



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

ESTACIÓN METEOROLÓGICA Y DE CALIDAD DEL AIRE.

TRABAJO DE TITULACIÓN

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
ELÉCTRICO**

AUTOR: PAÚL ANDRÉS GARCÍA PESANTEZ

KEVIN ESTEBAN LONDA VELETANGA

DIRECTOR: ING. JUAN CARLOS COBOS TORRES

CUENCA - ECUADOR

2020

*Yo me gradué en
los 50 años de La Cato!
... y sostuve la Universidad*

DECLARACIÓN

Yo, Paúl Andrés García Pesantez. Declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado la totalidad de las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento; y eximo expresamente a la UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

La UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y normatividad institucional vigente.



Paúl Andrés García Pesantez

C.I.:0105505135

DECLARACIÓN

Yo, Kevin Esteban Londa Veletanga. Declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado la totalidad de las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento; y eximo expresamente a la UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

La UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y normatividad institucional vigente.



Kevin Esteban Londa Veletanga

C.I.:0105873798

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo de titulación fue desarrollado por los estudiantes Paúl Andrés García Pesantez, Kevin Esteban Londa Veletanga bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Juan Carlos Cobos Torres', is written over a horizontal dotted line.

Ing. Elec. Juan Carlos Cobos Torres PhD

DIRECTOR

DEDICATORIA- Autor I

De todo corazón dedico esta tesis a mis papacitos, Víctor Hugo García Valdez quien de manera constante me ha dado fuerzas para seguir adelante y no decaer, y Transito Senaida Pesántez Riera la persona que me acoge en sus brazos cuando caigo, la mujer que siempre ha estado ahí.

Dedico también esta tesis para quien en un futuro haga uso de la misma y sea ejemplo de inspiración para la adquisición de conocimiento, ya que en estas páginas queda plasmado el esfuerzo grandioso de un par de amigos que con paciencia y dedicación una vez más demuestran que el conocimiento es lo único que nadie nos quita.

Paúl Andrés García Pesantez

DEDICATORIA-Autor II

Este trabajo de titulación, primeramente, es dedicado a Dios, por ser mi guía durante todo mi periodo universitario, darme la fuerza necesaria para no derrumbarme y poder culminar con lo que tanto soñé.

A mis padres Jorge y Anita, que han sido un ejemplo a seguir, siempre he recibido su apoyo en todo momento para ayudarme a culminar mi carrera.

A mis hermanos Christopher y Gabriela, que han sido un apoyo en todo momento siempre han estado presente para darme ánimos a no desmayar en este proceso. A toda mi familia que he sentido su apoyo sincero y ayuda en todo este largo camino de mi carrera.

Kevin Esteban Londa Veletanga

AGRADECIMIENTO-Autor I

Agradezco en primer lugar a Dios, por ser quien me ha bendecido de manera grandiosa y por él es que me encuentro en este momento de mi vida, gracias a él todo se puede, con esfuerzo, constancia y dedicación diaria.

También agradezco a mis padres Víctor Hugo García Valdez y Transito Senaida Pesántez Riera por ser mis bases fundamentales, mi apoyo incondicional y mi fortaleza en momentos difíciles, queridos padres gracias por la vida, el cuidado y el amor incondicional.

Agradezco también a todos los profesionales que conforman el honorable cuerpo docente de la Universidad Católica de Cuenca y de manera especial al PhD Juan Carlos Cobos, tutor y guía de la presente tesis por permanecer pendiente de cada avance del proyecto.

Y de manera fraterna agradezco a mis compañeros que han sido parte de mi vida universitaria, de cada uno de ellos y ellas aprendí mucho, especialmente a mi compañero de tesis; Kevin Esteban Londa Veletanga por aportar con sus conocimientos para la realización de la presente tesis, compañero de aprendizaje, futuro colega, los mejores deseos y el agradecimiento más sincero para ti.

Paúl Andrés García Pesantez

AGRADECIMIENTO-Autor II

Agradezco a Dios por todas las bendiciones que he recibido en toda mi vida y ser mi fortaleza en todo momento para salir adelante.

Gracias Jorge y Anita, por ser mi principal pilar para poder culminar este proceso importante de mi vida, por todos sus consejos que me han ayudado a tomar las mejores decisiones.

Gracias Christopher y Gabriela, por sus consejos para no desmayar en el proceso de aprendizaje de la carrera, ustedes con sus consejos me han ayudado a ser una mejor persona. A mis compañeros que han aportado en mi formación en especial a mi compañero de tesis Paúl Andrés García Pesantez, que ha sido de apoyo para la realización de este proyecto.

Agradezco a los docentes de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Católica de Cuenca, por haberme compartido sus conocimientos en mi periodo de formación profesional, a mi tutor el Ing. Juan Carlos Cobos Torres, por haberme guiado con su paciencia, sabiduría y amistad para poder llevar a cabo este proyecto.

Kevin Esteban Londa Veletanga

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo la construcción de una estación meteorológica y de calidad del aire, portátil, autónoma y de libre acceso, con las siguientes mediciones ambientales: temperatura ambiente, humedad relativa, nivel de sonido, presión barométrica, altura, velocidad y dirección del viento, precipitación pluvial, radiación ultravioleta, también medición de la concentración de los siguientes gases: ozono, dióxido de carbono, monóxido de carbono, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y material particulado PM 2.5. Además, envía y almacena los datos de los sensores en la plataforma de internet para las cosas IoT Thingspeak, para monitorear las diferentes condiciones meteorológicas. El diseño se realizó mediante el hardware DIY en su totalidad, este es de fácil uso y permite la aplicación de diferentes lenguajes de programación. La estación posee autonomía energética, ya que esta cuenta con un panel solar que brinda el suministro continuo de energía. Las pruebas fueron realizadas en la Subdirección de Posgrados de la Universidad Católica de Cuenca, donde la estación meteorológica fue instalada. Durante las pruebas se cotejaron los datos obtenidos con la estación meteorológica de la EMOV. Se determinó que existe concordancia entre las mediciones, pues las calibraciones se realizaron de forma correcta.

Palabras clave: ESTACIÓN METEOROLÓGICA, CALIDAD DEL AIRE, ARDUINO, AUTONOMÍA ENERGÉTICA.

ABSTRACT

This degree work aims at building a portable, autonomous, and freely accessible air quality and meteorological station with the following environmental measurements: ambient temperature, relative humidity, sound level, barometric pressure, height, speed and wind direction, rainfall, ultraviolet radiation; also the measurement of the concentration of the following gases: ozone, carbon dioxide, carbon monoxide, sulfur dioxide, nitrogen dioxide, and PM 2.5 particulate matter. Likewise, it sends and stores the data from the sensors on the internet platform for things IoT Thingspeak to monitor the different weather conditions. The design was made using the DIY hardware in its entirety, it is easy to use and allows the application of different programming languages. The station has energy autonomy since it has a solar panel that provides a continuous energy supply. The tests were conducted in the Postgraduate Subdirectorate of the Catholic University of Cuenca, where the meteorological station was installed. During the tests, the data obtained were compared with the Municipal Company of Roads Constructions (EMOV, in Spanish) meteorological station. It was determined that there is an agreement between the measurements since the calibrations were performed correctly.

KEYWORDS: METEOROLOGICAL STATION, AIR QUALITY, ARDUINO, ENERGY AUTONOMY.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. <i>Formulación del problema</i>	3
1.2. <i>Delimitación del problema</i>	3
1.3. <i>Definición de la zona de estudio</i>	3
1.4. <i>Objetivos</i>	5
1.4.1. <i>Objetivo General</i>	5
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i>	5
CAPÍTULO 2	6
2. ESTADO DEL ARTE	6
2.1. <i>Meteorología</i>	6
2.2. <i>Elementos y factores del clima</i>	6
2.3. <i>Estación Meteorológica</i>	6
2.3.1. <i>Clasificación de Estaciones Meteorológicas</i>	7
2.4. <i>Software y hardware de una Estación Meteorológica</i>	8
2.4.1. <i>Hardware DIY</i>	8
2.4.2. <i>Software DIY</i>	8
2.5. <i>Sensores en las estaciones Meteorológicas</i>	8
2.5.1. <i>Sensor DHT11</i>	8
2.5.2. <i>Sensor BMP180</i>	9
2.5.3. <i>Sensores de gases</i>	10
2.5.4. <i>Sensor Rayos UV (VELM6075)</i>	15
2.5.5. <i>Sensor de Sonido KY-38</i>	16
2.5.6. <i>Sensor de Polvo 2.5 PM (GP2Y1010AU0F)</i>	17
2.5.7. <i>Sensor SEN-08942 (Pluviómetro, Anemómetro y Veleta)</i>	18
CAPÍTULO 3	20
3. DISEÑO DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA	20
3.1. <i>Variables a medir y Sensores a utilizar en el proyecto</i>	20
3.2. <i>Instalación y calibración de Sensores</i>	20
3.2.1. <i>Sensor de Temperatura y Humedad Relativa</i>	21
3.2.2. <i>Sensor de Presión Barométrica</i>	22
3.2.3. <i>Sensor de Monóxido de Carbono (MQ-7)</i>	23
3.2.4. <i>Sensor de Ozono (MQ-131)</i>	31
3.2.5. <i>Sensor de Dióxido de Carbono (MQ-135)</i>	37
3.2.6. <i>Sensor de Dióxido de Nitrógeno (MQ-135)</i>	45
3.2.7. <i>Sensor de Dióxido de Azufre (MQ-136)</i>	51
3.2.8. <i>Sensor de rayos Ultravioleta (UV)</i>	57
3.2.9. <i>Sensor de sonido KY-38</i>	59
3.2.10. <i>Sensor de polvo 2.5PM (GP2Y1010AU0F)</i>	61
3.2.11. <i>Sensor SEN-8942 (Pluviómetro, Anemómetro y Veleta)</i>	62
CAPÍTULO 4	64
4. CONSTRUCCIÓN DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA	64
4.1. <i>Estructura de la Estación Meteorológica</i>	64
4.1.1. <i>Estructura Metálica</i>	64
4.1.2. <i>Sistema de control</i>	66

4.1.3. Sistema Fotovoltaico.....	69
4.2. Almacenamiento de datos.....	73
4.3. Ensamblaje de la Estación Meteorológica.....	76
4.4. Pruebas de campo.....	77
Prueba 1. Configuración General.....	77
Prueba 2. Zona de estudio.....	77
4.5. Resultados.....	78
4.5.1. Plataforma ThingSpeak.....	78
4.5.2. Gráficas del promedio octohorario de las diferentes variables.....	80
4.5.3. Estación Meteorológica licenciada.....	88
4.5.4. Correlación de datos obtenidos de la Estación Meteorológica.....	89
4.6. Análisis.....	94
5. CONCLUSIONES.....	96
6. RECOMENDACIONES.....	97
7. BIBLIOGRAFÍA.....	98
8. ANEXOS.....	100
ANEXO 1. VALORES PROMEDIO OCTOHORARIOS, OBTENIDOS DE LA LECTURA DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA.....	100
ANEXO 2. VALORES PROMEDIO OCTOHORARIOS DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE LA EMOV.....	104
ANEXO 3. DATASHEET SENSOR MQ-7.....	105
ANEXO 4. DATASHEET SENSOR MQ-131.....	108
ANEXO 5. DATASHEET SENSOR MQ-135.....	110
ANEXO 6. DATASHEET SENSOR MQ-136.....	112
ANEXO 7. DATASHEET SENSOR DE POLVO GP2Y1010AUF0F.....	114
ANEXO 8. DATASHEET SENSOR BMP180.....	118
ANEXO 9. DATASHEET SENSOR DHT-11.....	121
ANEXO 10. DATASHEET SENSOR KY-038.....	123
ANEXO 11. DATASHEET SENSOR VEML-6075.....	125
ANEXO 12. DATASHEET SENSOR SEN-08942.....	128

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ubicación Subdirección de Posgrados Universidad Católica de Cuenca.....	4
Ilustración 2. Sensor DHT11.....	9
Ilustración 3. Sensor BMP180.....	10
Ilustración 4. Sensor MQ-7.....	11
Ilustración 5. Sensor MQ-131.....	12
Ilustración 6. Sensor MQ-135.....	13
Ilustración 7. Sensor MQ-136.....	14
Ilustración 8. Sensor VELM6075.....	15
Ilustración 9. Sensor KY-38.....	16
Ilustración 10. Sensor de polvo 2.5 PM.....	17
Ilustración 11. Sensor SEN-08942.....	18
Ilustración 12. Sensor pluviómetro.....	18
Ilustración 13. Sensor anemómetro.....	19
Ilustración 14. Sensor Veleta.....	19
Ilustración 15. Conexión del sensor DHT-11.....	21
Ilustración 16. Sketch de programación sensor DHT11.....	22
Ilustración 17. Conexión del sensor BMP 180.....	23
Ilustración 18. Sketch de programación sensor BMP180.....	23
Ilustración 19. Conexión del sensor MQ-7.....	24
Ilustración 20. Sketch de programación de calibración del sensor MQ-7.....	25
Ilustración 21. Mediciones para el cálculo de la resistencia R_o del sensor MQ-7.....	26
Ilustración 22. Sketch de programación de comprobación del sensor MQ-7.....	27
Ilustración 23. Mediciones de comprobación del sensor MQ-7.....	28
Ilustración 24. Curva de gases del Sensor MQ-7.....	29
Ilustración 25. Sketch de programación para medir PPM de CO Sensor MQ-7.....	31
Ilustración 26. Conexión del sensor MQ-131.....	31
Ilustración 27. Sketch de programación de calibración del sensor MQ-131.....	32
Ilustración 28. Mediciones para calcular la resistencia R_o del sensor MQ-131.....	33
Ilustración 29. Sketch de programación de comprobación del sensor MQ-131.....	34
Ilustración 30. Mediciones de comprobación del sensor MQ-131.....	34
Ilustración 31. Curva de gases del sensor MQ-131.....	35
Ilustración 32. Sketch de programación para medir las PPB de O_3 del sensor MQ-131.....	37
Ilustración 33. Conexión del sensor MQ-135_ CO_2	38
Ilustración 34. Sketch de programación de calibración del sensor MQ-135 para CO_2	39
Ilustración 35. Mediciones para calcular la resistencia R_o del sensor MQ-135 para CO_2	40
Ilustración 36. Sketch de programación de comprobación del sensor MQ-135 para CO_2	41
Ilustración 37. Mediciones de comprobación del sensor MQ-135 para CO_2	41
Ilustración 38. Curva de gases del sensor MQ-135 de CO_2	42

Ilustración 39. Sketch de programación para medir PPM de CO ₂ del sensor MQ-135.....	44
Ilustración 40. Conexión del sensor MQ-135_NO ₂	45
Ilustración 41. Sketch de programación del sensor MQ-135 para NO ₂	46
Ilustración 42. Mediciones para calcular la resistencia Ro del sensor MQ-135 para NO ₂	47
Ilustración 43. Sketch de programación de comprobación del sensor MQ-135 para NO ₂	48
Ilustración 44. Mediciones de comprobación del sensor MQ-135 para NO ₂	48
Ilustración 45. Sketch de programación para medir PPM de NO ₂ del sensor MQ-135.....	50
Ilustración 46. Conexión del sensor MQ-136_SO ₂	51
Ilustración 47. Sketch de programación de calibración del sensor MQ-136 para SO ₂	52
Ilustración 48. Mediciones para calcular la resistencia Ro del sensor MQ-136 para SO ₂	52
Ilustración 49. Sketch de programación de comprobación del sensor MQ-136 para SO ₂	54
Ilustración 50. Mediciones de comprobación del sensor MQ-136 para SO ₂	54
Ilustración 51. Curva de gases del sensor MQ-136.....	55
Ilustración 52. Sketch de programación para medir PPM de SO ₂ del sensor MQ-136.....	57
Ilustración 53. Sketch de programación del sensor de rayos ultravioleta VEML-6075.	58
Ilustración 54. Conexión del sensor KY-038.....	59
Ilustración 55. Sonómetro.	59
Ilustración 56. Generador de sonido.	59
Ilustración 57. Sketch de programación sensor de sonido KY-38.	60
Ilustración 58. Sketch de programación sensor de polvo 2.5 PM.....	61
Ilustración 59. Mediciones del sensor del pluviómetro, anemómetro y veleta.	62
Ilustración 60. Sketch de programación sensor pluviómetro, anemómetro y veleta.....	63
Ilustración 61. Caja metálica de la estación meteorológica en acero inoxidable.	64
Ilustración 62. Trípode.....	65
Ilustración 63. Pesos de soporte para estabilizar la estructura.....	65
Ilustración 64. Diseño 3D de la caja porta sensores elaborada en el programa Fusion 360.	66
Ilustración 65. Tapa impresa de la caja 3D con sus respectivos sensores.....	66
Ilustración 66. Diseño de la placa PCB elaborado en el software Proteus 8.	67
Ilustración 67. Placa PCB con elementos soldados.	67
Ilustración 68. Placa Arduino Mega2560.....	68
Ilustración 69. Módulo WI-FI NodeMCU ESP8266.....	69
Ilustración 70. Batería sella de plomo ácido de 12V/12Ah.	71
Ilustración 71. Panel solar Poli-cristalino de 80W.....	72
Ilustración 72. Regulador de carga de 10 A.....	73
Ilustración 73. Acceso a la Plataforma ThingSpeak.	74
Ilustración 74. Canales de la Estación Meteorológica en la Plataforma ThingSpeak.	74
Ilustración 75. Variables del canal Estación 2.	75
Ilustración 76. Variables del canal Estación 1.	75
Ilustración 77. Instalación de la estación meteorológica en la Subdirección de Posgrados.	77
Ilustración 78. Gráficos obtenidos de los datos almacenados del canal Estación 1.....	78

