descrito en

la Tabla 10. El sensor MQ-135 cuenta con 4 pines que permiten su funcionamiento, el pin Vcc y el pin Gnd son utilizados para una alimentación externa de 5V, según los datos técnicos debe tener una alimentación separada a la placa de Arduino Uno para mejorar su afectividad detectando el dióxido de carbono, el pin DO es un pin que envía señales digitales, pero no será utilizado para nuestro proyecto y el pin AO envía señales analógicas desde el módulo conectado al puerto A0 del Arduino.

**TABLA N°10**  
**PINES UTILIZADOS DEL ARDUINO UNO**

<b>Puerto E/S</b>	<b>Dispositivo</b>	<b>Pin del Dispositivo</b>
A0	Señal MQ-135	AO
A1	Señal Dht11	Out (Pin de en medio)
03	Pantalla Led	3 SDA
04	Pantalla Led	4 SCL
5	Led RGB - rojo	1 ánodo R
6	Led RGB - verde	1 ánodo V
7	Led RGB - azul	1 ánodo B
Vin	Batería Lipo	+5V (salida)
Gnd	Tierra común	Gnd
+5V	Alimentación	

Fuente: Prototipo de Sistema de Monitoreo de CO2  
Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

El sensor Dht11 cuenta con 3 pines, el pin positivo y negativo están señalados en el módulo con los símbolos (+) y (-) siendo alimentado con 5 V recibidos desde el Arduino, el pin Out es el pin que envía las lecturas captadas desde el sensor hacia el puerto 01 del Arduino.

La pantalla Led de 4x20 segmentos utiliza 4 pines desde su modulo, el pin Vcc y Gnd son alimentados con un voltaje de 5v tomados desde el Arduino, el pin SDA y SCL son para la comunicación estos llegan al puerto 03 y 04 del Arduino, sin embargo, la comunicación del Arduino con el Shield Logger se realiza con los mismos puertos, pero durante las pruebas no ocurrieron problemas, ver Tabla 11. La finalidad de la pantalla led es poder

constatar de manera visual si el equipo no perdió la configuración (si existe la posibilidad que ocurra) por problemas de energía, corto circuitos o por problemas de la naturaleza ambiental como la lluvia.

Otra razón importante es mostrar el valor de la variable “Rzero” en pantalla, para poder calibrar el sensor MQ-135, cada sensor MQ-135 tiene un diferente valor de Rzero y ese valor mostrado en pantalla será colocado en la parte de la programación del Arduino.

En la tabla N°11 podemos observar el sistema de coordenadas “X” y “Y” para la posición de la información, las zonas de color gris son los datos fijos, los segmentos de color blanco varían de acuerdo a la información que se utilice. PPM para las partes por millón, RZO la variable para la calibración del sensor MQ-135, TMP la variable de temperatura, HMD la humedad del ambiente y FCH la fecha actual con el sistema de 24 horas.

**TABLA N°11**  
**POSICIÓN DE LOS DATOS EN LA PANTALLA LED Y COORDENADA**  
**X, Y**

	Y O	Y 1	Y 2	Y 3	Y 4	Y 5	Y 6	Y 7	Y 8	Y 9	Y1 0	Y1 1	Y1 2	Y1 3	Y1 4	Y1 5	Y1 6	Y1 7	Y1 8	Y1 9
X 0	P	P	M	:	4	0	6	.	4	5										
X 1	R	Z	O	:	5	5	1	.	3	6										
X 2	T	M	P	:	2	8	.	0	0		H	M	D	:	6	3	.	0	0	
X 3	F	C	H	:	2	0	1	7	/	1	2	/	2	3		1	8	:	3	4

Fuente: Prototipo de Sistema de Monitoreo de CO<sub>2</sub>  
Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

Se utilizaron 6 leds RGB, es decir un led que cuenta con los 3 ánodos y 1 cátodo con los colores básicos Rojo, Verde y Azul, para su configuración se colocaron en paralelo y su negativo fue conectado a una resistencia de 1kOhm, el pin Rojo se le destino el puerto 5, el pin verde se le destino el puerto 6 y el pin Azul para el puerto 7 de la placa Arduino, con el objetivo de tener una serie de opciones de colores de acuerdo a los rangos de

concentración, ver Figura 23.

### 3.3.2 Señalización Lumínica

La finalidad de usar una señalización lumínica es permitir al usuario determinar el nivel de dióxido de carbono en el ambiente dentro un rango de valores, utilizando 4 colores de referencia posibilitando una manera más rápida de asimilación la información que se busca transmitir, ver Tabla 12.

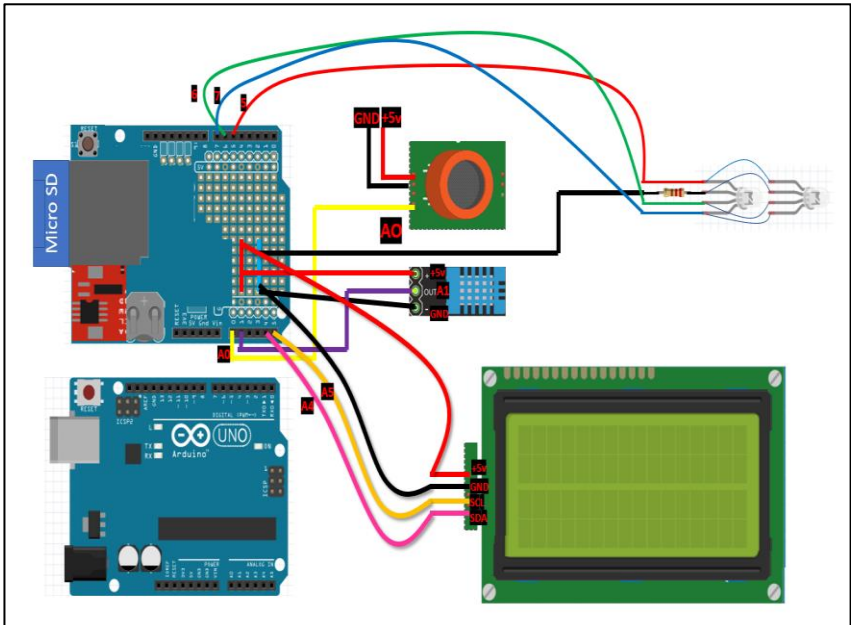
**TABLA N°12**  
**TIPO DE COLOR LED Y RANGOS PERMISIBLES**

Rangos PPM	Categoría	Condición para la salud	Tiempo	Color Lumínico
0 – 349	Nivel Optimo	Optima	24/7	Blanco
350 - 2499	Nivel Aceptable	Aceptables	24/7	Verde
2500 - 29999	Nivel Moderado	Efectos de somnolencia, sensibilidad a olores y rigidez.	8 horas	Azul
30000 - 49999	Nivel Alarma	Intoxicante, náuseas, aumento de respiración y pulso.	15 minutos	Rojo
50000 - 100000	Nivel Peligroso	Dolores de cabeza, impedimentos visuales, pérdida de conciencia y muerte.	S/N	Violeta

Fuente: Rango de colores y significado.  
Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.



FIGURA N°18  
DISEÑO GENERAL DEL PROTOTIPO EN FRITZING



Fuente: Prototipo de Sistema de Monitoreo de CO2  
Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

3.3.3 Fuente de poder ATX 2.03 (P4)

En la creación del prototipo se utilizó un cargador de 9V, sin embargo, se necesitaba una fuente capaz de ofrecer diferentes tensiones, por lo cual se decidió utilizar una fuente para computadora (Fuente conmutada ATX) y con esto alimentar: la placa Arduino, un ventilador, un balanceador de batería Lipo y el sensor de gas MQ-135, ver Tabla 13. Según la configuración de la fuente se seleccionó los pines de 12V, 5V, COM y el pin de encendido, ver Anexo 2.

TABLA N°13  
PINES UTILIZADOS DE FUENTE ATX

Color	Señal	No. Pin	Entrada
Amarillo	+12v	1	Ventilador
Rojo	+5V	3	MQ-135
Rojo	+5V		Jack Arduino
Rojo	+5V		Balanceador Lipo

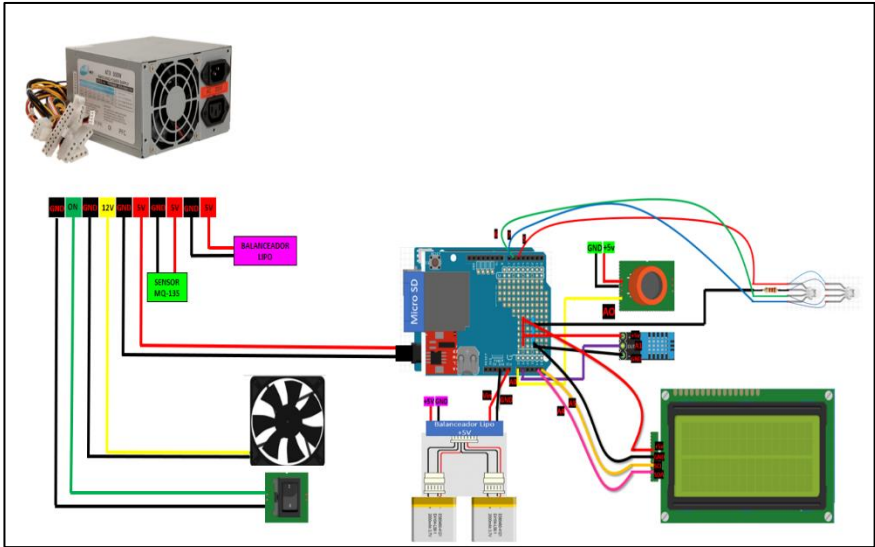
Verde	Encendido	1	Switch de encendido y apagado
Negro	Tierra	5	

Fuente: Prototipo de Sistema de Monitoreo de CO2  
Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

3.3.4 Balanceador de Batería Lipo

Durante la creación del prototipo se decidió utilizar 2 baterías Lipo 1100mAh cada una para alimentar la placa Arduino con 5v en caso de que la fuente de voltaje sufra algún daño o se pierda la conexión de energía eléctrica. Las baterías Lipo deben ser alimentas bajo un circuito que balancea las tensiones y permite su durabilidad, con el fin que el equipo se apague de manera drástica la batería interna le permitirá estar encendido por 1 minuto hasta que se apague de automáticamente de manera segura.