Ilustración 79. Gráficos obtenidos de los datos almacenados del canal Estación 2.	79
Ilustración 80. Puntos Cardinales del sensor de la dirección del viento.	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Rangos de valores de resistencias de detección para sensores MQ.....	10
Tabla 2. Variables a medir y sensores a utilizar en el proyecto.	20
Tabla 3. Valor medio de la resistencia Ro MQ-7_CO.	27
Tabla 4. Valores de Rs/Ro vs PPM del Sensor MQ-7.....	29
Tabla 5. Valor medio de la resistencia Ro MQ-131_O3.....	33
Tabla 6. Valores de Rs/Ro vs PPB del sensor MQ-131.....	36
Tabla 7. Valor medio de la resistencia Ro MQ-135_CO ₂	40
Tabla 8. Valores de Rs/Ro vs PPM del sensor MQ-135 para CO ₂	43
Tabla 9. Valor medio de la resistencia Ro MQ-135_NO ₂	47
Tabla 10. Valores de Rs/Ro vs PPM del sensor MQ-135 para NO ₂	49
Tabla 11. Valor medio de la resistencia Ro MQ-136_SO ₂	53
Tabla 12. Valores de Rs/Ro vs PPM del sensor MQ-136 para SO ₂	56
Tabla 13. Potencia Total instalada de la estación meteorológica.	70
Tabla 14. Valores obtenidos del sensor de la dirección del viento para los ocho puntos cardinales.	87

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Curva de Rs/Ro vs PPM del sensor MQ-7.....	30
Gráfico 2. Curva de Rs/Ro vs PPB del sensor MQ-131.	36
Gráfico 3. Curva de Rs/Ro vs PPM del sensor MQ-135 para CO ₂	43
Gráfico 4. Curva de Rs/Ro vs PPM del sensor MQ-135 para NO ₂	49
Gráfico 5. Curva de Rs/Ro vs PPM del sensor MQ-136 para SO ₂	56
Gráfico 6. Concentración de CO determinado en el tiempo. Mediciones obtenidas de la estación meteorológica construida.	80
Gráfico 7. Concentración de CO ₂ determinado en el tiempo. Mediciones obtenidas de la estación meteorológica construida.	81
Gráfico 8. Concentración de NO ₂ determinado en el tiempo. Mediciones obtenidas de la estación meteorológica construida.	81
Gráfico 9. Concentración de O ₃ determinado en el tiempo. Mediciones obtenidas de la estación meteorológica construida.	82
Gráfico 10. Concentración de SO ₂ determinada en el tiempo. Mediciones obtenidas de la estación meteorológica construida.	82
Gráfico 11. Porcentaje de humedad relativa determinada en el tiempo. Mediciones obtenidas de la estación meteorológica construida.	83
Gráfico 12. Temperatura en grados Celsius determinada en el tiempo. Mediciones obtenidas de la estación meteorológica construida.	83

Gráfico 13. Concentración de Material particulado 2.5 determinada en el tiempo. Mediciones obtenidas de la estación meteorológica construida.....	84
Gráfico 14. Índice UV determinado en el tiempo. Mediciones obtenidas de la estación meteorológica construida.	84
Gráfico 15. Presión barométrica determinada en el tiempo. Mediciones obtenidas de la estación meteorológica construida.	85
Gráfico 16. Altitud determinada en el lugar de ubicación de la estación meteorológica. Mediciones obtenidas de la estación meteorológica construida.....	85
Gráfico 17. Nivel de sonido determinado en el tiempo. Mediciones obtenidas de la estación meteorológica construida.	86
Gráfico 18. Velocidad del viento determinado en el tiempo. Mediciones obtenidas de la estación meteorológica construida.	86
Gráfico 19. Cantidad de lluvia determinada en el tiempo. Mediciones obtenidas de la estación meteorológica construida.	87
Gráfico 20. Gráficos obtenidos de la estación meteorológica de la red de monitoreo EMOV de diferentes variables.	88
Gráfico 21. Comparación entre CO obtenido de la estación meteorológica construida vs CO de la EMOV.....	90
Gráfico 22. Correlación entre CO obtenido de la estación meteorológica construida vs CO de la EMOV.....	90
Gráfico 23. Comparación entre NO ₂ obtenido de la estación meteorológica construida vs NO ₂ de la EMOV.....	91
Gráfico 24. Correlación entre NO ₂ obtenido de la estación meteorológica construida vs NO ₂ de la EMOV.....	91
Gráfico 25. Comparación entre SO ₂ obtenido de la estación meteorológica construida vs SO ₂ de la EMOV.....	92
Gráfico 26. Correlación entre SO ₂ obtenido de la estación meteorológica construida vs SO ₂ de la EMOV.....	92
Gráfico 27. Comparación entre O ₃ obtenido de la estación meteorológica construida vs O ₃ de la EMOV.....	93
Gráfico 28. Correlación entre O ₃ obtenido de la estación meteorológica construida vs O ₃ de la EMOV.....	93

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Obtenida a partir de la curva del gráfico 1.....	30
Ecuación 2. Obtenida de la curva del gráfico 2.....	37
Ecuación 3. Obtenido de la curva del gráfico 3.....	43
Ecuación 4. Obtenido de la curva del gráfico 4.....	50
Ecuación 5. Obtenido de la curva del gráfico 5.....	56
Ecuación 6. Para cálculo de la capacidad de las baterías.....	71

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Las primeras observaciones meteorológicas usando instrumentos comenzaron en el siglo XVII, cuando Galileo Galilei creó el termómetro y años después Evangelista Torricelli construyó el barómetro, despertando un gran interés ya que estos serían un medio para poder predecir el tiempo (Tutiempo Network S.L., 2013).

En los siglos XVII y XVIII se comenzó a exponer las relaciones existentes de las condiciones del tiempo en distintos lugares de la Tierra, esto mediante observaciones e intuiciones de hombres de ciencia como: Antoine Lavoisier, George Hadley o Benjamin Franklin. De esta forma se impulsó la creación de observatorios meteorológicos que ofrecían datos en extensas áreas esto con la colaboración de Fernando II de Toscana en 1654. En 1780 se crea la Sociedad Meteorológica Palatina, siendo esta de beneficio para pronosticar el tiempo de la presión atmosférica y su relación con el flujo del viento (Agencia Estatal de Meteorología, 2015).

Con el pasar de los años, diferentes meteorólogos realizaron convenciones y crearon diferentes observatorios en algunos países. En 1873, se fundó la Organización Meteorológica Internacional (OMI), una convención que se realizó en Viena, la cual, sirve para intercambio de información meteorológica, esta organización duró hasta 1950. Finalmente se convirtió en la Organización Meteorológica Mundial (OMM) establecida hasta la actualidad (Organización Meteorológica Mundial, 2018).

Existen varias estaciones meteorológicas alrededor del mundo, que han estado realizando sus mediciones por más de 100 años registradas en la Organización Meteorológica Mundial, vitales para el análisis de la variabilidad climática (Servicio Meteorológico Nacional de Argentina, 2017). “En el largo plazo, las continuas observaciones de termómetros, pluviómetros y otros instrumentos tradicionales de medición siguen siendo esenciales. Sin ellas no podríamos estar seguros de que la Tierra se ha calentado alrededor de un grado centígrado más respecto del siglo pasado” (Servicio Meteorológico Nacional de Argentina, 2017).

Algunas de las estaciones que han sido instaladas y que siguen realizando mediciones son: Austria (1886), Blue Hill, USA (1894), Chile (1900), Hong Kong, China (1913) entre otras.

A nivel de Europa la estación más antigua se sitúa en las afueras de Turín, Italia; llamado Observatorio Moncalieri, este fue creado por el Padre Francesco Denza, fundador de la Sociedad Meteorológica Italiana, liderando un desarrollo de una red meteorológica nacional (Servicio Meteorológico Nacional de Argentina, 2017).

Sin embargo, a nivel de Sudamérica también se tiene estaciones que han sido instaladas hace más de 100 años y que siguen funcionando en la actualidad. Las estaciones ubicadas en Argentina son las más antiguas a nivel de Sudamérica, cuenta con 50 estaciones, la más antigua data del año 1861, las mediciones de todas estas estaciones son vitales para la actualidad como para el futuro (Servicio Meteorológico Nacional de Argentina, 2017).

En Ecuador, la primera estación meteorológica se instaló en 1890 en la parte central de Quito, realizaba mediciones de las variables de la dirección del viento, temperatura, humedad entre otros; estos datos eran dados por un observador. Pero con el avance de la tecnología se ha automatizado. Con el pasar de los años el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables, ha implementado equipos de alta precisión para realizar las mediciones.

La propuesta es diseñar y construir una estación meteorológica y monitor de calidad del aire, con la finalidad de obtener mediciones de las siguientes variables meteorológicas: temperatura y humedad relativa, flujo lumínico, ruido ambiental, presión barométrica, altura, posición global, precipitación, velocidad del viento, radiación ultravioleta y de calidad del aire: concentración de ozono, dióxido de carbono, monóxido de carbono, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, partículas en el aire PM 2.5.

La información será almacenada en la plataforma ThingSpeak y permitirá el libre acceso a los datos.

La estación meteorológica a implementarse será portátil y autónoma, que va a ser implementada en la Estancia Cordero (Subdirección de Posgrados) de la Universidad Católica de Cuenca, desde el cual se monitoreará todas las condiciones. Será un proyecto de colaboración para fomentar el desarrollo, implementación y uso de energías renovables en la región de Cuenca.

1.1. Formulación del problema.

En la actualidad en la ciudad de Cuenca existen universidades que tienen estaciones meteorológicas como: la Universidad Estatal de Cuenca, la Universidad del Azuay que realiza mediciones de nueve variables meteorológicas y la Universidad Politécnica Salesiana que realiza mediciones de ocho variables meteorológicas; la información que brindan estos centros de medición no tienen un almacenamiento de datos en tiempo real. Además, es necesario realizar un oficio para acceder a una de estas estaciones, en la entidad correspondiente.

La Universidad Católica de Cuenca, en la actualidad posee estaciones meteorológicas elementales, cuenta con la medición de ocho variables que son: temperatura, humedad relativa, nivel de sonido, radiación ultravioleta, gas metano, cantidad de lluvia, velocidad y dirección del viento, en lo que respecta al área de ciencias tecnológicas. Lo que conlleva a que los alumnos no puedan tener una fuente de datos completa que puedan ser usados en investigaciones, fomentando el desarrollo de proyectos en diferentes áreas. De esta forma, el estudiante tendrá una herramienta que podrá ser aprovechada facilitando la viabilidad en sus proyectos.

En la Subdirección de Posgrados de la Universidad Católica de Cuenca, será el lugar desde el cual se podrá efectuar el monitoreo de las diferentes variables de mediciones establecidas.

¿Cómo construir e implementar una estación meteorológica y de monitoreo de calidad del aire, que sirva para la medición de variables meteorológicas?

1.2. Delimitación del problema.

El tema de este proyecto, se delimitará a obtener de la estación meteorológica y monitoreo de calidad del aire, mediciones cada sesenta segundos de cada variable de estudio, siendo estas dieciséis variables meteorológicas, con esto se obtiene un muestreo representativo, con la finalidad de conocer en tiempo real las condiciones meteorológicas de las zonas aledañas a la Subdirección de Posgrados de la Universidad Católica de Cuenca.

1.3. Definición de la zona de estudio.

La estación será instalada en la Subdirección de Posgrados de la Universidad Católica de Cuenca (ver ilustración 1), siendo esta portátil y autónoma, permitiendo de esta forma ser instalada en cualquier lugar.

La estación estará ubicada en la parroquia Hermano Miguel, que tiene alrededor de 17500 habitantes.

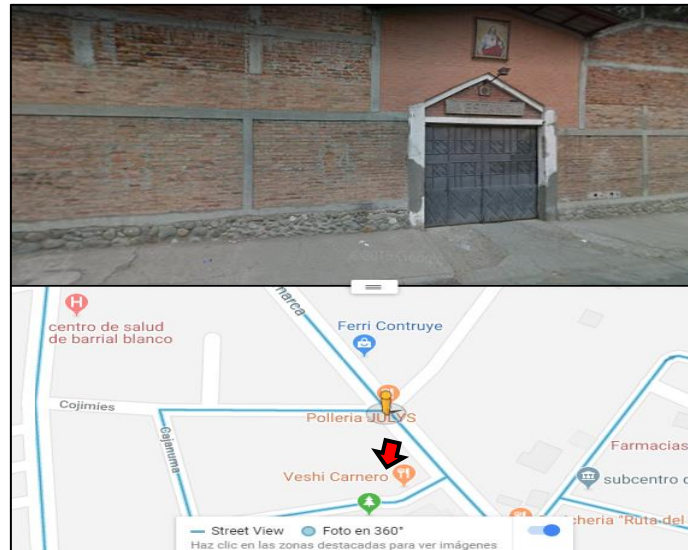


Ilustración 1. Ubicación Subdirección de Posgrados Universidad Católica de Cuenca.
Fuente: Google Maps.

La estación meteorológica y de calidad del aire, podrá ser monitoreada desde cualquier lugar en donde se tenga acceso a internet, esta será Open Access (Acceso Libre), para que cualquier persona pueda acceder, con la finalidad de que sirva para conocer las condiciones meteorológicas, también servirá como un equipo de apoyo para la implementación de nuevos proyectos de Energías Renovables, que será el futuro de producción de energía.

La estación meteorológica y de calidad del aire que se va a implementar por parte de la Universidad Católica de Cuenca será una de las más completas de la región, se utilizará hardware DIY(Do It Yourself), para adquirir de diversos sensores las siguientes mediciones: composición del aire, nivel del sonido, humedad, presión atmosférica, pluviómetro, dirección y velocidad del viento. Adicionalmente, será autónoma tendrá un panel solar y unas baterías de almacenamiento que alimentarán al sistema.