FIGURA N°19  
DISEÑO GENERAL CON FUENTES DE VOLTAJE



Fuente: Prototipo de Sistema de Monitoreo de CO2  
Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

En el principio de la construcción, la batería alimentaba la placa por 4 horas después de haber perdido la conexión eléctrica, pero se realizó el cambio debido al hecho que el sensor MQ no recibía los 5V necesarios para

su lectura eficaz por lo tanto no tenía objeto que siga funcionando después de haber perdido la fuente de energía. En la Figura 19 se puede visualizar el esquema total de conexiones del prototipo y en la Figura 20 el prototipo final en el ambiente exterior.

### 3.3.5 Programación del prototipo

Se descargó las librerías MQ135-master, LiquidCrystal\_I2C-master, DHT11 y RTCLib-master desde la página Github para empezar la programación de cada componente del prototipo y se copiaron a la ubicación C:\Users\user\Documents\arduino-1.6.0\libraries, donde reside las librerías para el funcionamiento de cada dispositivo.

Se empezó con la programación del Shield Logger SD adaptándolo a la placa Arduino para ajustar la fecha y hora actual puesto que utiliza un reloj que es propio del Shield. Según la librería RTCLib-máster se debe cargar el ejemplo “ds1307” en el cual se ajusta el tiempo automáticamente, sin embargo, al notar la fecha desde en la pantalla serial del IDE, se observó que tenía una diferencia 2 horas de adelanto por lo cual se quitó el comentario (//) de la siguiente línea de programación.

```
RTC.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__));
```

Después de esto se logró ajustar el tiempo a la hora actual del computador, se sugiere que se utilice el botón Upload del IDE para compilar y cargar al mismo tiempo, evitando tener minutos de diferencia en el reloj del Shield. Se programó por separado el sensor Dht11 con el ejemplo “dht11\_read” solo para comprobar que el sensor funcionaba de manera correcta.

El sensor MQ-135 se tuvo que encender por un lapso de 24 horas para obtener la variable “Rzero” final, se utilizó el ejemplo encontrado en la

página Github por el usuario “ckalpha”, el cual demostró de manera sencilla como utilizar el código para la calibración del sensor (Ckalpha, 2015). Después de las 24 horas se constató que la variable Rzero tenía un valor entre 519 a 664 el cual fue colocado dentro de la programación, también se cambió las variables Rzero y ATMOCO2 dentro del código “MQ135.h” ubicado en la dirección “C:\Users\user\Documents\arduino-1.6.0\libraries\MQ135-master\MQ135.h”. La variable ATMOCO2 corresponde a la cantidad de dióxido de carbono que se encuentra actualmente en la atmosfera según la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, 2017).

El Shield Logger v1 requiere que el puerto 10 del Arduino Uno se encuentre libre, su uso es exclusivamente para comunicación entre la placa y el Shield, sin embargo, puede cambiar de acuerdo con el modelo, la programación completa se puede observar en el (Anexo 1).

### 3.4 Etapa 3

#### 3.4.1 Construcción del prototipo final

**FIGURA N°20**  
**DISEÑO FINAL DEL PROTOTIPO**

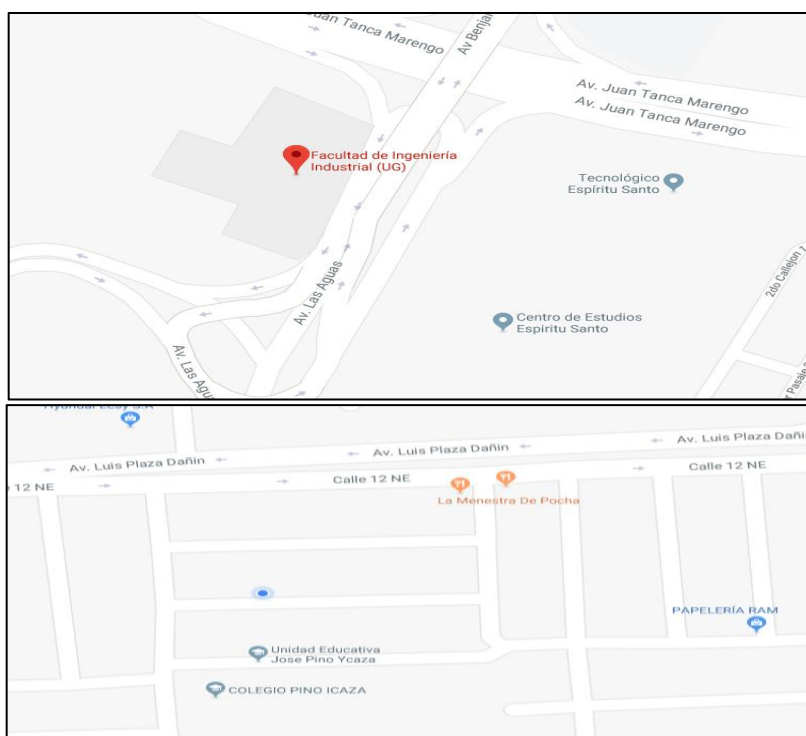


Fuente: Prototipo de Sistema de Monitoreo de CO<sub>2</sub>  
Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

### 3.4.2 Selección de los entornos exteriores

Se realizaron las pruebas en las zonas de la Ciudadela La Atarazana y en la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil, ubicada Avenida Las Aguas y la Avenida Juan Tanca Marengo, se realizó el monitoreo y registro con 1 semana de prueba para cada lugar seleccionado con lo cual se obtuvo la cantidad de: 459.000 datos totales.

**FIGURA N°21**  
**UBICACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y LA**  
**CDLA. LA ATARAZANA**



Fuente: Google Map.  
Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

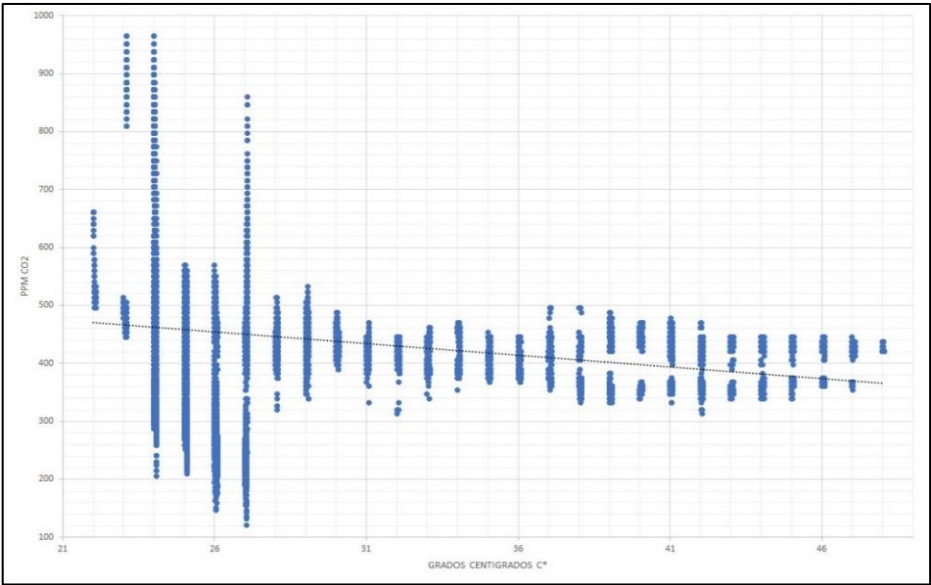
## 3.5 Etapa 4

### 3.5.1 Gráficas de los datos obtenidos por medio del prototipo

Los datos recopilados del sensor fueron graficados desde Excel, usando diagramas de dispersión y barras entre los PPM, Grados centígrados, tiempo y Humedad Relativa registrados desde el prototipo, ver

Figura 22. Las relaciones entre los indicadores se muestran en los Anexos 3, 4, 5, 6 y 7.

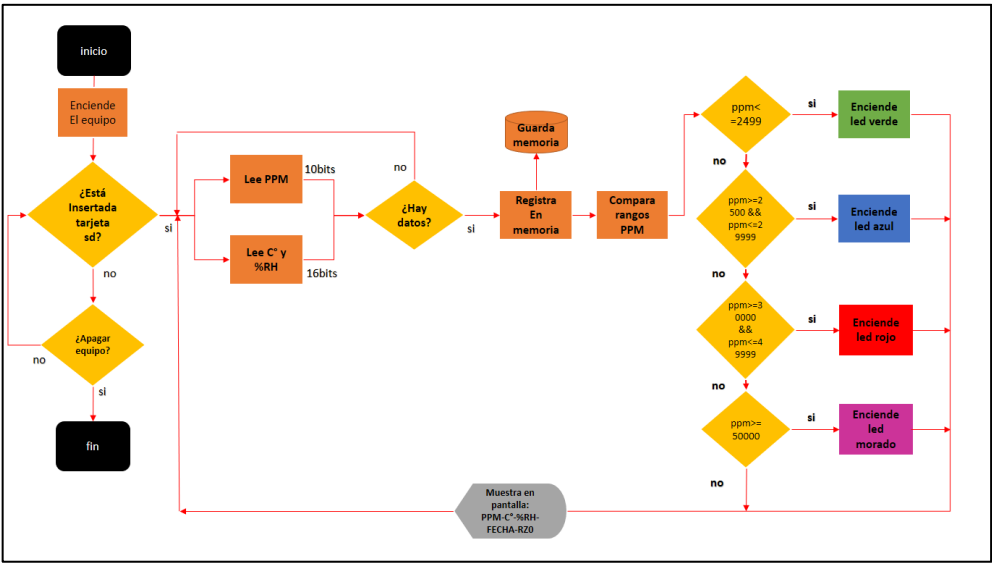
**FIGURA N°22**  
**DIAGRAMA DE DISPERSIÓN ENTRE PPM Y TEMPERATURA**



Fuente: Prototipo de Sistema de Monitoreo de CO<sub>2</sub>.  
Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

3.5.2 Diagrama del Proceso del sistema de monitoreo de CO<sub>2</sub>

**FIGURA N°23**  
**DIAGRAMA DE FLUJO SISTEMA DE MONITOREO DE CO<sub>2</sub>**

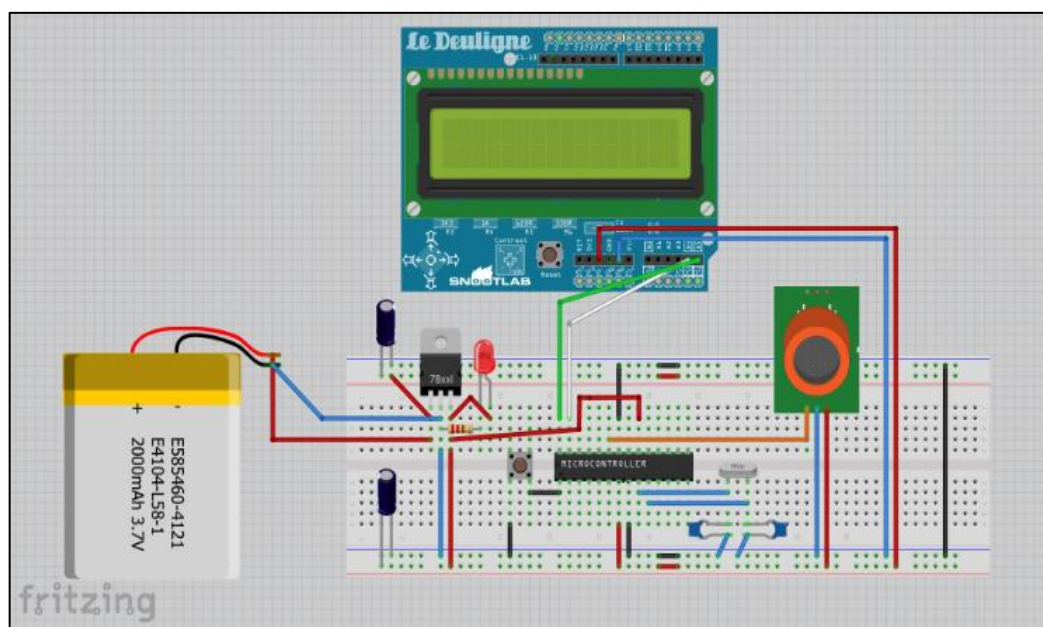


Fuente: Prototipo de Sistema de Monitoreo de CO<sub>2</sub>.  
Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

### 3.6 Construcción del circuito con el microcontrolador Atmega328 Pu

Para demostrar que se puede realizar prototipos a bajo costo, se construyó un circuito con el microcontrolador de Atmega328, realizando la función de monitorear el dióxido de carbono del ambiente. El microcontrolador para funcionar requiere una alimentación regulada de 5V por medio del transistor 7805, un oscilador de cristal de 16Mhz, batería lipo de 12V, un interruptor, dos condensadores tipo lenteja 22pF y 2 condensadores polarizados de 10μF, ver Figura 24.

**FIGURA N°24**  
**ESQUEMA DEL CIRCUITO BÁSICO**



Fuente: Fritzing

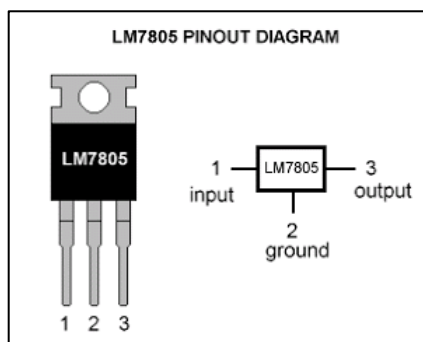
Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

#### 3.6.1 Regulador de voltaje 7805

El 7805 tolera voltajes de entrada hasta 35V para luego suministrar un voltaje de salida 5V-1<sup>a</sup> (regulado), sin embargo, no es recomendable ingresar al componente electrónico más de 35V según el datasheet del fabricante. Posee 3 pines, (1) voltaje de entrada, (2) masa/tierra/Gnd y (3) voltaje de salida, ver Figura 25.



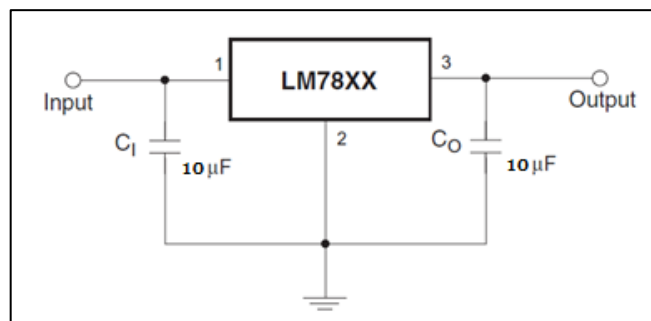
**FIGURA N°25**  
**PINES DEL 7805**



Fuente: <https://www.sparkfun.com/datasheets>  
Elaborado por: Texas Instruments.

La mayor parte de la tensión suministrada por la fuente de voltaje es absorbida por el regulador y disipada por medio de calor, lo cual requiere que algunos reguladores necesiten un disipador de calor acorde al componente que se esté utilizando.

**FIGURA N°26**  
**COMPONENTES PARA EL CIRCUITO DEL 7805**



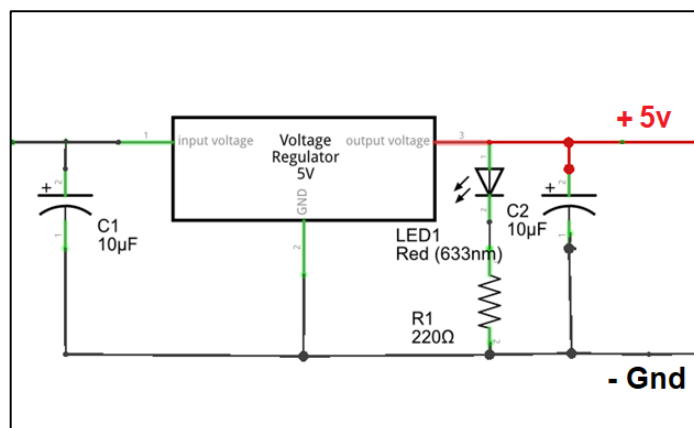
Fuente: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/LM7805.pdf>  
Elaborado por: Texas Instruments.

La conexión del componente se utilizará 2 condensadores polarizados de 10 $\mu F$ , con el objetivo de filtrar un poco la tensión. El diagrama fue obtenido desde la hoja del fabricante como recomendación, ver Figura 26.

El circuito regulador es similar a la Figura 27, solo se agregará a la salida de 5V del diagrama un led azul junto a una resistencia de 220Ohm, ver Figura 21.



**FIGURA N°27**  
**DIAGRAMA DE ALIMENTACIÓN PARA EL CIRCUITO**

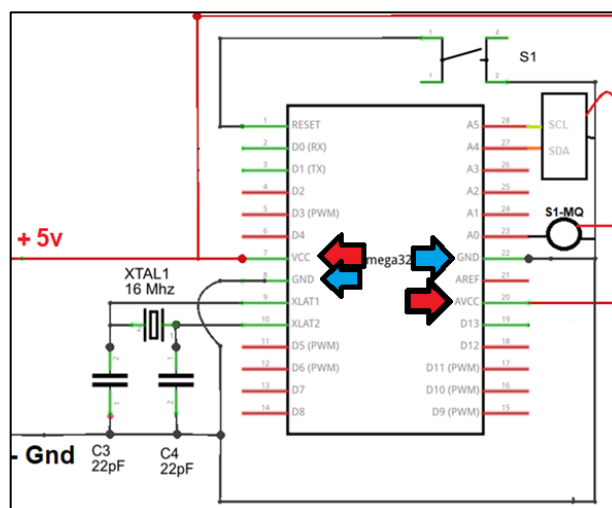


Fuente: <https://www.prometec.net/arduino-en-protoboard/>  
 Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

### 3.6.2 Conexiones del circuito

Los pines 7 y 20 corresponden al Vcc del microcontrolador atmega328 PU, deben estar conectados a los 5V regulados por el 7805, los pines 8 y 22 deben estar conectados a tierra, ver Figura 28.

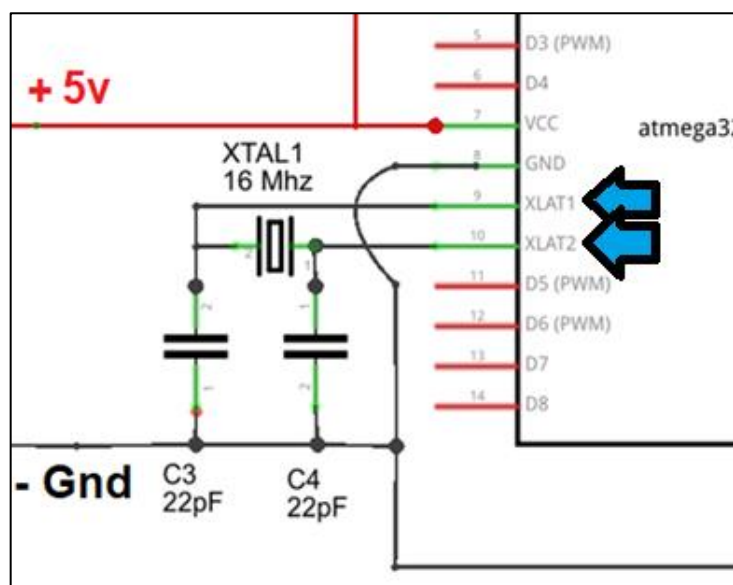
**FIGURA N°28**  
**CONEXIONES VCC Y GND**



Fuente: <https://www.prometec.net/arduino-en-protoboard/>  
 Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

Los pines 9 y 10 están destinado al oscilador 16Mhz seguidos de los condensadores de lenteja hasta tierra, ver Figura 29.

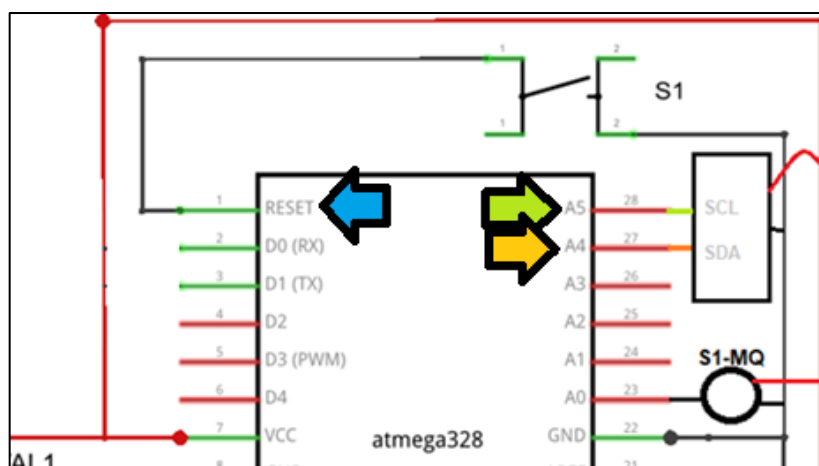
**FIGURA N°29**  
**CONEXIONES DEL OSCILADORES Y CONDESADORES**



Fuente: <https://www.prometec.net/arduino-en-protoboard/>  
 Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

El pin 1 está conectado a un interruptor con salida a tierra, los pines 28 y 27 son para la comunicación scl/sda de la pantalla lcd 2x16 segmentos conectado a 5V, ver Figura 30.