1.4. Objetivos.

1.4.1. Objetivo General.

Construir una estación meteorológica y de calidad del aire, que sea portátil, autónoma y open source mediante el uso de hardware DIY, para medir los cambios meteorológicos y de la calidad del aire.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Realizar un detalle de los principales factores meteorológicos mediante la revisión bibliográfica especializada para fundamentar el proceso de medición meteorológica y de calidad del aire.
- Construir un sistema prototipo de medición y adquisición de parámetros meteorológicos mediante hardware DIY y sensores de temperatura, humedad relativa, nivel de sonido, presión barométrica, altitud, precipitación, velocidad y dirección del viento, radiación ultravioleta, para obtener datos meteorológicos.
- Construir un sistema prototipo de medición y adquisición de parámetros de calidad del aire mediante hardware DIY y sensores de concentración de ozono, dióxido de carbono, monóxido de carbono, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, partículas en el aire PM 2.5 para obtener datos de calidad del aire.
- Verificar y unificar los prototipos diseñados mediante una revisión sistemática de todas las variables adquiridas y sensores utilizados para realizar cálculos y mediciones del sistema propuesto, en busca de parámetros de autonomía energética.
- Generar el sistema de almacenamiento de datos para que cualquier persona pueda acceder desde la Web a los datos meteorológicos y de calidad del aire almacenados en un servidor.
- Evaluar y verificar las mediciones meteorológicas con el sistema propuesto, para determinar su comportamiento frente a datos obtenidos con otra estación meteorológica licenciada.

CAPÍTULO 2.

2. ESTADO DEL ARTE

2.1. Meteorología.

Es una ciencia que estudia y pronostica los fenómenos físicos que se dan en la atmósfera, específicamente en la baja atmósfera; siendo muy beneficioso en la vida diaria conocer las variaciones meteorológicas y el efecto de las mismas sobre el clima. Esto, es fundamental para el desarrollo de distintas áreas como puede ser aeronáutica, agricultura, navegación, etc. (Leite, 2011).

2.2. Elementos y factores del clima.

ELEMENTOS CLIMÁTICOS

Para la determinación del clima en un espacio específico, intervienen los elementos climáticos que son fenómenos meteorológicos y estos están entrelazados con los factores climáticos.

Temperatura

Humedad

Viento

Precipitación

Presión
atmosférica

FACTORES CLIMÁTICOS

Estos son agentes que cambian el comportamiento, intensidad, presencia e interacción de los elementos climáticos y especifican las características de los diferentes tipos de climas.

Latitud

Altitud

Corrientes
marinas

Relieve

Distancia al
mar

(Subgerencia Cultural del Banco de la República, 2015).

2.3. Estación Meteorológica.

Es un instrumento, con el cual, se puede realizar mediciones de diferentes parámetros que permite realizar una predicción meteorológica a corto, mediano o largo plazo; con el almacenamiento de datos de los diferentes instrumentos meteorológicos, los cuales son usados dependiendo de las necesidades a utilizar en el área de trabajo (Meteocultura, 2019).

Existen estaciones meteorológicas, que se han construido utilizando otro tipo de hardware como es el Raspberry Pi. Esto se puede visualizar en el trabajo realizado por (Tobajas Garcia, 2016), que describe el diseño y construcción de una estación meteorológica, el Raspberry Pi se encarga de almacenar y realizar los seguimientos de los sensores y posee autonomía energética mediante un sistema fotovoltaico. Así también existen trabajos que usan como hardware el Arduino Mega 2560, se puede observar en el trabajo de Titulación de (Montalvo Lezama, 2013), donde diseña y construye un prototipo didáctico de una Estación Meteorológica la cual es monitoreada a distancia usando como hardware el Arduino Mega 2560, las variables meteorológicas medidas por la estación son: temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento.

2.3.1. Clasificación de Estaciones Meteorológicas.

Existen varios tipos de Estaciones Meteorológicas, según los instrumentos que se tienen a disposición, tecnología que se usa, parámetros que se desea medir. La clasificación de las principales estaciones es:

Doméstica: es de uso doméstico con el fin de determinar las condiciones actuales dentro o alrededor de una vivienda.

Digital: este dispositivo es electrónico mide varias variables determinando condiciones meteorológicas actuales y de esta manera poder determinar predicciones. Se divide en:

- **Profesional:** esta estación mide, registra, monitoriza y analiza diversas variables de esta forma se determina predicciones y se realiza estudios climatológicos.
- **Portátil:** su diseño permite facilidad de transporte, así, que es necesario baterías u otro tipo de energía como podría ser la solar.

Analógico: lo que caracteriza a esta estación es el uso de esferas de agujas y escalas graduadas.

Termohigrómetro: esta estación cuenta con dos instrumentos que son el higrómetro y termómetro así que mide variables de humedad y temperatura.

Pluviométrica: estación que posee un pluviómetro que determina la cantidad de precipitación de lluvia o nieve caída.

Evaporimétrica: mide la evaporación, esta estación cuenta con varios instrumentos entre los que destacan son pluviómetro, anemómetro, termómetro y tanque evaporímetro.

Automática: esta estación no necesita de cuidado humano para realizar las diferentes mediciones. En la actualidad la tecnología de paneles solares, sistemas eólicos,

celulares permite que la estación meteorológica se pueda situar en lugares donde no hay electricidad. Transmitiendo datos en tiempo real.

Sinóptica: esta estación brinda información meteorológica de forma codificada generando un mensaje sinóptico de forma periódica, esta debe contar con una persona que hace de observador que recoge los datos obtenidos.

Agrometeorológica: esta establece relaciones entre la vida de las plantas y animales con el clima.

Aeronáutica: usualmente estas estaciones se encuentran ubicadas en aeródromos con el fin de obtener información meteorológica útil para la navegación aérea (Prácticas de administración, 2014).

2.4. Software y hardware de una Estación Meteorológica.

2.4.1. Hardware DIY.

El hardware DIY son placas de código abierto fácil de usar con un hardware y software; el cual puede realizar un conjunto de instrucciones mediante microcontroladores o microprocesadores. Son de fácil uso y permiten el uso de diferentes lenguajes de programación. Esto ha ayudado a la realización de un sin número de proyectos, desde los más sencillos hasta la realización de instrumentos científicos complejos (Arduino, 2018).

2.4.2. Software DIY.

El software DIY es de código abierto que permiten al usuario interactuar con aplicaciones informáticas, permite la libertad de configurar y personalizar.

El software a utilizar en la estación es Arduino su lenguaje de programación base es C++; permitiendo también utilizar otros lenguajes de programación como el C, todo esto basándose en el uso de librerías (Crespo, 2015).

2.5. Sensores en las estaciones Meteorológicas.

2.5.1. Sensor DHT11.

El sensor DHT11 ver ilustración 2, realiza la medición de la temperatura y humedad, que son similares, la diferencia radica en la precisión de la medición. El sensor posee un procesador interno que permite realizar la medición mediante una señal digital, conectado respectivamente a un puerto digital del Arduino (Llamas, 2016). A continuación, se detallan características que posee el sensor DHT11:

- Voltaje de alimentación: 3 a 5 VDC.
- Consumo: 15 mW.
- Rango de temperatura: 0°C a 50°C.
 - Precisión: +/- 2°C.
- Tipo de señal (Out): Digital.
- Rango de humedad: 20% a 90% RH.
 - Precisión: 4% RH.
- Medidas (Tamaño): 1.2 x 1.5 x 0.5 cm.



Ilustración 2. Sensor DHT11.
Fuente: Autores.

2.5.2. Sensor BMP180.

El sensor de presión atmosférica ver ilustración 3, es de señal analógica, por lo que se tendrá que conectar a los puertos analógicos del hardware DIY. Este sensor cuando realiza la medición determina de forma aproximada la altura del nivel del mar en el lugar en el que se ubique. La presión atmosférica será menor cuando es medida en lugares con gran altitud sobre el nivel del mar, esto también depende de las condiciones climáticas, la principal causa de cambio de presión es la temperatura que puede cambiar la densidad del aire (Mechatronics, 2018). Se muestra a continuación las características del sensor BMP180:

- Voltaje de alimentación: 3.3 a 5 VDC.
- Consumo: 5 mW.
- Rango de medición: 300-1000hPa.
- Frecuencia de operación: Máximo 120 Hz.
- Rango de medición de altura: 0-9100 metros.
- Temperatura de operación: 0°C-65°C.

- Amplio rango de presión barométrica.
- Calibrado de fábrica.



Ilustración 3. Sensor BMP180.
Fuente: Autores.

2.5.3. Sensores de gases.

La medición de la composición de aire se realizará mediante el uso de sensores MQ, estos son sensores electroquímicos de gas analógicos que son específicamente para la conexión con hardware DIY.

Para la lectura con el hardware DIY, los sensores MQ permiten obtener la lectura de un valor analógico, como un valor digital cuando se supera un cierto umbral regulado a través de un potenciómetro. La resistencia R_0 debe ser calibrada para estos sensores de gases, para obtener una medida precisa (Llamas, 2016). En la tabla 1, se puede observar el rango de valores de resistencias para la detección de los distintos gases de estudio.

Tabla 1. Rangos de valores de resistencias de detección para sensores MQ.

Sensor	Rango Valor de Resistencia	Gas
MQ-7	30 K Ω – 200 K Ω en 100ppm	Monóxido de Carbono
MQ-131	100 K Ω – 200 K Ω en 50ppb	Ozono
MQ-135	30 K Ω – 200 K Ω en 100ppm	Dióxido de Carbono Dióxido de Nitrógeno
MQ-136	2 K Ω – 20 K Ω en 50ppm	Dióxido de Azufre

Fuente: (HANWEI ELECTRONICS).

2.5.3.1. Sensor MQ-7 para Monóxido de Carbono (CO).

El sensor electroquímico denominado MQ-7 ver ilustración 4, es de alta sensibilidad hacia el monóxido de carbono (CO), el cual es el gas a medir. Su principio de funcionamiento se basa en la variación interna de su resistencia, mediante un calentador interno que es el que provoca el cambio del valor de la resistencia (HANWEI ELECTRONICS).



Ilustración 4. Sensor MQ-7.
Fuente: Autores.

Características.

- Voltaje de operación: 5 VDC.
- Consumo: Alrededor de 350 mW.
- Rango de medición: 50-4000 PPM.
- Pre calentamiento: No menos de 48 horas.
- Resistencia de carga (RL): Ajustable.
- Resistencia de detección: 30 K Ω – 200 K Ω en 100 ppm de Monóxido de Carbono (CO).
- Condiciones estándar de operación: Temperatura: 20°C +/-2°C; Humedad Relativa: 65% +/- 5%.

2.5.3.2. Sensor MQ-131 para Ozono (O₃).

El sensor electroquímico denominado MQ-131 ver ilustración 5, es utilizado en mediciones de alta sensibilidad y respuesta rápida a la presencia del gas Ozono troposférico (O₃); este dispositivo tiene un rango de detección amplio.

Su principio de funcionamiento se basa en la variación interna de su resistencia mediante un calentador interno que es el que provoca el cambio del valor de la resistencia dependiendo al gas expuesto, en este caso, es el Ozono (O₃).



Ilustración 5. Sensor MQ-131.
Fuente: Autores.

Características.

- Voltaje de operación: 5 VDC.
- Consumo: Menos de 1100 mW.
- Rango de medición: 5-100 PPB.
- Pre calentamiento: Más de 24 horas.
- Resistencia de carga (RL): Ajustable.
- Resistencia de detección: 100 K Ω – 200 K Ω en 50ppb (O₃).
- Condiciones estándar de operación: Temperatura: 20°C +/-2°C; Humedad Relativa: 65% +/-5%.

2.5.3.3. Sensor MQ-135 para Dióxido de Carbono y Dióxido de Nitrógeno (CO₂ y NO₂).

El sensor electroquímico denominado MQ-135 ver ilustración 6, es utilizado en mediciones de calidad, además, son muy utilizados en mediciones de NH₃, NO_x, alcohol, benceno, humo, CO₂.

Su principio de funcionamiento se basa en la variación interna de su resistencia mediante un calentador interno, que es el que provoca el cambio del valor de la resistencia dependiendo al gas expuesto, en este caso, es el dióxido de carbono (CO₂) y dióxido de nitrógeno (NO₂).



Ilustración 6. Sensor MQ-135.
Fuente: Autores.

Características.

- Voltaje de operación: 5 VDC.
- Consumo: Menos de 800 mW.
- Rango de medición: 10-200 PPM.
- Pre calentamiento: 24 horas.
- Resistencia de carga (RL): Ajustable.
- Resistencia de detección: 30 KΩ – 200 KΩ en 100ppm (NH₃).
- Condiciones estándar de operación: Temperatura: 20°C +/-2°C; Humedad Relativa: 65% +/-5%.

2.5.3.4. Sensor MQ-136 para Dióxido de Azufre (SO₂).

El sensor electroquímico denominado MQ-136 ver ilustración 7, es utilizado en mediciones de alta sensibilidad y respuesta rápida a la presencia del gas Dióxido de Azufre (SO₃); es bajo en sensibilidad a gases combustibles.

Su principio de funcionamiento se basa en la variación interna de su resistencia mediante un calentador interno que es el que provoca el cambio del valor de la resistencia dependiendo al gas expuesto, en este caso, es el dióxido de Azufre (SO₂).

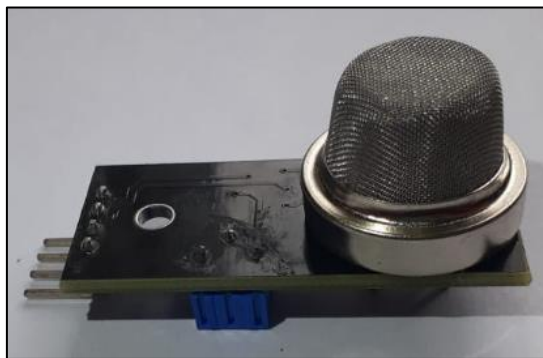


Ilustración 7. Sensor MQ-136.
Fuente: Autores.

Características.

- Voltaje de operación: 5 VDC.
- Consumo: Menos de 900 mW.
- Rango de medición: 5-100 PPM.
- Pre calentamiento: Más de 48 horas.
- Resistencia de carga (RL): Ajustable.
- Resistencia de detección: 2 K Ω – 20 K Ω en 50ppm (SO₂).
- Condiciones estándar de operación: Temperatura: 20°C +/-2°C;
Humedad Relativa: 65% +/-5%.

2.5.4. Sensor Rayos UV (VELM6075).

Es un sensor construido por la empresa Sparkfun, sirve para detectar rayos ultravioletas (UV); el cual tiene en su interior un fotodiodo que cumple la función de medir la radiación de rayos UVA, teniendo un rango de medición (320-400nm) y la radiación de los rayos UVB, con un rango de medición (280-320nm); con lo cual, se calcula el índice UV a partir de la medición de estas dos radiaciones.

Este sensor posee 4 pines, ver ilustración 8, los cuales son:

- Vcc: 3.3V
- GND
- SDA: Datos
- SCL: Reloj



Ilustración 8. Sensor VELM6075.
Fuente: Autores.

Características.

- Voltaje de operación: 1.7-3.6 VDC.
- Consumo: 50 mW.
- Resolución rayos UVA: 0.93counts/ $\mu\text{W}/\text{cm}^2$.
- Resolución rayos UVB: 2.1counts/ $\mu\text{W}/\text{cm}^2$.
- Temperatura de operación: -40°C a 85°C.

2.5.5. Sensor de Sonido KY-38.

La medición del nivel de sonido se detecta con el sensor KY-38 ver ilustración 9, el cual, posee un micrófono, un amplificador LM393 detectando un mínimo ruido producido en el entorno. Tiene dos salidas: analógica que permite valores de lectura de la detección del micrófono y señales digitales encendido o apagado que se activa cuando se supera cierto nivel de volumen (Mechatronics, 2018).

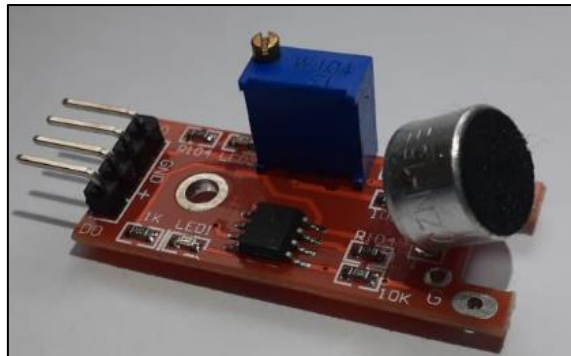


Ilustración 9. Sensor KY-38.
Fuente: Autores.

Características.

- Voltaje de operación: 4-6 VDC.
- Consumo: 50 mW.
- Salida analógica: A0.
- Salida digital: D0.
- Respuesta a la frecuencia: 50 a 15000 Hz.
- Temperatura de operación: -40°C a 85°C.