**FIGURA N°30**  
**CONEXIONES DE INTERRUPTOR Y PANTALLA LCD**



Fuente: <https://www.prometec.net/arduino-en-protoboard/>  
 Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

El pin 23 se conecta al puerto A0 del sensor MQ-135 y conectado a 5V, ver Figura 31.

**FIGURA N°31**  
**CONEXIÓN PARA EL SENSOR MQ-135**



Fuente: <https://www.prometec.net/arduino-en-protoboard/>  
 Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

### 3.6.3 Fuentes de voltaje

Existen diversas maneras para suministrar energía a los prototipos como el uso de fuentes conmutadas, cargadores, baterías de diferente tipo e incluso con el uso de paneles solares, ver Anexo 14.

El circuito fue montado sobre un protoboard y cuenta con una batería Lipo de 2 celdas con un voltaje de 7.4V - 5000mAh, la configuración del circuito tiene un consumo total de 5V - 434mAh – 2.17Wh, lo que permitirá su funcionamiento durante once horas por lo cual se necesitaría 4 celdas adicionales para mantener su funcionamiento durante 24 horas, este consumo de energía es en condiciones ideales sin embargo el consumo real de energía ronda alrededor del 80% de la batería, ver Anexo 14 y 15.

## CAPÍTULO IV

### PROPUESTA DEL PROYECTO

#### 4.1 CRONOGRAMA

**TABLA N°14**  
**PLAN DE INVESTIGACIÓN (PROPUESTA)**

<b>13 - 18 octubre</b>	Revisiones de los anteproyectos con el tutor
<b>19 - 23 de octubre</b>	Sustentación del Anteproyecto.
<b>24 y 25 de octubre</b>	Entrega del anteproyecto.
<b>PROCESO DE TUTORÍAS</b>	
<b>25 de octubre al 03 de noviembre</b>	Desarrollo del Capítulo I.
<b>06 - 24 de noviembre</b>	Desarrollo del Capítulo II.
<b>27 de nov al 15 - diciembre de 2017</b>	Desarrollo del Capítulo III.
<b>18 - 22 de Dic 2017 - 2 - 9 de enero de 2018</b>	Desarrollo del Capítulo IV. Revisión el abstract y resumen en inglés.
<b>15 al 29 de enero 2018</b>	Revisión de los capítulos I, II, III y IV por parte de los revisores.
<b>29 de enero al 11 de febrero 2018</b>	Correcciones. Entrega al revisor para aprobación final.
<b>REVISIÓN, SUSTENTACIÓN Y CIERRE DE PROCESO</b>	
<b>16 al 21 de febrero 2018</b>	Entrega del abstract. Elaboración de carpeta de incorporación. Entrega de tesis empastada y CD's. Entrega de formato de hoja de vida.
<b>26 y 27 de febrero</b>	Sustentaciones.

Fuente: Departamento de Titulación de Ingeniería en Teleinformática.  
Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

## 4.2 Presupuesto

La elaboración del prototipo de Sistema de Monitoreo de CO<sub>2</sub> requiere estimar los valores y unidades de materiales siguientes:

**TABLA N°15**  
**MATERIAL REQUERIDO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO**

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio</b>
1	Sensor MQ 135	\$10.00
1	Shield Logger SD V1	\$12.00
1	Arduino Uno	\$35.00
1	Lamina plástica	\$4.00
1	Cargador 9V	\$5.00
1 metro	Cable de conexión eléctrica	\$1.50
1	Memoria micro Sd de 8 Gb y lector	\$12.00
1	pantalla led de 4x20 segmentos con módulo de 4 pines	\$8.00
1	Fuente de voltaje ATX	\$10.00
1	Cinta de Ducto	\$4.00
6	Led RGB	\$0.90
1	Resistencia de 1kOhm	\$0.15
1	Sensor Dht11	\$4.00
2	Batería Lipo 2200mAh	\$2.00
1	Balanceador Lipo circuito para dos baterías	\$0.75
2 metros	Cable de red	\$1.75
1	Estaño	\$0.50
1	Silicona	\$1.00
1	Switch	\$0.25
1	Cooler de 12V	\$0.75
4	Tuercas y pernos.	\$0.25
<b>Total de Presupuesto</b>		<b>\$149.80</b>

Fuente: Prototipo de Sistema de Monitoreo de CO<sub>2</sub>  
Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

### 4.3 Conclusiones

Durante la recopilación necesaria sobre datos técnicos y teóricos para la construcción del prototipo, se encontraron ciertas dificultades en la calibración de los sensores, sin embargo, los foros y blogs donde se comparte libremente información sobre la programación de los dispositivos y diseños de hardware posibilitaron afrontar los problemas encontrados durante el proyecto de construcción.

se expone con certeza que el Software y Hardware abierto permiten que las personas colaboren mutuamente y resuelvan problemáticas, que permitieron alcanzar con ciertas metas propuestas, se concluyó con los siguientes aspectos:

Se logró evaluar placas programables de Raspberry Pi y Arduino Uno, destacando que el hardware abierto permite que cualquier placa programable podría ser de utilidad para resolver la problemática.

Se logro determinar que sensor de la familia MQ podría ser utilizado para el sistema de monitoreo, se determinó por utilizar el sensor MQ-135 debido a su bajo costo.

Se logró desarrollar el diseño del sistema de monitoreo.

Se logró construir el prototipo del sistema de monitoreo, cumpliendo con el objetivo de registrar las concentraciones del dióxido de carbono en el ambiente.

Se llegó a evaluar el prototipo del sistema de monitoreo en entornos reales. Se realizo la captura de datos en las zonas de la facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil que colaboró favorablemente y se hizo monitoreo en la Ciudadela La Atarazana, que se encuentra cercana a distribuidoras y fábricas.

#### **4.4 Recomendaciones**

Se recomienda a la carrera de Ingeniería en Teleinformática:

Estudiar y utilizar diversos de sensores durante las prácticas de laboratorio y clases de electrónica, esto favorecerá al estudiante en formación para los proyectos académicos.

Realizar la construcción de fuentes de voltajes adecuadas para los prototipos y circuitos que necesiten diferentes tensiones en sus proyectos.

Realizar continuidad en proyectos anteriores que complementen las tesis ya realizadas por los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Teleinformática.

Permitir que las carreras de la facultad industrial realicen proyectos académicos en conjunto para ampliar el desarrollo en los temas de tesis.

Se recomienda que los estudiantes de la carrera reciban instrucciones más profundas sobre la elaboración de artículos científicos previo a la realización de la tesis.

**ANEXOS**



## ANEXO N°1

### CODIFICACIÓN COMPLETA PARA LA PLACA ARDUINO

```
#include <DHT11.h>
#include <SD.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <SPI.h>
#include "RTClib.h"
#include "MQ135.h"

#define ANALOGPIN A0      //Definimos sensor mq135
#define RZERO 664.00
MQ135 gasSensor = MQ135(ANALOGPIN);
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4); //Definimos pantalla led
DHT11 dht11(A1);        // Definimos el sensor de temperatura
RTC_DS1307 RTC;          // Definimos el reloj
File logfile;             // Fichero a escribir en la SD
const int chipSelect = 10; // Puerto de comunicacion del shield
const bool eco = true;
int count = 0;            //Controla numero de registros

void setup()
{
    Serial.begin(9600);

    //-----mq135-----
    float rzero = gasSensor.getRZero();
    delay(3000);
    Serial.print("MQ135 RZERO Calibration Value : ");
    Serial.println(rzero);

    //-----lcd-----
    lcd.init();                // initialize the lcd
    lcd.init();
    // Print a message to the LCD.
    lcd.backlight();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("PPM:");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("RZO:");
    lcd.setCursor(4,1);
    lcd.print(rzero);
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print("TMP:");
    lcd.setCursor(11,2);
    lcd.print("MHD:");
    lcd.setCursor(0,3);
    lcd.print("FCH:");
    lcd.setCursor(8,3);
    lcd.print("/");
}
```

Fuente: Prototipo de Sistema de Monitoreo de CO<sub>2</sub>  
 Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

## ANEXO N°1

### CODIFICACIÓN COMPLETA PARA LA PLACA ARDUINO

```

lcd.setCursor(11,3);
lcd.print("/");
lcd.setCursor(17,3);
lcd.print(":");

//-----

pinMode(5, OUTPUT);
pinMode(6, OUTPUT);
pinMode(7, OUTPUT);
pinMode(A1, INPUT_PULLUP) ; // DHT11 pin de lectura
pinMode(chipSelect, OUTPUT); // SD card pin select

if (!SD.begin(chipSelect))
    error("No hay tarjeta SD.");
else
    Serial.println("Tarjeta SD inicializada.");

// Creamos el fichero de registro
char filename[] = "LOGGER00.CSV";
for (uint8_t i = 0; i < 100; i++)
{
    filename[6] = i/10 + '0';
    filename[7] = i%10 + '0';
    if (! SD.exists(filename)) // Si no existe el
fichero, lo creamos
    {
        logfile = SD.open(filename, FILE_WRITE);
        break; // leave the loop!
    }
}
if (! logfile)
    error("No se pudo crear el fichero de registro");

Serial.print("Registrando en: "); Serial.println(filename);

// connect to RTC
Wire.begin();
if (!RTC.begin())
    logfile.println("No hay RTC.");
else
    Serial.println("RTC correcto. Iniciando captura de datos");

logfile.print("Unix") ;
logfile.print(", ");
logfile.print("Fecha") ;
logfile.print(", ");
logfile.print("Hora") ;
logfile.print(", ");
logfile.print("Cont") ;
logfile.print(", ");

```

Fuente: Prototipo de Sistema de Monitoreo de CO<sub>2</sub>  
 Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

## ANEXO N°1

### CODIFICACIÓN COMPLETA PARA LA PLACA ARDUINO

```

logfile.print("Temp") ;
logfile.print(", ");
logfile.print("Humedad") ;
logfile.print(", ");
logfile.println("PPM/CO2") ;

}

void loop()
{

    float ppm = gasSensor.getPPM();

    //-----
    DateTime now;
    int err ;
    float temp, hum;

    //-----
    -----
    if((err = dht11.read(hum, temp)) == 0)    // Si devuelve 0
    es que ha leído bien
    {

        now = RTC.now();
        DateTime future (now.unixtime() + 0 * 86400L + 30);

        logfile.print(now.unixtime()); // seconds since
1/1/1970
        logfile.print(", ");
        logfile.print(future.year(), DEC);
        logfile.print("/");
        logfile.print(future.month(), DEC);
        logfile.print("/");
        logfile.print(future.day(), DEC);
        logfile.print(", ");
        logfile.print(future.hour(), DEC);
        logfile.print(":");
        logfile.print(future.minute(), DEC);
        logfile.print(":");
        logfile.print(future.second(), DEC);
        logfile.print(", ");
        logfile.print(count);
        logfile.print(", ");
        logfile.print(temp);
        logfile.print(", ");
        logfile.print(hum);
        logfile.print(", ");
        logfile.println(ppm);
    }
}

```

Fuente: Prototipo de Sistema de Monitoreo de CO2  
 Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

## ANEXO N°1

### CODIFICACIÓN COMPLETA PARA LA PLACA ARDUINO

```

if (ppm<=2499)
{

    for(int m=0 ; m<3 ; m++){

        Color(0,250,0) ; //verde
        delay(100);
        Color(0,0,0) ;
        delay(100);

    }

}

if (ppm>=2500 && ppm<=29999 )
{

    for(int m=0 ; m<3 ; m++){

        Color(0,0,250) ; //azul
        delay(100);
        Color(0,0,0) ;
        delay(100);

    }

}

if (ppm>=30000 && ppm<=49999 )
{

    for(int m=0 ; m<3 ; m++){

        Color(250,0,0) ; //rojo
        delay(100);
        Color(0,0,0) ;
        delay(100);

    }

}

if (ppm>=50000 )
{

    for(int m=0 ; m<3 ; m++){

        Color(180,95,236) ; //morado
        delay(100);
    }

}

```

Fuente: Prototipo de Sistema de Monitoreo de CO<sub>2</sub>  
 Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

## ANEXO N°1

### CODIFICACIÓN COMPLETA PARA LA PLACA ARDUINO

```

        Color(0,0,0) ;
        delay(100);

    }

}

//-----
-----
if ( count++ > 49 )
{
    logfile.flush(); // Para forzar la escritura en
1a SD
    count = 0 ;      // Cada 50 lecturas
    //delay(600000); // 10 minutos

}

//-----
-----
if (eco)
{
    Serial.print(future.year(), DEC);
    Serial.print('/');
    lcd.setCursor(4,3);
    lcd.print(future.year(), DEC);
    Serial.print(future.month(), DEC);
    Serial.print('/');
    lcd.setCursor(9,3);
    lcd.print(future.month(), DEC);
    Serial.print(future.day(), DEC);
    Serial.print(',');
    lcd.setCursor(12,3);
    lcd.print(future.day(), DEC);
    Serial.print(future.hour(), DEC);
    Serial.print(':');
    lcd.setCursor(15,3);
    lcd.print(future.hour(), DEC);
    Serial.print(future.minute(), DEC);
    Serial.print(':');
    lcd.setCursor(18,3);
    lcd.print(future.minute(), DEC);
    Serial.print(future.second(), DEC);
    Serial.print(", ");
    Serial.print(count);
    Serial.print(", ");
    Serial.print(temp);
    Serial.print(", ");
    lcd.setCursor(4,2);
    lcd.print(temp);
}

```

Fuente: Prototipo de Sistema de Monitoreo de CO<sub>2</sub>  
 Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

## ANEXO N°1

### CODIFICACIÓN COMPLETA PARA LA PLACA ARDUINO

```

        Serial.print(hum);
        Serial.print(", ");
        lcd.setCursor(15,2);
        lcd.print(hum);
        Serial.println(ppm);
        lcd.setCursor(4,0);
        lcd.print(ppm);

    }

}

else
{

    Serial.println();
    Serial.print("Error Num :");
    Serial.print(err);
    Serial.println();

}

    delay(2000);          //Recordad que solo lee una vez por
segundo

}

void error(char *str)
{

    Serial.print("error: ");
    Serial.println(str);
    while(1);

}

void Color(int R, int G, int B)
{
    analogWrite(5 , R) ;    // Rojo
    analogWrite(6 , G) ;    // Green - Verde
    analogWrite(7 , B) ;    // Blue - Azul
    //Serial.print(R);
    //Serial.print(", ");
    //Serial.print(G);
    // Serial.print(", ");
    //Serial.println(B);

}

```

Fuente: Prototipo de Sistema de Monitoreo de CO<sub>2</sub>  
 Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

## ANEXO N°2

### CONEXIONES DE TENSIONES POR COLORES PARA LA FUENTE ATX

Color	Signal	Pin	Pin	Signal	Color
Orange	+3.3 V	1	13	+3.3 V	Orange
Orange	+3.3 V	2	14	+3.3 V sense	Brown
Black	Ground	3	15	-12 V	Blue
Red	+5 V	4	16	Ground	Black
Black	Ground	5	17	Power on	Green
Red	+5 V	6	18	Ground	Black
Black	Ground	7	19	Ground	Black
Grey	Power good	8	20	Ground	Black
Purple	+5 V standby	9	21	Reserved	N/C
Yellow	+12 V	10	22	+5 V	Red
Yellow	+12 V	11	23	+5 V	Red
Orange	+3.3 V	12	24	+5 V	Red
				Ground	Black

+3.3V	1	13	+3.3V
+3.3V	2	14	-12V
COM	3	15	COM
+5V	4	16	PS_ON#
COM	5	17	COM
+5V	6	18	COM
COM	7	19	COM
WR_ON	8	20	NC
+5VSB	9	21	+5V
+12V	10	22	+5V
+12V	11	23	+5V
+3.3V	12	24	COM

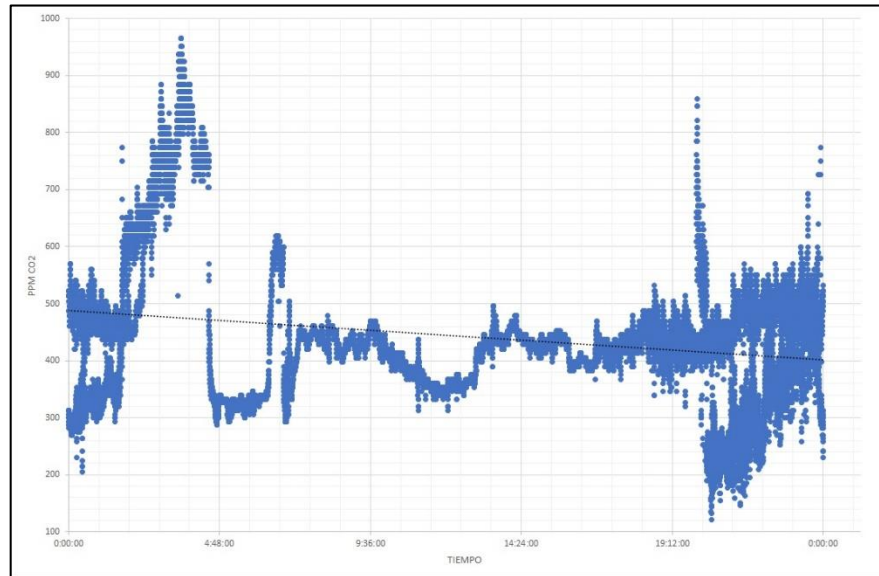
  

COM	1	2	+12V
COM	3	4	+12V

Fuente: <https://www.prometec.net/wp-content/uploads/2015/01/pinout.jpg>  
 Elaborado por: Prometec Net.

### ANEXO N°3

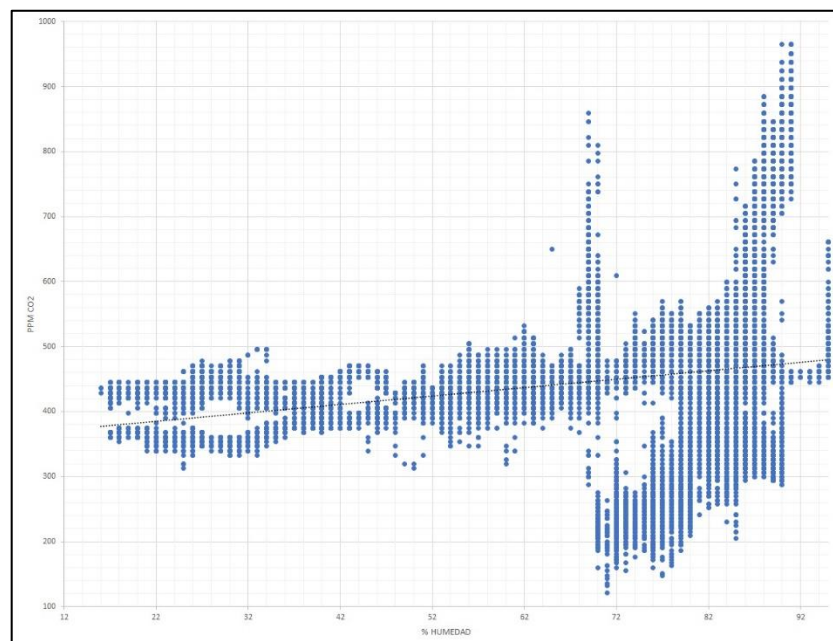
#### DIAGRAMA DE DISPERSIÓN PPM Y TIEMPO – 1 SEMANA – CDLA ATARAZANA



Fuente: Prototipo de Sistema de Monitoreo de CO<sub>2</sub>  
Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

### ANEXO N°4

#### DIAGRAMA DE DISPERSIÓN PPM Y HUMEDAD RELATIVA – 1 SEMANA – CDLA ATARAZANA



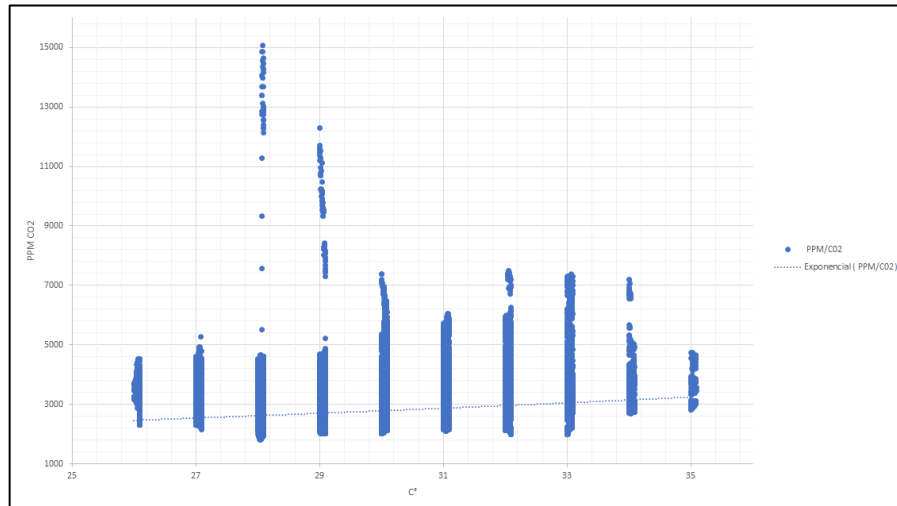
Fuente: Prototipo de Sistema de Monitoreo de CO<sub>2</sub>  
Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.