2.5.6. **Sensor de Polvo 2.5 PM (GP2Y1010AU0F).**

El sensor de polvo 2.5 PM ver ilustración 10, sirve para realizar las mediciones de polvo en el aire, ya que incluye un infrarrojo (diodo) que al ser activado por el pin digital del Arduino, permite medir las partículas de polvo existentes en el aire. La medición el sensor lo hace mediante la salida de voltaje que varía según el nivel de concentración de partículas de polvo existentes en el medio (NAYLAMP, 2019).

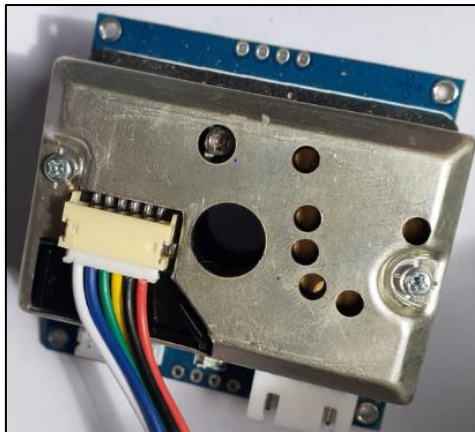


Ilustración 10. Sensor de polvo 2.5 PM.
Fuente: Autores.

Características.

- Voltaje de operación: 0.3-7 VDC.
- Consumo: 100 mW.
- Salida analógica: A0.
- Salida digital: D0.
- Respuesta a la frecuencia: 50 a 15000 Hz.
- Temperatura de operación: -40°C a 85°C.
- Sensibilidad: 0.5V/0.1mg/m³.
- Conectores: 6 pines.

2.5.7. Sensor SEN-08942 (Pluviómetro, Anemómetro y Veleta).

El sensor incluye un kit con los siguientes elementos: Pluviómetro, Anemómetro y Veleta ver ilustración 11, las cuales sirven para medir la cantidad de lluvia, la velocidad y dirección del viento, respectivamente.

Para el funcionamiento de los mismos contiene en su interior interruptores e imanes para poder realizar las mediciones.



Ilustración 11. Sensor SEN-08942.
Fuente: Autores.

Pluviómetro: Sirve para medir la cantidad de lluvia, incluye un balde basculante como se observa en la ilustración 12, que es de vaciado automático, cuando detecta 0.2799 mm de lluvia, se produce el cierre de sus interruptores para poder medir la cantidad de lluvia. Mediante el conector RJ-11, se puede obtener las mediciones y visualizar en el programa que se esté empleando.



Ilustración 12. Sensor pluviómetro.
Fuente: Autores.

Anemómetro: Sirve para medir la velocidad del viento, este sensor a una velocidad de 2.4 km/h hace que los imanes que incluye el sensor se cierren una vez por segundo, a dicha velocidad. Previamente, este sensor funciona en conjunto con la veleta como se observa en la ilustración 13 ya que con su conector RJ-11 van conectados en serie.



Ilustración 13. Sensor anemómetro.
Fuente: Autores.

Veleta: Sirve para conocer la dirección del viento, la misma incluye en su interior ocho interruptores, que con sus respectivas resistencias, permiten tener 16 posiciones diferentes al momento que el imán actúa sobre los interruptores. Tiene forma de veleta, como se puede observar en la ilustración 14.



Ilustración 14. Sensor Veleta.
Fuente: Autores.

CAPÍTULO 3

3. DISEÑO DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

3.1. Variables a medir y Sensores a utilizar en el proyecto

Para la Estación Meteorológica y Calidad del Aire, se estableció las variables de estudio que se puede observar en la tabla 2, las cuales, cada variable posee su correspondiente sensor para realizar las respectivas mediciones.

Tabla 2. Variables a medir y sensores a utilizar en el proyecto.

Variable	Sensor
Temperatura y Humedad Relativa	DHT-11
Presión Barométrica	BMP180
Altitud	BMP180
Gas Monóxido de Carbono (CO)	MQ-7
Gas Ozono (O ₃)	MQ-131
Gas Dióxido de Carbono (CO ₂)	MQ-135
Gas Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	MQ-135
Gas Dióxido de Azufre (SO ₂)	MQ-136
Radiación Ultravioleta	VELM6075
Sonido	KY-38
Polvo 2.5PM	GP2Y1010AU0F
Cantidad de Lluvia	SEN-8942
Velocidad del viento	SEN-8942
Dirección del viento	SEN-8942

Fuente: Autores.

3.2. Instalación y calibración de Sensores

La calibración de sensores permite obtener datos confiables mediante un proceso de correlación con datos de otras estaciones meteorológicas licenciadas, lo cual, nos permitirá tener una precisión con un margen menor de error.

3.2.1. Sensor de Temperatura y Humedad Relativa.

En la instalación del sensor DHT-11 tiene 3 pines, los cuales son: Vcc (5V), Gnd y Salida digital. El sensor es alimentado desde el Arduino Mega, la conexión se muestra en la ilustración 15.

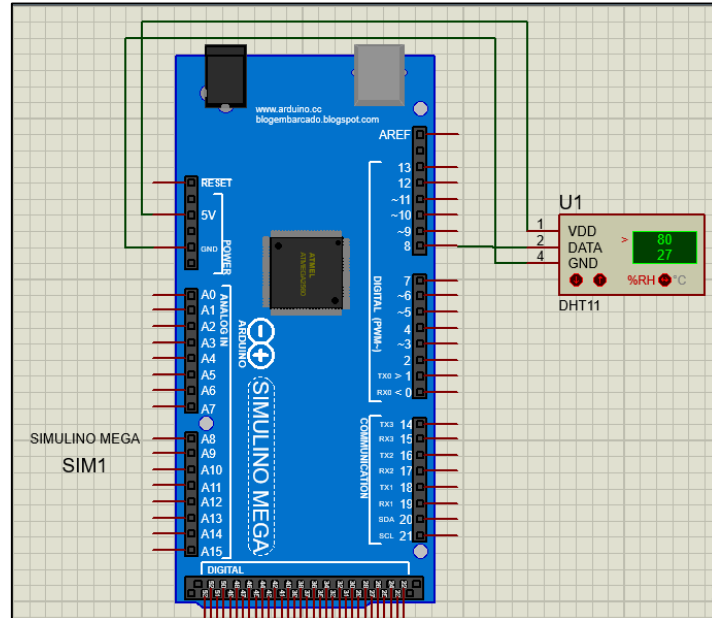


Ilustración 15. Conexión del sensor DHT-11.
Fuente: Autores.

Este tipo de sensor viene calibrado de fábrica por lo que no es necesario realizar una pre-calibración. Es necesario una correlación de medida con un termómetro.

El sketch de programación se muestra en la ilustración 16, requiere previamente descargar la librería propia de los sensores tipo DHT, sirve para el DHT-11 y DHT-22. Para poder comprobar el funcionamiento del sensor se mostrará mediante el Monitor Serie propio del software Arduino, en el cual, se puede asegurar que el sensor este en pleno funcionamiento y sus mediciones sean correctas.

```

DHT11
// Incluimos librería
#include <DHT.h>
// Definimos el pin digital donde se conecta el sensor
#define DHTPIN 3
// Dependiendo del tipo de sensor
#define DHTTYPE DHT11
// Inicializamos el sensor DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
void setup() {
  // Inicializamos comunicación serie
  Serial.begin(9600);
  // Comenzamos el sensor DHT
  dht.begin();}
void loop() { // Esperamos 5 segundos entre medidas
  delay(5000);
  // Leemos la humedad relativa
  float h = dht.readHumidity();
  // Leemos la temperatura en grados centígrados (por defecto)
  float t = dht.readTemperature();
  float f = dht.readTemperature(true);
  // Comprobamos si ha habido algún error en la lectura
  if (isnan(h) || isnan(t) || isnan(f)) {
    Serial.println("Error obteniendo los datos del sensor DHT11");
    return;}
  Serial.print("Humedad: ");
  Serial.print(h);
  Serial.print(" %\t");
  Serial.print("Temperatura: ");
  Serial.print(t);
  Serial.print(" *C ");}

```

Ilustración 16. Sketch de programación sensor DHT11.
Fuente: Autores.

3.2.2. Sensor de Presión Barométrica.

El sensor BMP180 de presión barométrica tiene integrado 4 pines, los cuales son: Vcc (3.3-5V), Gnd, SCL (Reloj serie) y SDA (Datos serie). Esto se conecta en los puertos-entradas del Arduino Mega, como se muestra en la ilustración 17.

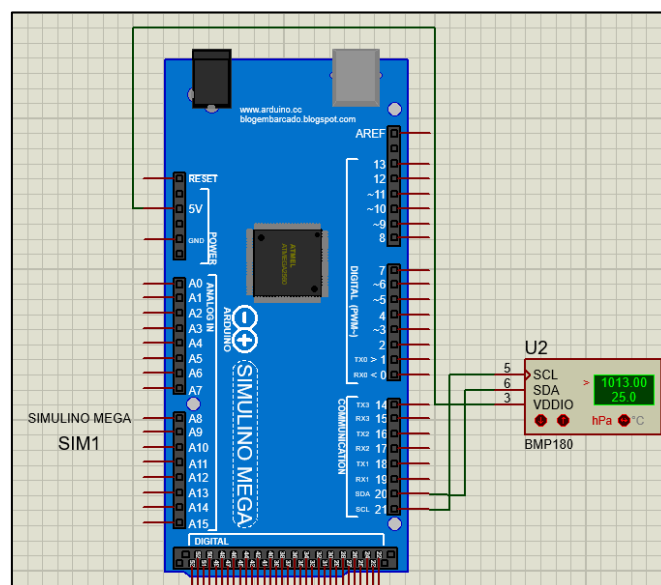


Ilustración 17. Conexión del sensor BMP 180.

Fuente: Autores.

El sensor viene pre-calibrado de fábrica, por lo que no es necesario realizar una calibración, nos mostrará mediciones de altitud sobre el nivel del mar y presión barométrica. Por cualquier duda se cotejo las medidas con un barómetro y altímetro.

El sketch de programación se muestra en la ilustración 18, requiere previamente descargar la librería propia del sensor BMP180 y la librería Wire, que sirve para poder establecer comunicación con los puertos SCL (Reloj serie) y SDA (Datos serie). Para poder comprobar el funcionamiento del sensor se mostrará mediante el Monitor Serie propio del software Arduino, en el cual se puede asegurar que el sensor este en pleno funcionamiento y realizar sus respectivas mediciones.

```
BMP180
#include <SFE_BMP180.h>
#include <Wire.h>
SFE_BMP180 bmp180;
double PresionNivelMar=1013.25; //presion sobre el nivel del mar en mbar; pines 20 SDA Y 21 SCL
void setup(){ Serial.begin(9600);
  if (bmp180.begin())
    Serial.println("BMP180 iniciado correctamente");
  else
  { Serial.println("Error al iniciar el BMP180");
    while(1); } // bucle infinito
void loop()
{ char status;
  double T,P,A;
  status = bmp180.startTemperature();//Inicio de lectura de temperatura
  if (status != 0)
  { delay(status); //Pausa para que finalice la lectura
    status = bmp180.getTemperature(T); //Obtener la temperatura
    if (status != 0)
    { status = bmp180.startPressure(3);//Inicio lectura de presión
      if (status != 0)
      { delay(status);//Pausa para que finalice la lectura
        status = bmp180.getPressure(P,T);//Obtenemos la presión
        if (status != 0)
        { Serial.print("Presion: ");
          Serial.print(P);
          Serial.print(" mb , ");
          //-----Calculamos la altitud-----
          A= bmp180.altitude(P,PresionNivelMar);
          Serial.print("Altitud: ");
          Serial.print(A);
          Serial.println(" m s.n.m."); } } } } delay(10000);}
```

Ilustración 18. Sketch de programación sensor BMP180.

Fuente: Autores.

3.2.3. Sensor de Monóxido de Carbono (MQ-7).

3.2.3.1. Instalación del MQ-7.

Para la instalación el sensor MQ-7, dispone de cuatro pines, los cuales son: Vcc (5V), Gnd, A0 (Analógico) y D0 (Digital). Se utilizará los tres pines exceptuando el pin digital, porque se requiere tener las lecturas analógicas, para poder realizar la respectiva conversión y saber cuál es el porcentaje de CO. Adicionalmente, se instalará una resistencia la cual ha sido previamente calculada con un proceso que se mostrará en la


```
RO_true-MQ_7$
void setup() {
  Serial.begin(9600); //Inicio del monitor serial
}
void loop() {
  // Sensor de Monóxido de Carbono CO-MQ7
  float sensor_volt;
  float RS_air;
  float R0;
  float sensorValue = 0;
  // Ciclo for para tener una media exacta
  for(int x = 0 ; x < 100 ; x++)
  {
    sensorValue = sensorValue + analogRead(A0);
    delay(10);
  }
  sensorValue = sensorValue/100.0;

  sensor_volt = sensorValue/1024*4.33;
  RS_air = (4.33-sensor_volt)/sensor_volt; // omite a RL=1 Kohm
  R0 = RS_air/0.3; // El ratio de RS/R0=0.3 para el gas CO para 600 ppm
  //tomado de la curva característica varia para cada sensor MQ
  Serial.print("sensor_volt = ");
  Serial.print(sensor_volt);
  Serial.println("V");
  Serial.print("R0 = ");
  Serial.print(R0);
  Serial.print(" kohm");
  Serial.print("\n");
  delay(3000);
}
```

Ilustración 20. Sketch de programación de calibración del sensor MQ-7.
Fuente: Autores.

Se conectó el sensor por unos cinco minutos, durante este periodo de tiempo estuvo indicando valores de la resistencia R_0 . Se tomaron muestras de diez valores estables, con lo cual, se obtuvo un valor promedio. Con este valor se establece la resistencia correcta a instalar en conjunto con el sensor. Los valores medidos de R_0 se muestran en la ilustración 21.

```
RO = 18.52 kohm
sensor_volt = 0.66V
RO = 18.51 kohm
sensor_volt = 0.66V
RO = 18.53 kohm
sensor_volt = 0.66V
RO = 18.53 kohm
sensor_volt = 0.66V
RO = 18.52 kohm
sensor_volt = 0.66V
RO = 18.48 kohm
sensor_volt = 0.66V
RO = 18.45 kohm
sensor_volt = 0.66V
RO = 18.43 kohm
sensor_volt = 0.66V
RO = 18.42 kohm
sensor_volt = 0.66V
RO = 18.42 kohm
sensor_volt = 0.66V
RO = 18.49 kohm
sensor_volt = 0.66V
RO = 18.44 kohm
sensor_volt = 0.66V
RO = 18.44 kohm
sensor_volt = 0.66V
RO = 18.44 kohm
sensor_volt = 0.66V
RO = 18.44 kohm
sensor_volt = 0.66V
RO = 18.44 kohm
sensor_volt = 0.66V
RO = 18.43 kohm
sensor_volt = 0.66V
RO = 18.42 kohm
sensor_volt = 0.66V
RO = 18.42 kohm
```

Ilustración 21. Mediciones para el cálculo de la resistencia R_o del sensor MQ-7.
Fuente: Autores.

Se tomaron diez valores de las mediciones previamente mostradas obteniendo un promedio de resistencia de $R_o=18.46K\Omega$.

El valor de resistencia comercial a utilizar es de $18K\Omega$. En la tabla 3, se puede observar los valores medios de la resistencia R_o .

Tabla 3. Valor medio de la resistencia Ro MQ-7_CO.

Nº	MQ-7
1	18,47
2	18,45
3	18,43
4	18,43
5	18,42
6	18,45
7	18,49
8	18,51
9	18,43
10	18,52
Promedio	18,46 KΩ.

Fuente: Autores.