## ANEXO N°5

### DIAGRAMA DE DISPERSIÓN PPM Y GRADOS CENTIGRADOS – 1

### SEMANA – FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

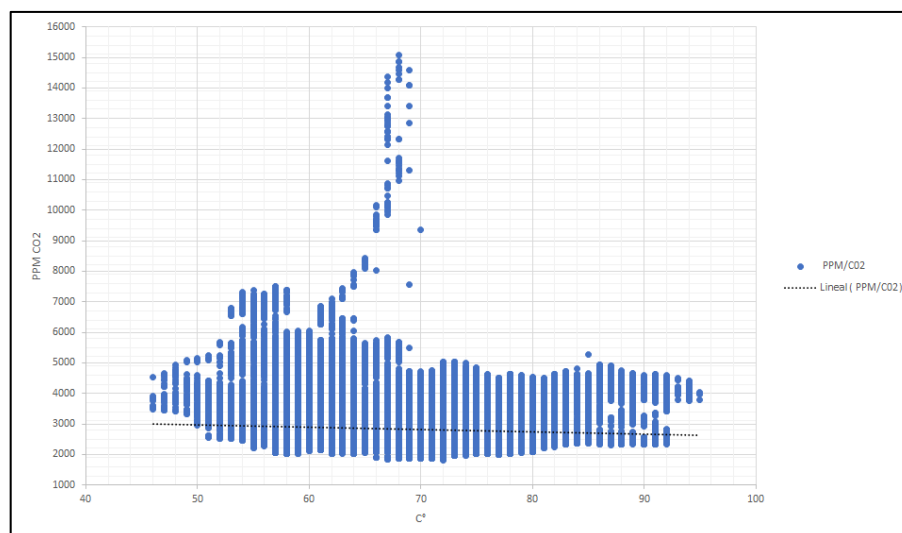


Fuente: Prototipo de Sistema de Monitoreo de CO<sub>2</sub>  
Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

## ANEXO N°6

### DIAGRAMA DE DISPERSIÓN PPM Y HUMEDAD RELATIVA – 1

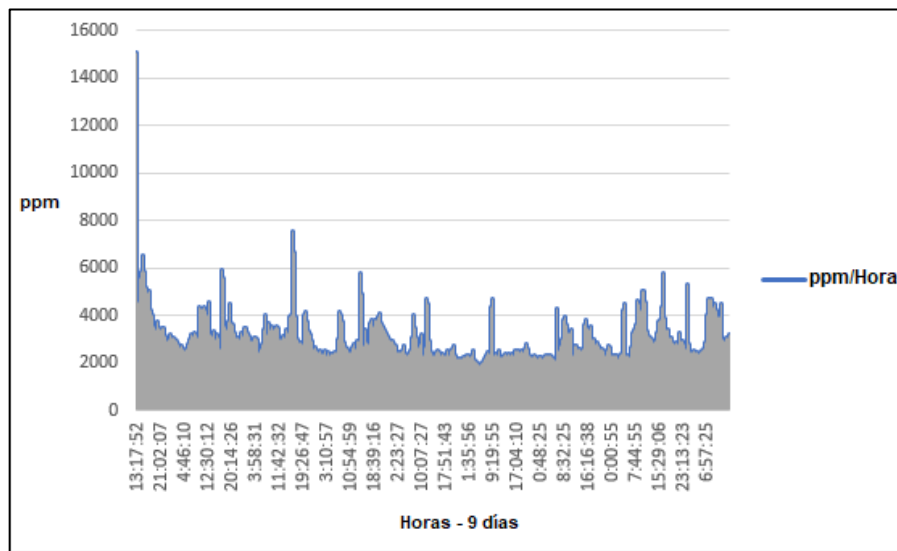
### SEMANA – FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



Fuente: Prototipo de Sistema de Monitoreo de CO<sub>2</sub>  
Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

## ANEXO N°7

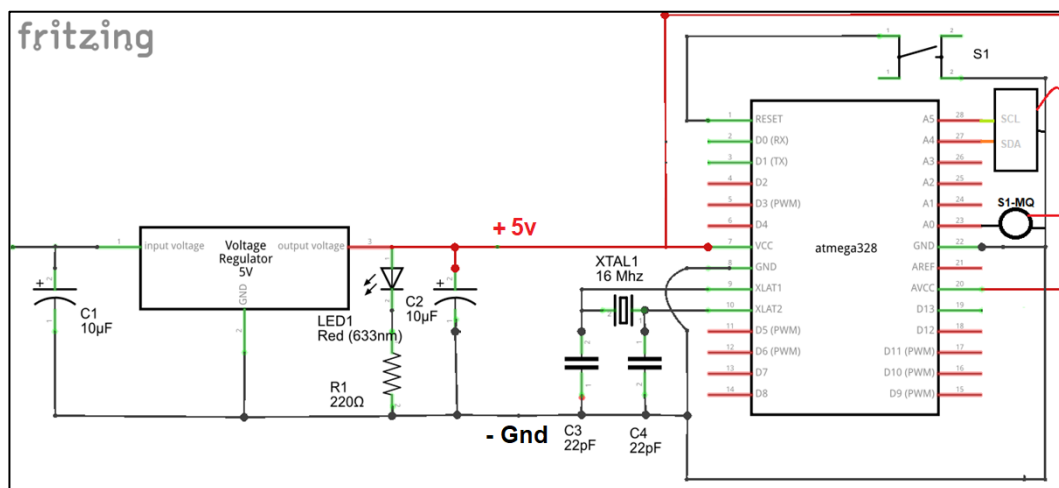
### DIAGRAMA DE DISPERSIÓN PPM Y TIEMPO – 1 SEMANA – FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



Fuente: Prototipo de Sistema de Monitoreo de CO<sub>2</sub>  
Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

## ANEXO N°8

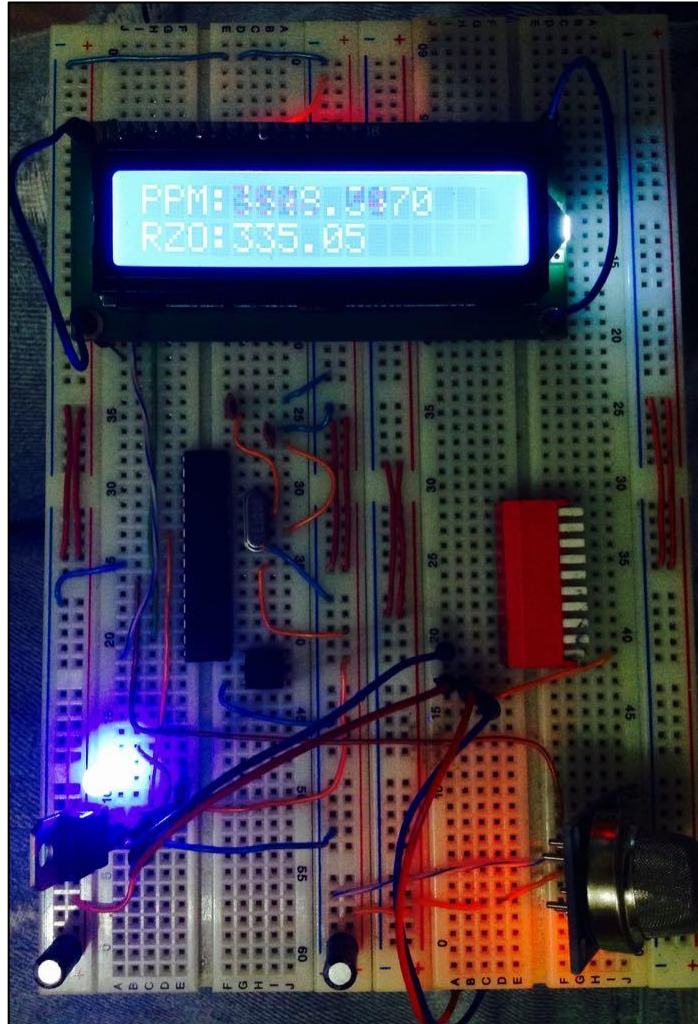
### DIAGRAMA COMPLETO DEL CIRCUITO



Fuente: Prototipo de Sistema de Monitoreo de CO<sub>2</sub>.  
Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin

## ANEXO N°9

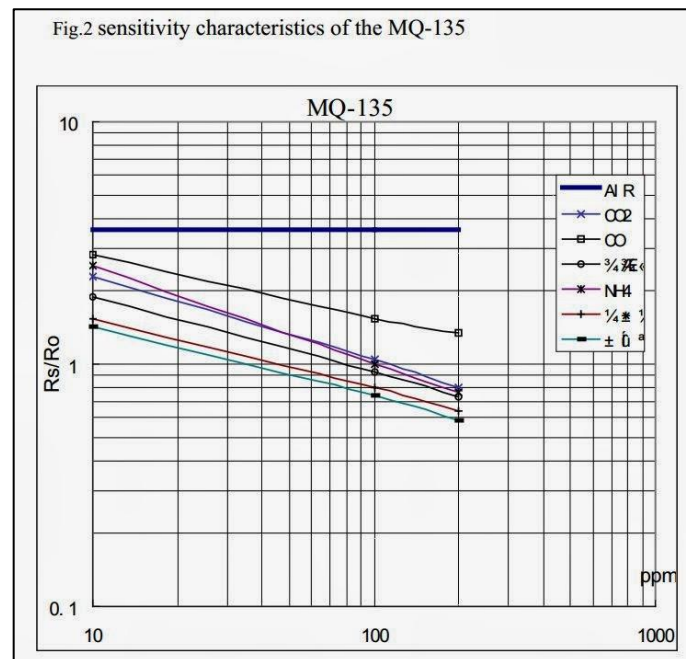
### CIRCUITO EJEMPLO CON HARDWARE ABIERTO PARA EL SISTEMA DE MONITOREO DE CO<sub>2</sub>



Fuente: Prototipo de Sistema de Monitoreo de CO<sub>2</sub>.  
Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

## ANEXO N°10

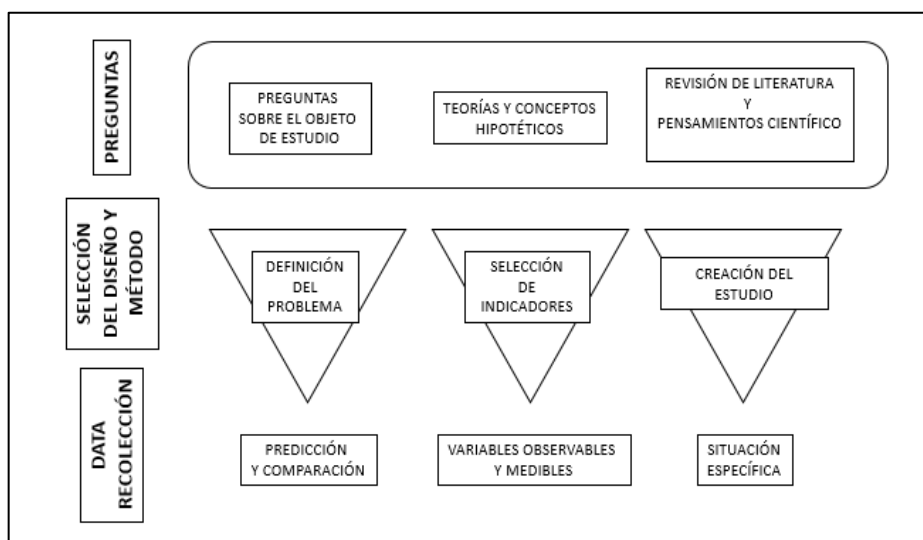
### CURVA DE SENSIBILIDAD A GASES MQ135.



Fuente: Olimex.com  
Elaborado por: Olimex

## ANEXO N°11

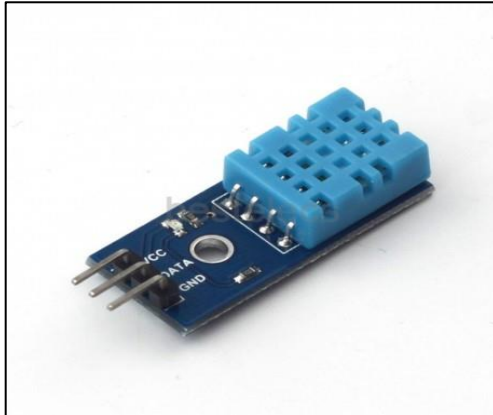
### DIAGRAMA DE PROCESO DE ESTUDIO.



Fuente: <https://explorable.com/es/operacionalizacion>  
Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

## ANEXO N°12

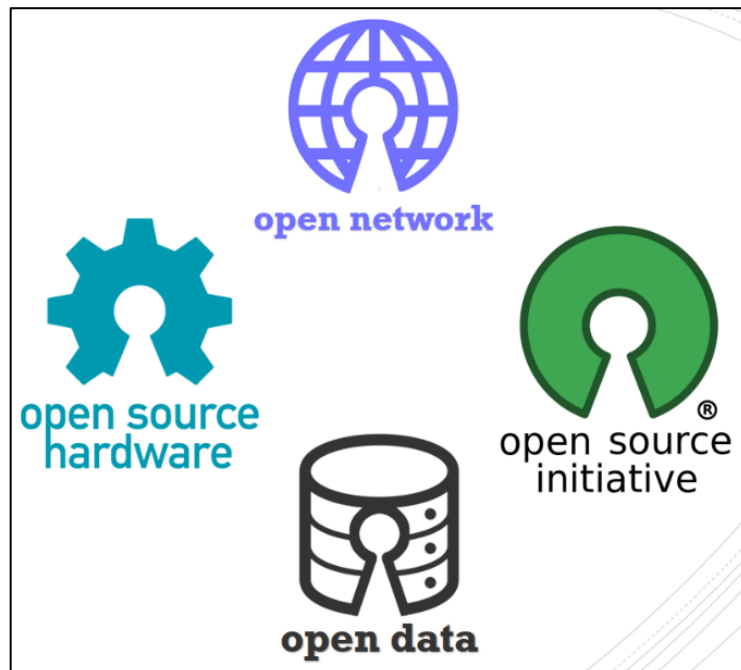
### SENSOR DTH11 CON MODULO



Fuente: [www.cdtecnologia.net/sensores/289-sensor-de-temperatura-y-humedad-dth11.html](http://www.cdtecnologia.net/sensores/289-sensor-de-temperatura-y-humedad-dth11.html)  
Elaborado por: C&D Tecnologia.

## ANEXO N°13

### HARDWARE, RED, DATA Y SOFTWARE ABIERTO



Fuente: IEEE Ecuador.  
Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

## ANEXO N°14

### CONSUMO DE ENERGIA DEL CIRCUITO

Características	Voltaje	mAh	Voltaje de Operación	Circuito - mAh	Shield - mAh	Watts Hora	Horas
Lipo	3,7	2500					
2 celdas	7,4	5000	5	184	250	2,17	11,5
6 celdas	7,4	15000					34,6
Pilas Alcalinas	1,5	900 - 1155					
4 pilas AAA	6	3600 - 4620	5	184	250	2,17	8-10,6
8 pilas AAA	6	7200 - 9240					16,5-21,2
Pilas Alcalinas	1,5	1100 - 3000					
4 pilas AA	6	4400 - 12000	5	184	250	2,17	10-27,6
Panel Solar Policristalino							
Celulas Epoxi Ec3	5,5	630				3,5	
8 celulas 16.5x13.5x1.5 cm	5,5	5040					

KWh = 0,09ctvs  
[mAh\*V]/1000 = Wh Watts Hora  
[Wh\*1000]/V = mAh Milli Amperio Hora

	mAh	Voltios		Watt/hora
shield	250	5	1250	1,25
m q 135	160	5	800	0,8
dht11	0,3	3,3	0,99	0,00099
lcd 4x20	45	5	225	0,225
lcd 2x16	2,5	5	12,5	0,0125
atmega	16,43	5	82,15	0,08215
led	20	3,3	66	0,066
RGB led	20	3,3	66	0,066
Ventilador	100	12	1200	1,2

Fuente: Prototipo de Sistema de Monitoreo de CO<sub>2</sub>.  
Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

## ANEXO N°15

### CONSUMO DE ENERGIA PROTOTIPO

Carácterística	Voltaje	mAh	Voltaje de Operación	Equipo - mAh	Watts Hora	Horas de func.
Lipo	3,7	2500				
2 celulas	7,4	5000	5	621,3	3,1065	8,0
Pilas Alcalinas	1,5	900 - 1155				
4 pilas AAA	6	3600 - 4620	5	621,3	3,1065	5,7 - 7,4
Pilas Alcalinas	1,5	1100 - 3000				
4 pilas AA	6	4400 - 12000	5	621,3	3,1065	7 - 19,3
Panel Solar Policristalino						
Celda Epoxi Ec3	5,5	630			3,5	
5 celulas 16.5x13.5x1.5 cm	5,5	3150				

KWh = 0,09ctvs  
[mAh\*V]/1000 = Wh Watts Hora  
[Wh\*1000]/V = mAh Milli Amperio Hora

	mAh	Voltios		Watt/hora
shield	250	5	1250	1,25
m q 135	160	5	800	0,8
dht11	0,3	3,3	0,99	0,00099
lcd 4x20	45	5	225	0,225
lcd 2x16	2,5	5	12,5	0,0125
atmega	16,43	5	82,15	0,08215
led	20	3,3	66	0,066
RGB led	20	3,3	66	0,066
Ventilador	100	12	1200	1,2
arduino uno	46	5	230	0,23

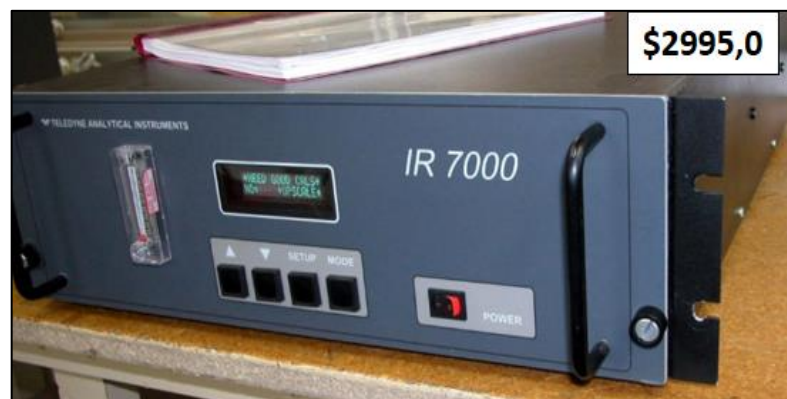
Fuente: Prototipo de Sistema de Monitoreo de CO<sub>2</sub>.  
Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

**ANEXO N°16**  
**THERMO SCIENTIFIC IRIS 4100 MID-IR**  
**ANALIZADOR DE CO2 BASADA EN LÁSER**



Fuente: Ebay.  
Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.

**ANEXO N°17**  
**TELEDYNE IR7000 0-100,1000 PPM CO ANALIZADOR**



Fuente: Ebay.  
Elaborado por: Ganchozo Moreno Marvin.