Para la comprobación de los datos obtenidos, se realizó con otro programa que se muestra en la ilustración 22, en el cual se reemplazó los valores obtenidos del promedio de la resistencia Ro. Se realiza las mismas conexiones de los pines hechos anteriormente y se comprueba si los valores mostrados son iguales a los obtenidos de forma anterior, ver ilustración 23. Con este procedimiento se conoce si fue correctamente calibrado.

```
RS-R0-MQ_7 $
void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {

  float sensor_volt;
  float RS_gas;
  float ratio;
  int sensorValue = analogRead(A0);
  sensor_volt=(float)sensorValue/1024*4.33;
  RS_gas = (4.33-sensor_volt)/sensor_volt; // omite RL=1 Kohm

  /*-Reemplazar "R0" con el valor encontrado en el primer sketch-*/
  ratio = RS_gas/18.46; // ratio = RS/R0
  /*-----*/

  Serial.print("sensor_volt = ");
  Serial.println(sensor_volt);
  Serial.print("RS_ratio = ");
  Serial.println(RS_gas);
  Serial.print("Rs/R0 = ");
  Serial.println(ratio);

  Serial.print("\n\n");

  delay(1000);
}
}
```

Ilustración 22. Sketch de programación de comprobación del sensor MQ-7.

Fuente: Autores.

```
sensor_volt = 0.67
RS_ratio = 5.48
Rs/R0 = 0.30

sensor_volt = 0.67
RS_ratio = 5.48
Rs/R0 = 0.30

sensor_volt = 0.67
RS_ratio = 5.48
Rs/R0 = 0.30

sensor_volt = 0.67
RS_ratio = 5.48
Rs/R0 = 0.30

sensor_volt = 0.66
RS_ratio = 5.52
Rs/R0 = 0.30

sensor_volt = 0.67
RS_ratio = 5.48
Rs/R0 = 0.30

sensor_volt = 0.66
RS_ratio = 5.52
Rs/R0 = 0.30
```

Ilustración 23. Mediciones de comprobación del sensor MQ-7.
Fuente: Autores.

3.2.3.3. Medición de CO en PPM mediante el sensor MQ-7.

Previamente realizado el montaje y calibración del sensor, se puede realizar las mediciones de CO. Para realizar estas mediciones, primero se debe obtener la ecuación de la curva para CO. Estos datos se obtienen de la hoja de características del sensor MQ-7 que se muestra en la ilustración 24, en el caso del mencionado gas, el sensor tiene un rango de medición entre 50 y 4000 PPM, se obtiene los valores para cada valor de PPM y se procede a graficar en Microsoft Excel, para la obtención de la ecuación de la curva. En la tabla 4, se muestra los valores de R_s/R_0 vs PPM de CO.

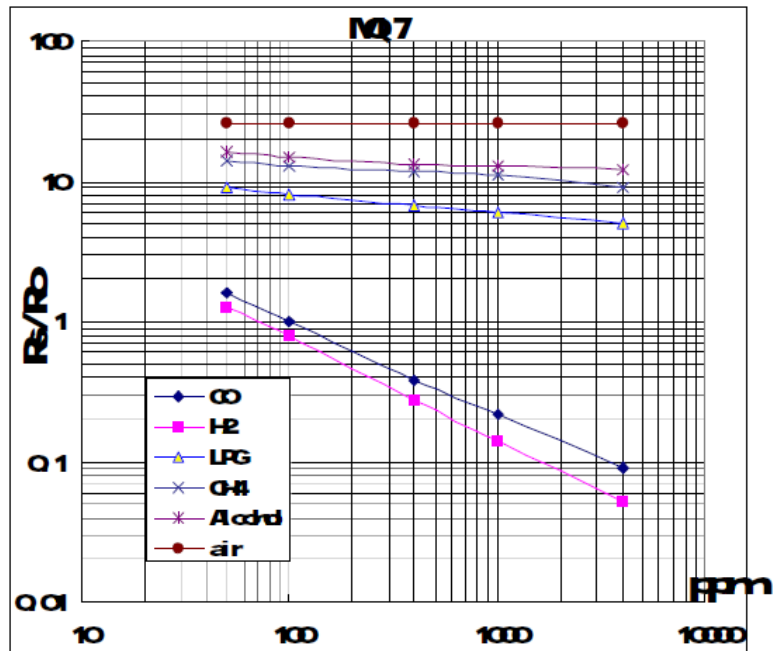


Ilustración 24. Curva de gases del Sensor MQ-7.
Fuente: (HANWEI ELECTRONICS CO.).

Tabla 4. Valores de Rs/Ro vs PPM del Sensor MQ-7.

Rs/Ro	PPM
50	1,75
60	1,45
70	1,3
80	1,2
90	1,05
100	1
200	0,6
300	0,48
400	0,39
500	0,32
600	0,3
700	0,28
800	0,25
900	0,23
1000	0,22
2000	0,15
3000	0,12
4000	0,09

Fuente: Autores.

Donde:

Rs: Resistencia del sensor leída desde Arduino.

Ro: constante que equivale al valor de la resistencia del sensor cuando es expuesto a una concentración de un determinado gas.

PPM: Partes Por Millón.

En el gráfico 1, en donde se observa los valores de Rs/Ro en el eje de las ordenadas y el valor de PPM en el eje de las abscisas.

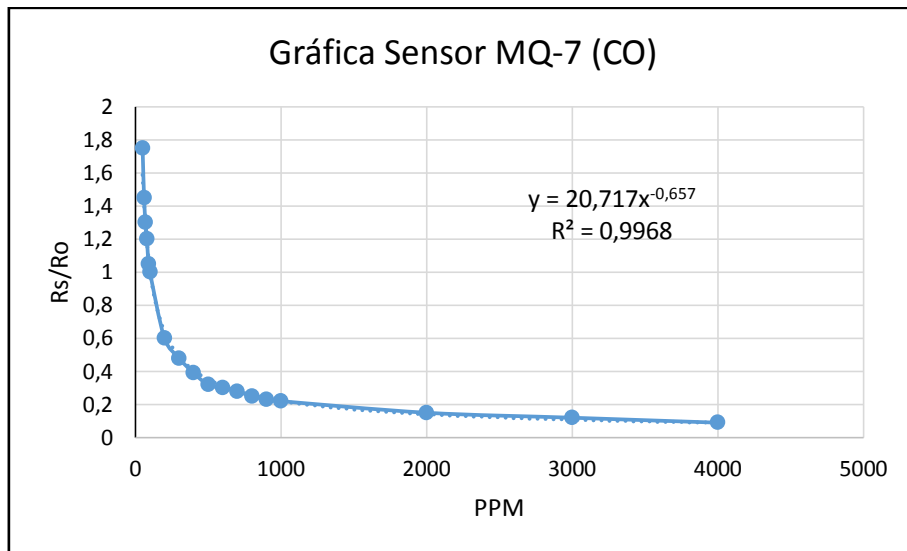


Gráfico 1. Curva de Rs/Ro vs PPM del sensor MQ-7.
Fuente: Autores.

La ecuación 1. Obtenida a partir de la curva del gráfico 1, se muestra a continuación, la cual servirá para reemplazar en el código de programación en la medición de CO.

Ecuación 1. Obtenida a partir de la curva del gráfico 1.

$$y = 20,717x^{-0,657}$$

Donde

y = concentración de CO en PPM.

x = relación de Rs/Ro que se reemplaza con los valores calculados.

Para la medición de concentración de CO, se utilizó el siguiente código de programación que se muestra en la ilustración 25, con lo cual, se determina PPM existentes en el medio que se encuentre expuesto el sensor.

```

ppm_CO_MQ7

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

void loop() {

  int adc_MQ7 = analogRead(A0); //Lemos la salida analógica del MQ
  float voltaje_MQ7 = adc_MQ7 * (4.33/ 1023.0); //Convertimos la lectura en un valor de voltaje
  float Rs_MQ7=1000*((5-voltaje_MQ7)/voltaje_MQ7); //Calculamos Rs con un RL de 1k
  double CO=20.717*pow(Rs_MQ7/10.46, -0.657); // calculamos la concentración de CO con la ecuación obtenida.
  //-----Enviamos los valores por el puerto serial-----
  //Serial.print("adc:");
  //Serial.print(adc_MQ7);
  //Serial.print(" voltaje:");
  //Serial.print(voltaje_MQ7);
  //Serial.print(" Rs:");
  //Serial.print(Rs_MQ7);
  Serial.print(" Monóxido de Carbono:");
  Serial.print(CO);
  Serial.println("ppm");
  delay(4000);
}

```

Ilustración 25. Sketch de programación para medir PPM de CO Sensor MQ-7.
Fuente: Autores.

3.2.4. Sensor de Ozono (MQ-131).

3.2.4.1. Instalación del sensor MQ-131.

Para la instalación el sensor MQ-131, dispone de cuatro pines, los cuales son Vcc (5V), Gnd, A0 (Analógico) y D0 (Digital). Se utilizará los tres pines exceptuando el pin digital ya que se requiere tener las lecturas analógicas, para poder realizar la respectiva conversión, para conocer cuál es el porcentaje de O₃. Adicionalmente, se instaló una resistencia, la cual ha sido previamente calculada con un proceso que se mostrará en la ilustración 26, sirve para poder calibrar el sensor exclusivamente para la medición de O₃; este proceso es importante ya que el sensor tiene las propiedades de medir otros gases, por lo que se debe calibrar para el gas deseado.

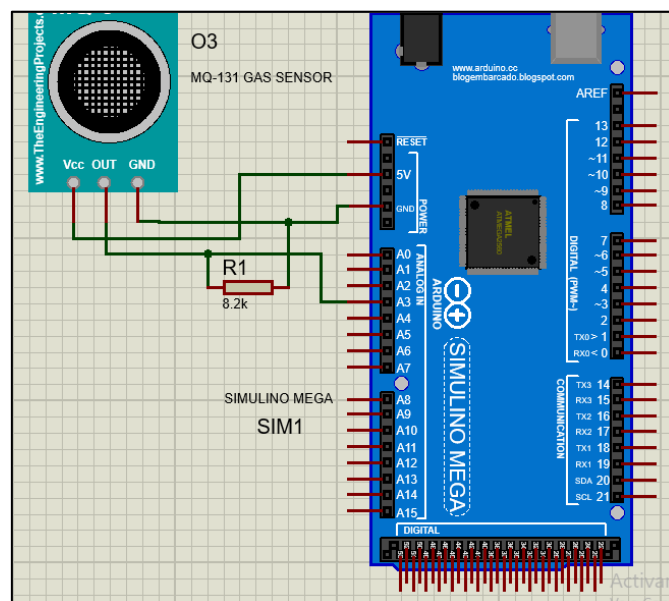


Ilustración 26. Conexión del sensor MQ-131.
Fuente: Autores.

3.2.4.2. Calibración del sensor MQ-131.

Para poder tener una calibración correcta, se debe de precalentar el sensor, en este caso para el MQ-131, más de 24 horas. Este proceso es útil, ya que sirve para secar cualquier tipo de humedad por defectos de fabricación, esto solo se lo realizará por una única vez.

El primer paso, es conectar a Vcc, Gnd y el puerto analógico A3 a los puertos del Arduino Mega. Se procede a subir el sketch de programación que se muestra en la ilustración 27, para encontrar el valor de la resistencia R_0 , que será la resistencia para realizar la medición exclusivamente de O_3 . Para este primer paso, se tomó como referencia un valor de medición de 10 PPB y $R_s/R_0=3.5$, tomado desde la hoja de características del sensor MQ-131.

```
R0_true_MQ131
void setup() {
  Serial.begin(115200); //Inicio del monitor serial
}
void loop() {
  // Sensor de OZONO O3-MQ131
  float sensor_volt;
  float RS_air;
  float R0;
  float sensorValue = 0;
  // Ciclo for para tener una media exacta
  for(int x = 0 ; x < 100 ; x++)
  {
    sensorValue = sensorValue + analogRead(A4);
    delay(10);
  }
  sensorValue = sensorValue/100.0;

  sensor_volt = sensorValue/1024*4.33;
  RS_air = (4.33-sensor_volt)/sensor_volt; // omite a RL=1 Kohm
  R0 = RS_air/3.5; // El ratio de RS/R0=3.5 para el gas O3 para 10 ppb
  //tomado de la curva característica varia para cada sensor MQ

  Serial.print("sensor_volt = ");
  Serial.print(sensor_volt);
  Serial.println("V");
  Serial.print("R0 = ");
  Serial.print(R0);
  Serial.print(" kohm");
  Serial.print("\n");
  delay(5000);
}
```

Ilustración 27. Sketch de programación de calibración del sensor MQ-131.

Fuente: Autores.

Se conectó el sensor por unos cinco minutos, durante este período de tiempo estuvo indicando valores de la resistencia R_0 . Se tomaron muestras de diez valores estables, con lo cual, se obtuvo un valor promedio. Con este valor se establece la resistencia correcta a instalar en conjunto con el sensor. Los valores medidos de R_0 se muestran en la ilustración 28.

```

R0 = 8.80 kohm
sensor_volt = 0.14V
R0 = 8.63 kohm
sensor_volt = 0.14V
R0 = 8.60 kohm
sensor_volt = 0.14V
R0 = 8.69 kohm
sensor_volt = 0.14V
R0 = 8.85 kohm
sensor_volt = 0.13V
R0 = 8.89 kohm
sensor_volt = 0.13V
R0 = 8.91 kohm
sensor_volt = 0.14V
R0 = 8.87 kohm
sensor_volt = 0.14V
R0 = 8.83 kohm
sensor_volt = 0.14V
R0 = 8.85 kohm
sensor_volt = 0.14V
R0 = 8.84 kohm
sensor_volt = 0.14V
R0 = 8.82 kohm
sensor_volt = 0.14V
R0 = 8.87 kohm
sensor_volt = 0.14V
R0 = 8.83 kohm
sensor_volt = 0.14V
R0 = 8.80 kohm
sensor_volt = 0.14V
R0 = 8.35 kohm
sensor_volt = 0.14V
R0 = 8.32 kohm

```

Ilustración 28. Mediciones para calcular la resistencia R_0 del sensor MQ-131.
Fuente: Autores.

Se tomaron diez valores de las mediciones previamente mostradas en la ilustración 28, obteniendo un promedio de resistencia de $R_0=8.738K\Omega$. En la tabla 5, se puede observar los valores medios de la resistencia R_0 .

El valor de resistencia comercial a utilizar es de $8.2K\Omega$.

Tabla 5. Valor medio de la resistencia R_0 MQ-131_O3.

Nº	MQ131
1	8,87
2	8,83
3	8,85
4	8,84
5	8,82
6	8,87
7	8,83
8	8,80
9	8,35
10	8,32
Promedio	8,73 KΩ.

Fuente: Autores.

Para la comprobación de los datos obtenidos, se realizó con otro programa que se muestra en la ilustración 29, en el cual se reemplazó los valores obtenidos del promedio de la resistencia R_0 . Se realiza las mismas conexiones de los pines hecho anteriormente y se comprueba si los valores mostrados son iguales a los obtenidos de forma anterior, ver ilustración 30. Con este procedimiento se conoce si fue correctamente calibrado.

```

RS-R0-MQ_131_03$
void setup() {
  Serial.begin(115200);
}

void loop() {

  float sensor_volt;
  float RS_gas;
  float ratio;
  int sensorValue = analogRead(A4);
  sensor_volt=(float)sensorValue/1024*4.33;
  RS_gas = (4.33-sensor_volt)/sensor_volt; // omite RL=1 Kohm

  /*-Reemplazar "R0" con el valor encontrado en el primer sketch
  ratio = RS_gas/8.73; // ratio = RS/R0
  */-----

  Serial.print("sensor_volt = ");
  Serial.println(sensor_volt);
  Serial.print("RS_ratio = ");
  Serial.println(RS_gas);
  Serial.print("Rs/R0 = ");
  Serial.println(ratio);

  Serial.print("\n\n");

  delay(5000);}

```

Ilustración 29. Sketch de programación de comprobación del sensor MQ-131.
Fuente: Autores.

```

RS_ratio = 4.45
Rs/R0 = 0.51

sensor_volt = 0.81
RS_ratio = 4.33
Rs/R0 = 0.50

sensor_volt = 0.83
RS_ratio = 4.22
Rs/R0 = 0.48

sensor_volt = 0.83
RS_ratio = 4.20
Rs/R0 = 0.48

sensor_volt = 0.83
RS_ratio = 4.20
Rs/R0 = 0.48

sensor_volt = 0.83
RS_ratio = 4.22
Rs/R0 = 0.48

```

Ilustración 30. Mediciones de comprobación del sensor MQ-131.
Fuente: Autores.