## ANEXO N°18

### EQUIPOS UTILIZADOS POR REMMAQ

#### (RED METROPOLITANA DE MONITOREO ATMOSFÉRICO DE QUITO)

Contaminante	Número Equipos	Ubicación	Método de medida o principio de operación	Marca y modelo					
Material particulado PM10	4	Tum, Gua, Car, Sap	Atenuación de rayos beta (Método equivalente para PM10 EPA No. EQPM-1102-150)	Thermo Scientific/FH62C14	Generador Aire Cero	12	Bel, Jip, Cam, Cen, Tum, Chi, Cot, Car, Gua, Lab. electrónico, E. móvil	Principio de operación: Filtración de aire comprimido por medio de carbón activado y purafil, y calentamiento para oxidación.	THERMO / 111
	6	Bel, Cam, Cen, Cot, Car, Sap	Atenuación de rayos beta (Método equivalente para PM10 EPA No. EQPM-1102-150)	Thermo Andersen / FH62C14		1	Lab. Estándares Jipijapa	Principio de operación: Filtración de aire comprimido por medio de carbón activado y purafil, y calentamiento para oxidación.	ECOTECH / HTO-1000HC
Dióxido de azufre (SO2)	7	Bel, Cam, Cen, Tum, Cot, Car, Chi	Fluorescencia por pulsos de luz ultravioleta (Método equivalente EPA No. EQSA-0486-060)	THERMO 43C / 43I	Estación portátil para monitoreo de CO, SO2, NO2, O3, PM2.5, humedad relativa y temperatura del aire	1	Lab. Electrónico	Principio de operación: Gas Sensitive Semiconductor (GSS) Gas Sensitive Electrochemical (GSE)	AQM60
Dióxido de azufre (SO2)	2	Laboratorio Estándares, E. móvil	Fluorescencia ultravioleta (Método equivalente EPA No. EQSA-0495-0100)	TELEDYNE API / T100					
Ozono (O3)	10	Bel, Cam, Cen, Tum, Chi, Cot, Car, Gua, Jip*, Lab. Electrónico	Absorción de luz ultravioleta (Método equivalente EPA No. EQOA-0880-047	THERMO 49C / 49I	Sistema Blade, con 5 servidores físicos	1	Centro de Datos	Virtualizado para instalar los servidores de: comunicaciones, bases de datos, web explotación, índice quitoño calidad del aire, proxy, respaldos, correo, envío de alarmas, web.	>HP C-3000
Ozono (O3)	2	Laboratorio Estándares, E. móvil	Absorción de luz ultravioleta (Método equivalente EPA No.	TELEDYNE API / T400					
Óxidos de nitrógeno(NOX)	8	Bel, Cam, Cen,Cot, Car, Gua, Jip, Chi	Quimiluminiscencia Método de referencia EPA No. RFNA-1289-074)	THERMO 42C / 42I	Sistema Almacenamiento, con capacidad de 9.6 TB.	1	Centro de Datos	Almacenamiento de información de Analizadores de Gases, Meteorología, bases de datos y sistemas que utiliza la REMMAQ y la Secretaría de Ambiente.	HP P2000
	2	Laboratorio Estándares, E. móvil	Quimiluminiscencia(Método de referencia EPA No. RFNA-1194-099)	TELEDYNE API / T200					
Monóxido de carbono(CO)	8	Bel, Cam, Cen, Cot, Car, Gua, Jip, Lab. Electrónico	Absorción infrarroja no dispersiva (Método de referencia EPA No. RFCA-0981-054)	THERMO / 48C / 48I	Librería Cintas para 24 cintas de (1.5 TB) con tecnología LTO-4 y LTO-5	1	Centro de Datos	Respaldos de información y sistemas	HP MSL202
Monóxido de carbono(CO)	2	Laboratorio Estándares, E. móvil	Absorción infrarroja no dispersiva (Método de referencia EPA No. RFCA-1093-093)	TELEDYNE API/ T300					
Multicalibrador (SO2, NOX, CO, O3)	12	Bel, Cam, Cen, Tum, Chi, Cot, Car, Gua, Jip, Lab. Electrónico, E. móvil	Principio de operación: Dilución de gases, aire cero con un material de referencia certificado (contaminante de concentración conocida).	THERMO/ 146C / 146I					
	1	Laboratorio Estándares	Principio de operación: Dilución de gases, aire cero con un material de referencia certificado (contaminante de concentración conocida).	TELEDYNE API/ 700E					

Fuente: [www.quitoambiente.gob.ec](http://www.quitoambiente.gob.ec)

Elaborado por: Secretaría del Ambiente Quito.



## BIBLIOGRAFÍA

**Acero, J., & Christian, R. (abril de 2016).** *Repositorio Digital - EPN.*  
Sistema Prototipo Para El Monitoreo Inalámbrico De Gases  
Contaminantes Del Aire Desarrollado Bajo Plataformas De  
Hardware Y Software Libre:  
file:///C:/Users/user/AppData/Local/Temp/CD-6983.pdf

**Asair. (s.f.). Asair (2017).** *Documento de sitio web.* Temperature and  
humidity module DHT11 Product Manual AOSONG Electronics Co.,  
Ltd.: <https://akizukidenshi.com/download/ds/aosong/DHT11.pdf>

**Carles, P. (20 de julio de 2008).** *Pagina web Abcienciade:*  
<https://abcienciade.wordpress.com/2008/07/20/concentracion-de-dioxido-de-carbono-en-ppm/>

**Ckalpha. (29 de junio de 2015).** *Pagina Web Github Web Site:*  
<https://github.com/ckalpha/MQ135-Arduino-Sensor/blob/master/MQ135/MQ135.ino>

**Dea. (19 de Diciembre de 2014).** *Pagina Web Geek Bot:*  
<http://www.geekbotelectronics.com/dht11-sensor-de-humedad-y-temperatura/>

**Definicion.de. (2017).** *Pagina Web Definicion.D:*  
<https://definicion.de/sensor/>

**Del Valle, L. (2018).** *Pagina Web Programar Facil:*  
<https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/resistencia-pull-up-y-pull-down/>

**Ecuador, C. d. (2008).** *Libro Constitucion de la Republica de Ecuador.*

Quito:

[http://www.asambleanacional.gov.ec/documentos/constitucion\\_de\\_bolsillo.pdf](http://www.asambleanacional.gov.ec/documentos/constitucion_de_bolsillo.pdf)

**Ecuador, S. N. (2013).** *Pagina web Secretaria Nacional de Planificación y*

*Desarrollo:* <http://www.buenvivir.gob.ec/>

**Gironi, D. (1 de mayo de 2017).** *Pagina web Davidegironi Blogspot:*

<http://davidegironi.blogspot.com/2017/05/mq-gas-sensor-correlation-function.html#.WIVIGzdG3IU>

**Hacedores. (12 de mayo de 2014).** *Pagina web Hacedores Maker Community:*

<http://hacedores.com/arduino-o-raspberry-pi-cual-es-la-mejor-herramienta-para-ti/>

**Leantec. (2018).** *Pagina web Leantec:*

[http://www.leantec.es/blog/22\\_Diferencias-entre-Arduino-y-Raspberry-Pi.html](http://www.leantec.es/blog/22_Diferencias-entre-Arduino-y-Raspberry-Pi.html)

**Llamas, L. (21 de octubre de 2016).** *Pagina web Luis Llamas Ingeniería y*

*Diseño:*

<https://www.luisllamas.es/arduino-detector-gas-mq/>

**Lopez, V., & Gutierrez, J. (8 de mayo de 2017).** *Pagina web ECORFAN-Mexico, S.C:*

[http://www.ecorfan.org/republicofperu/research\\_journals/Revista\\_de\\_Ingenieria\\_Electrica/vol1num1/ECORFAN\\_Revista\\_de\\_Ingenier%C3%ADa\\_El%C3%A9ctrica\\_VI\\_NI.pdf#page=29](http://www.ecorfan.org/republicofperu/research_journals/Revista_de_Ingenieria_Electrica/vol1num1/ECORFAN_Revista_de_Ingenier%C3%ADa_El%C3%A9ctrica_VI_NI.pdf#page=29)

**MAE. (2010).** *Documento de sito web Ministerio del Ambiente del Ecuador:*

<http://www.ambiente.gob.ec/wp->

content/uploads/downloads/2012/10/libro-calidad-aire-1-final.pdf

**Mechatronics, N. (2017).** *Pagina web Naylamp Mechatronics:*  
[http://www.naylampmechatronics.com/blog/42\\_Tutorial-sensores-de-gas-MQ2-MQ3-MQ7-y-MQ13.html](http://www.naylampmechatronics.com/blog/42_Tutorial-sensores-de-gas-MQ2-MQ3-MQ7-y-MQ13.html)

**Mejia, P., & Latorre, M. (2014).** *Repositorio Educativo Digital* Universidad Autónoma de Occidente:  
<https://red.uao.edu.co/bitstream/10614/6877/1/T05014.pdf>

**NOAA. (diciembre de 2017).** *Pagina web National Oceanic and Atmospheric Administration:*  
<https://www.esrl.noaa.gov/gmd/obop/mlo/>

**Olimex. (2017).** *Olimex.* Documento en sitio web Olimex:  
<https://www.olimex.com/Products/Components/Sensors/SNS-MQ135/resources/SNS-MQ135.pdf>

**Olmo, M., & Nave, R. (2017).** *Pagina web Hyperphysics:*  
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Kinetic/relhum.html>

**OMS. (21 de enero de 2013).** *Pagina web Organización Mundial de la Salud:*  
[http://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=8193%3A2013-fluor-agua-consumo&catid=4716%3Ageneral&Itemid=39798&lang=es](http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=8193%3A2013-fluor-agua-consumo&catid=4716%3Ageneral&Itemid=39798&lang=es)

**Ortega, D. (julio de 2017).** *Repositorio Digital - EPN.* Implementación De Un Prototipo Para El Monitoreo De Dióxido De Carbono (Co2), Monóxido De Carbono (Co) Y Metano (Ch4) En Lugares Residenciales Utilizando El Sistema Operativo Android Y Arduino:  
<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17554/1/CD-8061.pdf>

**Suárez, A., Llugsí, R., & Lupera, P. (julio de 2017).** *Revista Politecnica EPN:*

<http://www.revistapolitecnica.epn.edu.ec/images/revista/volumen39/tomo2/868.pdf>

**Toolbox, E. (2007).** *Pagina web Engineering Toolbox:*

[https://www.engineeringtoolbox.com/co2-comfort-level-d\\_1024.html](https://www.engineeringtoolbox.com/co2-comfort-level-d_1024.html)

**UPV. (2012).** *Pagina web Universitat Politècnica de València:*

<http://www.upv.es/entidades/SME/info/753329normalc.html>

**Zambrano, C. V. (2013).** *Documento en sitio web Ministerio de la República del Ecuador - Ministerio del Ambiente:*

<http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/libro-calidad-aire-1-final.pdf>