3.2.4.3. Medición de O₃ en PPB mediante el sensor MQ-131.

Previamente realizado el montaje y calibración del sensor, se puede realizar las mediciones de O₃. Para realizar estas mediciones, primero se debe obtener la ecuación de la curva para el gas O₃. Estos datos los obtenemos de la hoja de características del sensor MQ-131, ver ilustración 31, en el caso para el mencionado gas, el sensor tiene un rango de medición entre 5 y 100 PPB, se obtiene los valores para cada valor de PPB y se procede a graficar en Microsoft Excel para la obtención de la ecuación de la curva. En la tabla 6, se muestra los valores de Rs/Ro vs PPB de O₃.

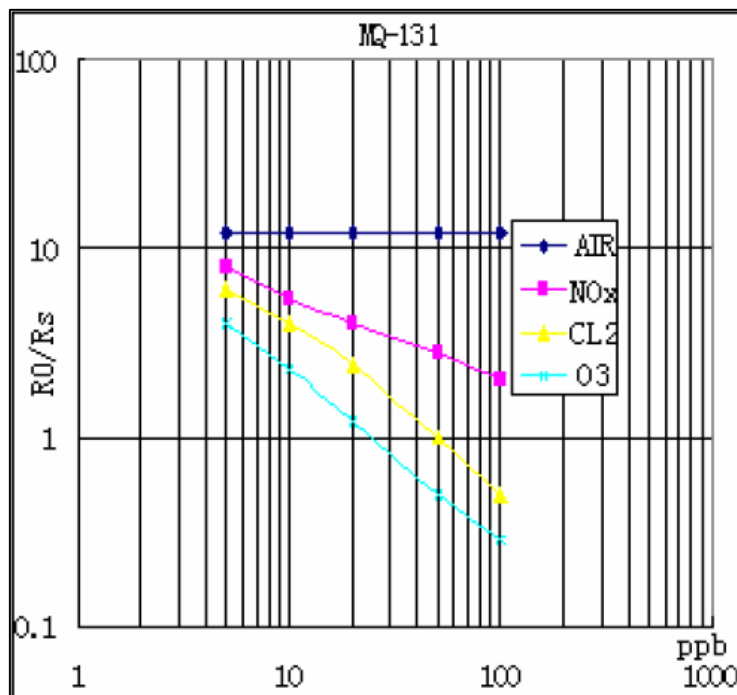


Ilustración 31. Curva de gases del sensor MQ-131.
Fuente: (HANWEI ELECTRONICS CO.).

Tabla 6. Valores de Rs/Ro vs PPB del sensor MQ-131.

PPB	Rs/Ro
5	6
6	5,5
7	5
8	4,5
9	4
10	3,5
20	1,75
30	0,92
40	0,77
50	0,7
60	0,65
70	0,55
80	0,52
90	0,5
100	0,45

Fuente: Autores.

Donde:

Rs: Resistencia del sensor leída desde Arduino.

Ro: constante que equivale al valor de la resistencia del sensor cuando es expuesto a una concentración de un determinado gas.

PPB: Partes Por Billón.

En el gráfico 2, en donde se observa los valores de Rs/Ro en el eje de las ordenadas y el valor de PPB en el eje de las abscisas.

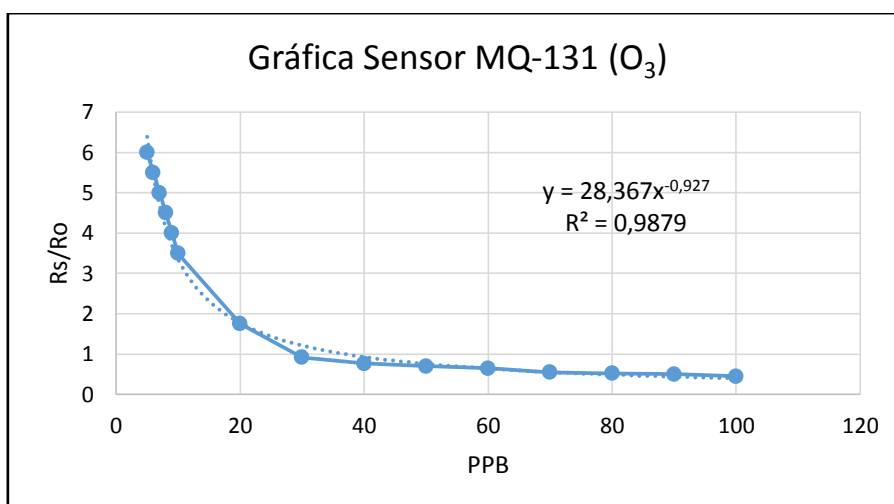


Gráfico 2. Curva de Rs/Ro vs PPB del sensor MQ-131.

Fuente: Autores.

La ecuación 2. Obtenida a partir de la curva del gráfico 2, se muestra a continuación, la cual servirá para reemplazar en el código de programación en la medición de O₃.

Ecuación 2. Obtenida de la curva del gráfico 2.

$$y = 28,367x^{-0.927}$$

Donde

- **y** = concentración de O₃ en PPB.
- **x** = relación de Rs/Ro que se reemplaza con los valores calculados.

Para la medición de concentración del gas O₃, se utilizó el siguiente código de programación que se muestra en la ilustración 32, con lo cual se determinó PPB existentes en el medio, en el cual se encuentre expuesto el sensor.

```
ppm_O3_MQ131
void setup() {
  Serial.begin(115200);
}

void loop() {

  int adc_MQ131 = analogRead(A4); //Lemos la salida analógica del MQ
  float voltaje_MQ131 = adc_MQ131 * (4.33/ 1023.0); //Convertimos la lectura en un valor de voltaje
  float Rs_MQ131=1000*((4.33-voltaje_MQ131)/voltaje_MQ131); //Calculamos Rs con un RL de 1k
  double O3=28.367*pow(Rs_MQ131/8.73, -0.927); // calculamos la concentración de SO2 con la ecuación obtenida
  //-----Enviamos los valores por el puerto serial-----
  Serial.print("adc:");
  Serial.print(adc_MQ131);
  Serial.print(" voltaje:");
  Serial.print(voltaje_MQ131);
  Serial.print(" Rs:");
  Serial.print(Rs_MQ131);
  Serial.print(" Dióxido de Azufre:");
  Serial.print(O3);
  Serial.println("");
  delay(4000);
}
```

Ilustración 32. Sketch de programación para medir las PPB de O₃ del sensor MQ-131.
Fuente: Autores

3.2.5. Sensor de Dióxido de Carbono (MQ-135).

3.2.5.1. Instalación del sensor MQ-135 de CO₂.

Para la instalación el sensor MQ-135, dispone de cuatro pines, los cuales son Vcc (5V), Gnd, A0 (Analógico) y D0 (Digital). Se utilizará los tres pines exceptuando el pin digital ya que se requiere de tener las lecturas analógicas, para poder realizar la respectiva conversión y saber cuál es el porcentaje de CO₂. Adicionalmente, se instalará una resistencia la cual ha sido previamente calculada con un proceso que se mostrará en la ilustración 33, que sirve para poder calibrar el sensor exclusivamente para la medición de CO₂; este proceso es importante ya que el sensor tiene las propiedades de medir otros gases por lo que se debe de calibrar para el gas deseado.

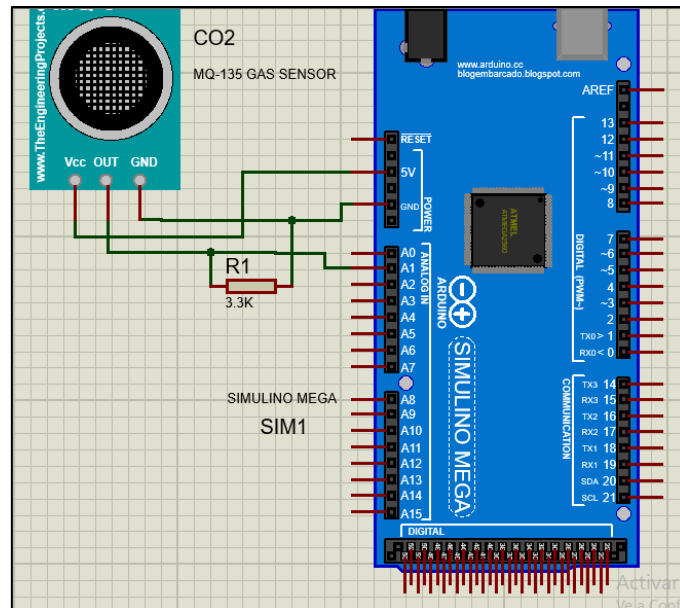


Ilustración 33. Conexión del sensor MQ-135_CO₂.
Fuente: Autores.

3.2.5.2. Calibración del sensor MQ-135 de CO₂.

Para poder tener una calibración correcta, se debe de precalentar el sensor, en este caso para el MQ-135, más de 24 horas. Este proceso es útil, ya que sirve para secar cualquier tipo de humedad por defectos de fabricación, esto solo se lo realizará por una única vez.

El primer paso, es conectar a Vcc, Gnd y el puerto analógico A1 a los puertos del Arduino Mega. Se procede a subir el sketch de programación que se muestra en la ilustración 34, para encontrar el valor de la resistencia R_0 , que será la resistencia para realizar la medición exclusivamente de CO₂. Para este primer paso, se tomó como referencia un valor de medición de 100PPM y $R_s/R_0=1.05$, tomado desde la hoja de características del sensor MQ-135.

```
R0_true-MQ_135$
void setup() {
  Serial.begin(9600); //Inicio del monitor serial
}
void loop() {
  // Sensor de Dióxido de Carbono CO2-MQ135
  float sensor_volt;
  float RS_air;
  float R0;
  float sensorValue = 0;
  // Ciclo for para tener una media exacta
  for(int x = 0 ; x < 100 ; x++)
  {
    sensorValue = sensorValue + analogRead(A1);
    delay(10);
  }
  sensorValue = sensorValue/100.0;
  sensor_volt = sensorValue/1024*4.33;
  RS_air = (4.33-sensor_volt)/sensor_volt; // omite a RL=1 Kohm
  R0 = RS_air/1.05; // El ratio de RS/R0=1.05 para el gas CO para 100 ppm
  //tomado de la curva caracteristica varia para cada sensor MQ
  Serial.print("sensor_volt = ");
  Serial.print(sensor_volt);
  Serial.println("V");
  Serial.print("R0 = ");
  Serial.print(R0);
  Serial.print(" kohm");
  Serial.print("\n");
  delay(5000);
}
```

Ilustración 34. Sketch de programación de calibración del sensor MQ-135 para CO₂.
Fuente: Autores.

Se conectó el sensor por unos cinco minutos, durante este periodo de tiempo estuvo mostrando valores de la resistencia Ro. Se tomaron muestras de diez valores estables, con lo cual se obtuvo un valor promedio. Con este valor se establece la resistencia correcta a instalar en conjunto con el sensor. Los valores medidos de Ro se muestran en la ilustración 35.

```

R0 = 2.95 kohm
sensor_volt = 1.05V
R0 = 2.98 kohm
sensor_volt = 1.05V
R0 = 2.98 kohm
sensor_volt = 1.05V
R0 = 2.98 kohm
sensor_volt = 1.05V
R0 = 2.99 kohm
sensor_volt = 1.04V
R0 = 3.01 kohm
sensor_volt = 1.04V
R0 = 3.01 kohm
sensor_volt = 1.04V
R0 = 3.02 kohm
sensor_volt = 1.04V
R0 = 3.01 kohm
sensor_volt = 1.04V
R0 = 3.01 kohm
sensor_volt = 1.05V
R0 = 2.98 kohm
sensor_volt = 1.05V
R0 = 2.96 kohm
sensor_volt = 1.05V
R0 = 2.96 kohm
sensor_volt = 1.05V
R0 = 2.96 kohm
sensor_volt = 1.06V
R0 = 2.95 kohm
sensor_volt = 1.06V
R0 = 2.95 kohm

```

Ilustración 35. Mediciones para calcular la resistencia R_0 del sensor MQ-135 para CO_2 .
Fuente: Autores.

Se tomaron diez valores de las mediciones previamente mostradas en la ilustración 35, obteniendo un promedio de resistencia de $R_0=2.992K\Omega$. En la tabla 7, se puede observar los valores medios de la resistencia R_0 .

El valor de resistencia comercial a utilizar es de $3.3K\Omega$.

Tabla 7. Valor medio de la resistencia R_0 MQ-135_ CO_2 .

Nº	MQ-135_ CO_2
1	2,95
2	2,98
3	2,98
4	2,99
5	3,01
6	3,02
7	3,02
8	3,01
9	3,02
10	2,98
Promedio	2,99 KΩ.

Fuente: Autores.

Para la comprobación de los datos obtenidos, se realizó con otro programa que se muestra en la ilustración 36, en el cual se reemplazó los valores obtenidos del promedio

de la resistencia Ro. Se realiza las mismas conexiones de los pines hecho anteriormente y se comprueba si los valores mostrados son iguales a los obtenidos de forma anterior, ver ilustración 37. Con este procedimiento se conoce si fue correctamente calibrado.

```

RS-R0-MQ_135 $
void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {

  float sensor_volt;
  float RS_gas;
  float ratio;
  int sensorValue = analogRead(A1);
  sensor_volt=(float)sensorValue/1024*4.33;
  RS_gas = (4.33-sensor_volt)/sensor_volt; // omite RL=1 Kohm

  /*-Reemplazar "R0" con el valor encontrado en el primer sketch-*/
  ratio = RS_gas/2.99; // ratio = RS/R0
  /*-----*/
  Serial.print("sensor_volt = ");
  Serial.println(sensor_volt);
  Serial.print("RS_ratio = ");
  Serial.println(RS_gas);
  Serial.print("Rs/R0 = ");
  Serial.println(ratio);
  Serial.print("\n\n");
  delay(5000);}

```

Ilustración 36. Sketch de programación de comprobación del sensor MQ-135 para CO₂.
Fuente: Autores.

```

sensor_volt = 1.05
RS_ratio = 3.13
Rs/R0 = 1.05

sensor_volt = 1.05
RS_ratio = 3.13
Rs/R0 = 1.05

sensor_volt = 1.05
RS_ratio = 3.13
Rs/R0 = 1.05

sensor_volt = 1.05
RS_ratio = 3.11
Rs/R0 = 1.04

sensor_volt = 1.05
RS_ratio = 3.13
Rs/R0 = 1.05

sensor_volt = 1.05
RS_ratio = 3.13
Rs/R0 = 1.05

sensor_volt = 1.05
RS_ratio = 3.11
Rs/R0 = 1.04

```

Ilustración 37. Mediciones de comprobación del sensor MQ-135 para CO₂.
Fuente: Autores.

3.2.5.3. Medición de CO₂ en PPM mediante el sensor MQ-135.

Previamente realizado el montaje y calibración del sensor, se puede realizar las mediciones de CO₂. Para realizar estas mediciones, primero se debe obtener la ecuación de la curva para el gas en mención. Estos datos los obtenemos de la hoja de características del sensor MQ-135, ver ilustración 38, en el caso para el mencionado gas, el sensor tiene un rango de medición entre 10 y 200PPM, se obtiene los valores para cada valor de PPM y se procede a graficar en Microsoft Excel para la obtención de la ecuación de la curva. En la tabla 8, se muestra los valores de Rs/Ro vs PPM de CO₂.

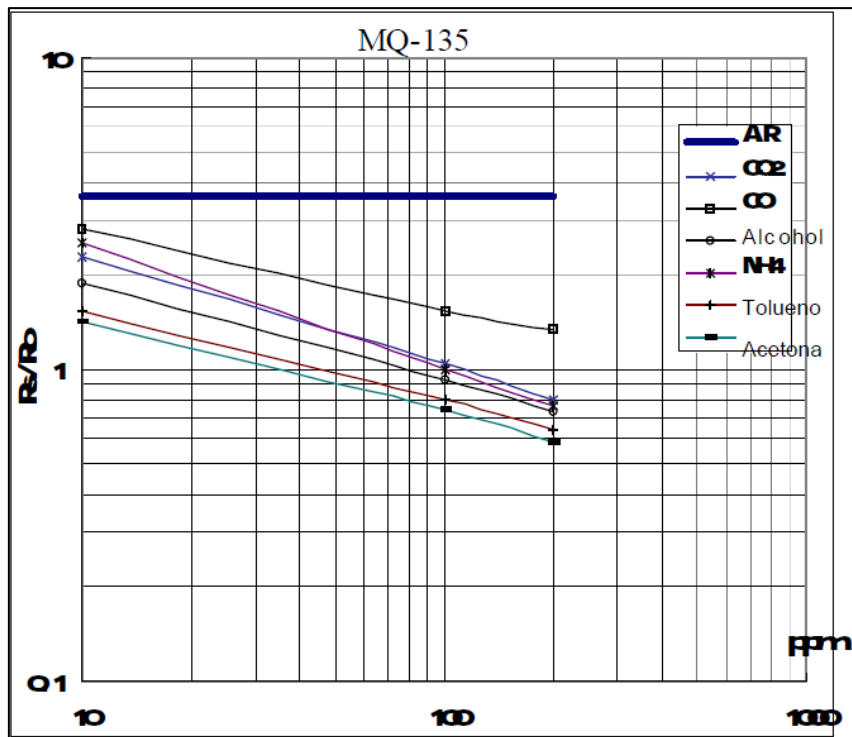


Ilustración 38. Curva de gases del sensor MQ-135 de CO₂.
Fuente: (HANWEI ELECTRONICS CO.).

Tabla 8. Valores de Rs/Ro vs PPM del sensor MQ-135 para CO₂.

Rs/Ro	PPM
10	2,3
20	1,8
30	1,6
40	1,5
50	1,4
60	1,3
70	1,2
80	1,1
90	1,07
100	1,05
150	0,9
200	0,8

Fuente: Autores.

En el gráfico 3, en donde se observa los valores de Rs/Ro en el eje de las ordenadas y el valor de PPM en el eje de las abscisas.

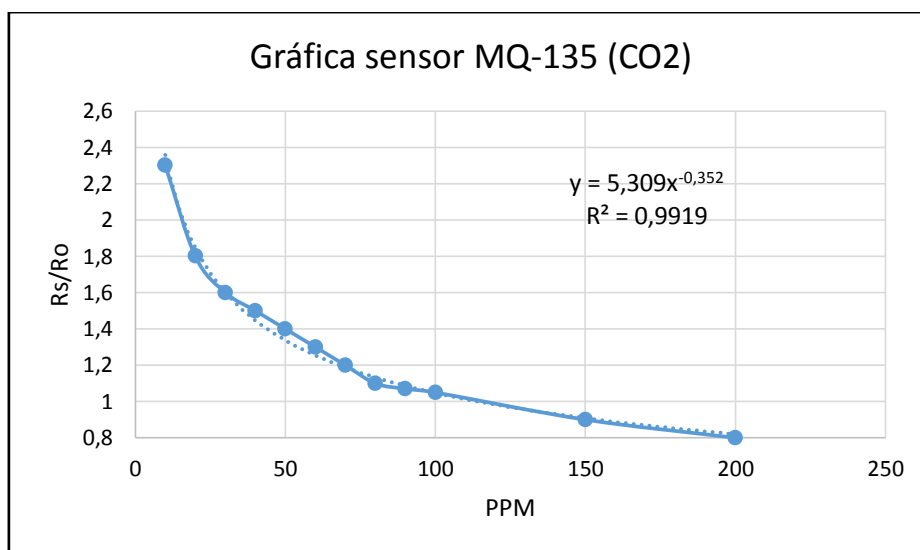


Gráfico 3. Curva de Rs/Ro vs PPM del sensor MQ-135 para CO₂.

Fuente: Autores.

La ecuación 3. Obtenida a partir de la curva del gráfico 3, se muestra a continuación, la cual servirá para reemplazar en el código de programación en la medición de CO₂.

Ecuación 3. Obtenido de la curva del gráfico 3

$$y = 5,2847x^{-0,351}$$

Donde

- y = concentración de CO_2 en PPM.
- x = relación de R_s/R_o que se reemplaza con los valores calculados.

Para la medición de concentración del gas CO_2 , se utilizó el siguiente código de programación que se muestra en la ilustración 39, con lo cual se determinó PPM existentes en el medio, en el cual se encuentre expuesto el sensor.

```
ppm_MQ135_CO2$  
void setup() {  
  Serial.begin(9600);  
}  
  
void loop() {  
  
  int adc_MQ135CO2 = analogRead(A1); //Lemos la salida analógica del MQ  
  float voltajeMQCO2 = adc_MQ135CO2 * (4.33/ 1023.0); //Convertimos la lectura en un valor de voltaje  
  float Rs_MQCO2=1000*((5-voltajeMQCO2)/voltajeMQCO2); //Calculamos Rs con un RL de 1k  
  double CO2=5.2847*pow(Rs_MQCO2/2.99, -0.351); //calculamos la concentración de CO con la ecuación d  
  //-----Enviamos los valores por el puerto serial-----  
  Serial.print("adc:");  
  Serial.print(adc_MQ135CO2);  
  Serial.print("  voltaje:");  
  Serial.print(voltajeMQCO2);  
  Serial.print("  Rs:");  
  Serial.print(Rs_MQCO2);  
  Serial.print("  Dióxido de Carbono:");  
  Serial.print(CO2);  
  Serial.println("ppm");  
  delay(4000);  
}
```

Ilustración 39. Sketch de programación para medir PPM de CO_2 del sensor MQ-135.
Fuente: Autores.

3.2.6. Sensor de Dióxido de Nitrógeno (MQ-135).

3.2.6.1. Instalación del sensor MQ-135 de NO₂.

Para la instalación el sensor MQ-135, dispone de cuatro pines, los cuales son Vcc (5V), Gnd, A0 (Analógico) y D0 (Digital). Se utilizará los tres pines exceptuando el pin digital ya que se requiere de tener las lecturas analógicas, para poder realizar la respectiva conversión y saber cuál es el porcentaje de NO₂. Adicionalmente, se instalará una resistencia la cual ha sido previamente calculada con un proceso que se mostrará en la ilustración 40, que sirve para poder calibrar el sensor exclusivamente para la medición de NO₂; este proceso es importante ya que el sensor tiene las propiedades de medir otros gases por lo que se debe de calibrar para el gas deseado.

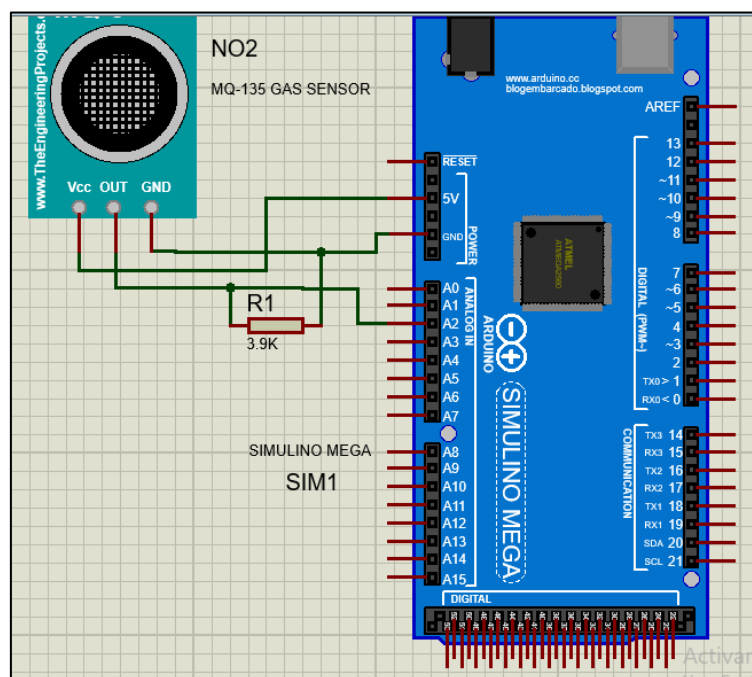


Ilustración 40. Conexión del sensor MQ-135_NO₂.
Fuente: Autores.

3.2.6.2. Calibración del sensor MQ-135 de NO₂.

Para poder tener una calibración correcta, se debe de precalentar el sensor, en este caso para el MQ-135, más de 24 horas. Este proceso es útil, ya que sirve para secar cualquier tipo de humedad por defectos de fabricación, esto solo se lo realizará por una única vez.

El primer paso, es conectar a Vcc, Gnd y el puerto analógico A2 a los puertos del Arduino Mega. Se procede a subir el sketch de programación que se muestra en la ilustración 41, para encontrar el valor de la resistencia R₀, que será la resistencia para realizar la medición exclusivamente de NO₂. Para este primer paso, se tomó como referencia un valor de medición de 100PPM y R_s/R₀=0.95, tomado desde la hoja de características del sensor MQ-135.

```
R0_true-MQ_135_NO2$  
  
void setup() {  
    Serial.begin(115200); //Inicio del monitor serial  
}  
  
void loop() {  
    // Sensor de Dióxido de Nitrógeno NO2-MQ135  
    float sensor_volt;  
    float RS_air;  
    float R0;  
    float sensorValue = 0;  
    // Ciclo for para tener una media exacta  
    for(int x = 0 ; x < 100 ; x++)  
    {  
        sensorValue = sensorValue + analogRead(A2);  
        delay(10);  
    }  
    sensorValue = sensorValue/100.0;  
  
    sensor_volt = sensorValue/1024*4.33;  
    RS_air = (4.33-sensor_volt)/sensor_volt; // omite a RL=1 Kohm  
    R0 = RS_air/0.95; // El ratio de RS/R0=0.95 para el gas NO2 para 100 ppm  
    //tomado de la curva característica varia para cada sensor MQ  
  
    Serial.print("sensor_volt = ");  
    Serial.print(sensor_volt);  
    Serial.println("V");  
    Serial.print("R0 = ");  
    Serial.print(R0);  
    Serial.print(" kohm");  
    Serial.print("\n");  
    delay(5000);  
}
```

Ilustración 41. Sketch de programación del sensor MQ-135 para NO₂.
Fuente: Autores.

Se conectó el sensor por unos cinco minutos, durante este periodo de tiempo estuvo mostrando valores de la resistencia R₀. Se tomaron muestras de diez valores estables, con lo cual se obtuvo un valor promedio. Con este valor se establece la resistencia correcta a instalar en conjunto con el sensor. Los valores medidos de R₀ se muestran en la ilustración 42.

```

R0 = 4,08 kohm
sensor_volt = 0,88V
R0 = 4,10 kohm
sensor_volt = 0,88V
R0 = 4,14 kohm
sensor_volt = 0,87V
R0 = 4,18 kohm
sensor_volt = 0,87V
R0 = 4,20 kohm
sensor_volt = 0,87V
R0 = 4,19 kohm
sensor_volt = 0,87V
R0 = 4,18 kohm
sensor_volt = 0,87V
R0 = 4,18 kohm
sensor_volt = 0,87V
R0 = 4,18 kohm
sensor_volt = 0,87V
R0 = 4,18 kohm
sensor_volt = 0,87V
R0 = 4,18 kohm
sensor_volt = 0,87V
R0 = 4,21 kohm
sensor_volt = 0,87V
R0 = 4,18 kohm
sensor_volt = 0,87V
R0 = 4,16 kohm
sensor_volt = 0,87V
R0 = 4,16 kohm
sensor_volt = 0,87V
R0 = 4,16 kohm
sensor_volt = 0,87V
R0 = 4,16 kohm

```

Ilustración 42. Mediciones para calcular la resistencia R_0 del sensor MQ-135 para NO_2 .
Fuente: Autores.

Se tomaron diez valores de las mediciones previamente mostradas en la ilustración 42, obteniendo un promedio de resistencia de $R_0=4.161\text{K}\Omega$. En la tabla 9, se puede observar los valores medios de la resistencia R_0 .

El valor de resistencia comercial a utilizar es de $3.9\text{K}\Omega$.

Tabla 9. Valor medio de la resistencia R_0 MQ-135_ NO_2 .

Nº	MQ-135_ NO_2
1	4,08
2	4,10
3	4,14
4	4,18
5	4,20
6	4,19
7	4,18
8	4,18
9	4,18
10	4,18
Promedio	4,16 KΩ.

Fuente: Autores.

Para la comprobación de los datos obtenidos, se realizó con otro programa que se muestra en la ilustración 43, en el cual se reemplazó los valores obtenidos del promedio de la resistencia R_0 . Se realiza las mismas conexiones de los pines hecho anteriormente y se comprueba si los valores mostrados son iguales a los obtenidos de forma anterior, ver ilustración 44. Con este procedimiento se conoce si fue correctamente calibrado.

```

RS-R0-MQ_135_NO2$
void setup() {
  Serial.begin(1152000);
}

void loop() {

  float sensor_volt;
  float RS_gas;
  float ratio;
  int sensorValue = analogRead(A2);
  sensor_volt=(float)sensorValue/1024*4.33;
  RS_gas = (4.33-sensor_volt)/sensor_volt; // omite RL=1 Kohm

  /*-Reemplazar "R0" con el valor encontrado en el primer sketch-*/
  ratio = RS_gas/4.16; // ratio = RS/R0
  /*-----*/

  Serial.print("sensor_volt = ");
  Serial.println(sensor_volt);
  Serial.print("RS_ratio = ");
  Serial.println(RS_gas);
  Serial.print("Rs/R0 = ");
  Serial.println(ratio);
  Serial.print("\n\n");
  delay(5000);}

```

Ilustración 43. Sketch de programación de comprobación del sensor MQ-135 para NO₂.

Fuente: Autores.

```

sensor_volt = 0.88
RS_ratio = 3.90
Rs/R0 = 0.94

sensor_volt = 0.88
RS_ratio = 3.90
Rs/R0 = 0.94

sensor_volt = 0.88
RS_ratio = 3.90
Rs/R0 = 0.94

sensor_volt = 0.88
RS_ratio = 3.90
Rs/R0 = 0.94

sensor_volt = 0.88
RS_ratio = 3.90
Rs/R0 = 0.94

sensor_volt = 0.88
RS_ratio = 3.92
Rs/R0 = 0.94

sensor_volt = 0.88
RS_ratio = 3.90
Rs/R0 = 0.94

```

Ilustración 44. Mediciones de comprobación del sensor MQ-135 para NO₂.

Fuente: Autores.

3.2.6.3. Medición de NO₂ en PPM mediante el sensor MQ-135.

Previamente realizado el montaje y calibración del sensor, se puede realizar las mediciones de NO₂. Para realizar estas mediciones, primero se debe obtener la ecuación de la curva para el gas en mención. Estos datos los obtenemos de la hoja de características del sensor MQ-135, ver ilustración 38, en el caso para el mencionado gas, el sensor tiene un rango de medición entre 10 y 200PPM, se obtiene los valores para cada valor de PPM y se procede a graficar en Microsoft Excel para la obtención de la ecuación de la curva. En la tabla 10, se muestra los valores de Rs/Ro vs PPM de NO₂.

Tabla 10. Valores de Rs/Ro vs PPM del sensor MQ-135 para NO₂.

Rs/Ro	PPM
10	1,8
20	1,6
30	1,4
40	1,3
50	1,2
60	1,1
70	1,05
80	0,99
90	0,94
100	0,9
150	0,82
200	0,72

Fuente: Autores.

En el gráfico 4, en donde se observa los valores de Rs/Ro en el eje de las ordenadas y el valor de PPM en el eje de las abscisas.

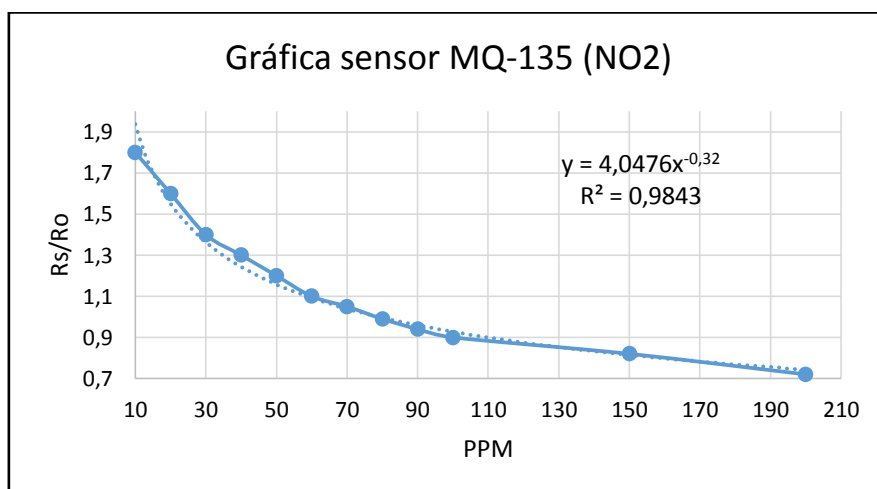


Gráfico 4. Curva de Rs/Ro vs PPM del sensor MQ-135 para NO₂.

Fuente: Autores.

La ecuación 4. Obtenida a partir de la curva del gráfico 4, se muestra a continuación, la cual servirá para reemplazar en el código de programación en la medición de NO₂.

Ecuación 4. Obtenido de la curva del gráfico 4.

$$y = 4,3103x^{-0.328}$$

Donde

- **y** = concentración de NO₂ en PPM.
- **x** = relación de Rs/Ro que se reemplaza con los valores calculados.

Para la medición de concentración del gas NO₂, se utilizó el siguiente código de programación que se muestra en la ilustración 45, con lo cual se determinó PPM existentes en el medio, en el cual se encuentre expuesto el sensor.

```
PPM_MQ15_NO2
void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {

  int adc_MQ135NO2 = analogRead(A2); //Lemos la salida analógica del MQ
  float voltajeMQNO2 = adc_MQ135NO2 * (4.33/ 1023.0); //Convertimos la lectura en un valor de voltaje
  float Rs_MQNO2=1000*((5-voltajeMQNO2)/voltajeMQNO2); //Calculamos Rs con un RL de 1k
  double NO2=4.3103*pow(Rs_MQNO2/4.16, -0.328); // calculamos la concentración de CO con la ecuación
  //-----Enviamos los valores por el puerto serial-----
  Serial.print("adc:");
  Serial.print(adc_MQ135NO2);
  Serial.print(" voltaje:");
  Serial.print(voltajeMQNO2);
  Serial.print(" Rs:");
  Serial.print(Rs_MQNO2);
  Serial.print(" Dióxido de Nitrógeno:");
  Serial.print(NO2);
  Serial.println("ppm");
  delay(1000);
}
```

Ilustración 45. Sketch de programación para medir PPM de NO₂ del sensor MQ-135.

Fuente: Autores.

3.2.7. Sensor de Dióxido de Azufre (MQ-136).

3.2.7.1. Instalación del sensor MQ-136.

Para la instalación el sensor MQ-136, dispone de cuatro pines, los cuales son Vcc (5V), Gnd, A0 (Analógico) y D0 (Digital). Se utilizará los tres pines exceptuando el pin digital ya que se requiere de tener las lecturas analógicas, para poder realizar la respectiva conversión y saber cuál es el porcentaje de SO₂. Adicionalmente, se instalará una resistencia la cual ha sido previamente calculada con un proceso que se mostrará en la ilustración 46, que sirve para poder calibrar el sensor exclusivamente para la medición de SO₂; este proceso es importante ya que el sensor tiene las propiedades de medir otros gases por lo que se debe de calibrar para el gas deseado.

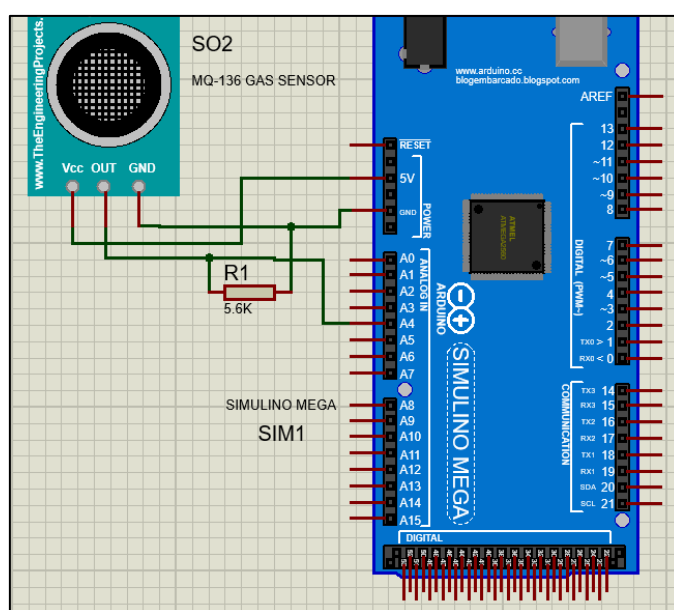


Ilustración 46. Conexión del sensor MQ-136_SO₂.

Fuente: Autores.

3.2.7.1. Calibración del sensor MQ-136

Para poder tener una calibración correcta, se debe de precalentar el sensor, en este caso para el MQ-136, más de 48 horas. Este proceso es útil, ya que sirve para secar cualquier tipo de humedad por defectos de fabricación, esto solo se lo realizará por una única vez.

El primer paso, es conectar a Vcc, Gnd y el puerto analógico A4 a los puertos del Arduino Mega. Se procede a subir el sketch de programación que se muestra en la ilustración 47, para encontrar el valor de la resistencia R₀, que será la resistencia para realizar la medición exclusivamente de SO₂. Para este primer paso, se tomó como referencia un valor de medición de 10PPM y R_s/R₀=3.5, tomado desde la hoja de características del sensor MQ-136.

```

R0_true_MQ136$
void setup() {
  Serial.begin(115200); //Inicio del monitor serial
}
void loop() {
  // Sensor de Dióxido de Azufre SO2-MQ136
  float sensor_volt;
  float RS_air;
  float R0;
  float sensorValue = 0;
  // Ciclo for para tener una media exacta
  for(int x = 0 ; x < 100 ; x++)
  {
    sensorValue = sensorValue + analogRead(A3);
    delay(10);
  }
  sensorValue = sensorValue/100.0;

  sensor_volt = sensorValue/1024*4.33;
  RS_air = (4.33-sensor_volt)/sensor_volt; // omite a RL=1 Kohm
  R0 = RS_air/3.5; // El ratio de RS/R0=3.5 para el gas SO2 para 10 ppm
  //tomado de la curva caracteristica varia para cada sensor MQ
  Serial.print("sensor_volt = ");
  Serial.print(sensor_volt);
  Serial.println("V");
  Serial.print("R0 = ");
  Serial.print(R0);
  Serial.print(" kohm");
  Serial.print("\n");
  delay(5000);
}

```

Ilustración 47. Sketch de programación de calibración del sensor MQ-136 para SO₂.
Fuente: Autores.

Se conectó el sensor por unos cinco minutos, durante este periodo de tiempo estuvo mostrando valores de la resistencia Ro. Se tomaron muestras de diez valores estables, con lo cual se obtuvo un valor promedio. Con este valor se establece la resistencia correcta a instalar en conjunto con el sensor. Los valores medidos de Ro se muestran en la ilustración 48.

```

R0 = 5.30 kohm
sensor_volt = 0.24V
R0 = 4.97 kohm
sensor_volt = 0.23V
R0 = 5.13 kohm
sensor_volt = 0.23V
R0 = 5.20 kohm
sensor_volt = 0.22V
R0 = 5.35 kohm
sensor_volt = 0.22V
R0 = 5.35 kohm
sensor_volt = 0.22V
R0 = 5.44 kohm
sensor_volt = 0.22V
R0 = 5.34 kohm
sensor_volt = 0.22V
R0 = 5.42 kohm
sensor_volt = 0.22V
R0 = 5.42 kohm
sensor_volt = 0.22V
R0 = 5.46 kohm
sensor_volt = 0.21V
R0 = 5.52 kohm
sensor_volt = 0.21V
R0 = 5.57 kohm
sensor_volt = 0.21V
R0 = 5.65 kohm
sensor_volt = 0.21V
R0 = 5.63 kohm
sensor_volt = 0.21V
R0 = 5.58 kohm
sensor_volt = 0.21V
R0 = 5.60 kohm

```

Ilustración 48. Mediciones para calcular la resistencia Ro del sensor MQ-136 para SO₂.
Fuente: Autores.

Se tomaron diez valores de las mediciones previamente mostradas en la ilustración 48, obteniendo un promedio de resistencia de $R_o=5.556K\Omega$. En la tabla 11, se puede observar los valores medios de la resistencia R_o .

El valor de resistencia comercial a utilizar es de $5.6K\Omega$.

Tabla 11. Valor medio de la resistencia R_o MQ-136_ SO_2 .

Nº	MQ-136
1	5,46
2	5,52
3	5,65
4	5,63
5	5,58
6	5,60
7	5,57
8	5,50
9	5,50
10	5,57
Promedio	5,55 KΩ.

Fuente: Autores.

Para la comprobación de los datos obtenidos, se realizó con otro programa que se muestra en la ilustración 49, en el cual se reemplazó los valores obtenidos del promedio de la resistencia R_o . Se realiza las mismas conexiones de los pines hecho anteriormente y se comprueba si los valores mostrados son iguales a los obtenidos de forma anterior, ver ilustración 50. Con este procedimiento se conoce si fue correctamente calibrado.

```

RS-R0-MQ_136_SO2$
void setup() {
  Serial.begin(115200);
}

void loop() {

  float sensor_volt;
  float RS_gas;
  float ratio;
  int sensorValue = analogRead(A3);
  sensor_volt=(float)sensorValue/1024*4.33;
  RS_gas = (4.33-sensor_volt)/sensor_volt; // omite RL=1 Kohm
  /*-Reemplazar "R0" con el valor encontrado en el primer sketch-*/
  ratio = RS_gas/5.55; // ratio = RS/R0
  /*-----*/

  Serial.print("sensor_volt = ");
  Serial.println(sensor_volt);
  Serial.print("RS_ratio = ");
  Serial.println(RS_gas);
  Serial.print("Rs/R0 = ");
  Serial.println(ratio);
  Serial.print("\n\n");
  delay(5000);}

```

Ilustración 49. Sketch de programación de comprobación del sensor MQ-136 para SO₂.
Fuente: Autores.

```

RS_ratio = 17.96
Rs/R0 = 3.24

sensor_volt = 0.23
RS_ratio = 17.96
Rs/R0 = 3.24

sensor_volt = 0.23
RS_ratio = 17.96
Rs/R0 = 3.24

sensor_volt = 0.23
RS_ratio = 17.62
Rs/R0 = 3.17

sensor_volt = 0.23
RS_ratio = 17.62
Rs/R0 = 3.17

sensor_volt = 0.23
RS_ratio = 17.96
Rs/R0 = 3.24

sensor_volt = 0.24
RS_ratio = 17.29
Rs/R0 = 3.11

sensor_volt = 0.23
RS_ratio = 17.62
Rs/R0 = 3.17

```

Ilustración 50. Mediciones de comprobación del sensor MQ-136 para SO₂.
Fuente: Autores.

3.2.7.2. Medición de SO₂ en PPM mediante el sensor MQ-136.

Previamente realizado el montaje y calibración del sensor, se puede realizar las mediciones de SO₂. Para realizar estas mediciones, primero se debe obtener la ecuación de la curva para el gas en mención. Estos datos los obtenemos de la hoja de características del sensor MQ-136, ver ilustración 51, en el caso para el mencionado gas, el sensor tiene un rango de medición entre 5 y 100PPM, se obtiene los valores para cada valor de PPM y se procede a graficar en Microsoft Excel para la obtención de la ecuación de la curva. En la tabla 12, se muestra los valores de Rs/Ro vs PPM de SO₂.

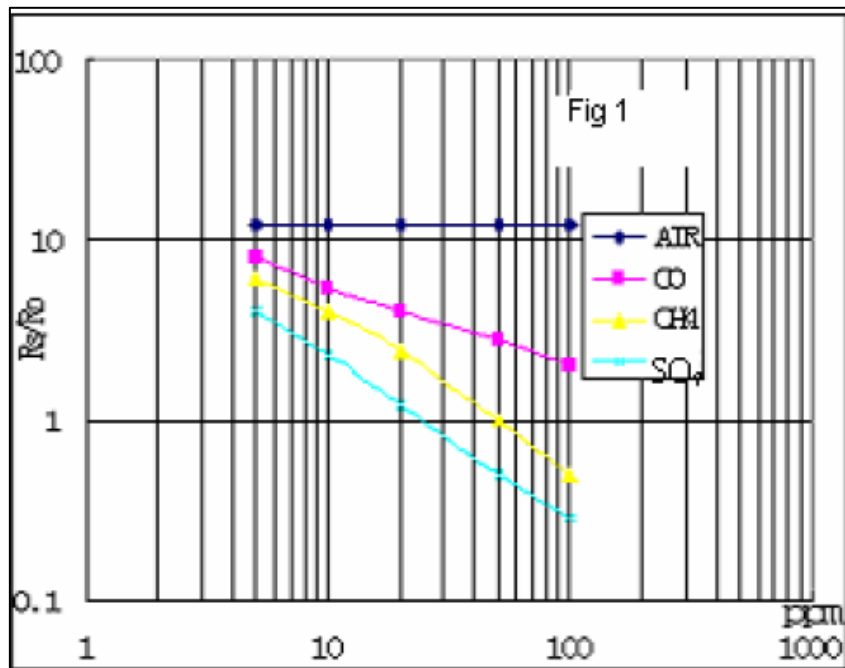


Ilustración 51. Curva de gases del sensor MQ-136.
Fuente: (HANWEI ELECTRONICS CO.).

Tabla 12. Valores de Rs/Ro vs PPM del sensor MQ-136 para SO₂.

PPM	Rs/Ro
5	5,88
6	5,22
7	4,64
8	4,06
9	3,77
10	3,5
20	1,87
30	0,87
40	0,75
50	0,63
60	0,58
70	0,52
80	0,49
90	0,46
100	0,4

Fuente: Autores.

En el gráfico 5, en donde se observa los valores de Rs/Ro en el eje de las ordenadas y el valor de PPM en el eje de las abscisas.

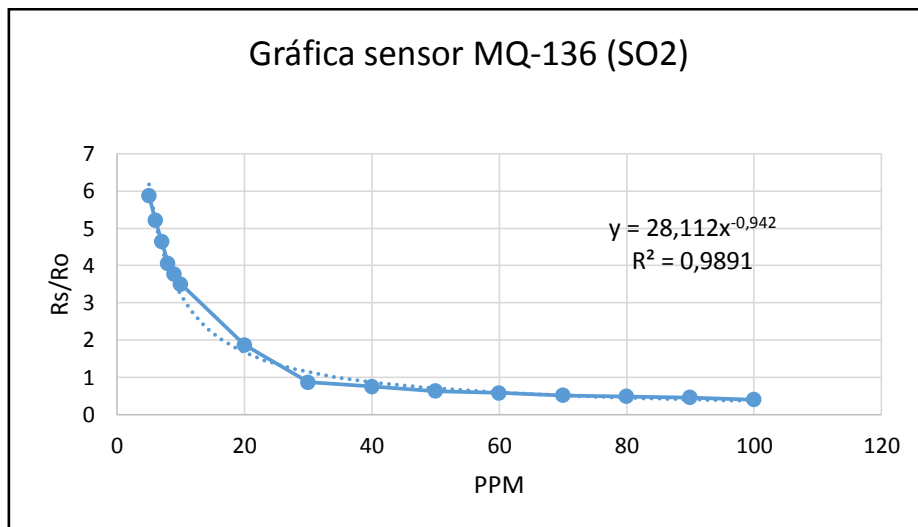


Gráfico 5. Curva de Rs/Ro vs PPM del sensor MQ-136 para SO₂.

Fuente: Autores.

La ecuación 5. Obtenida a partir de la curva del gráfico 5, se muestra a continuación, la cual servirá para reemplazar en el código de programación en la medición de SO₂.

Ecuación 5. Obtenido de la curva del gráfico 5.

$$y = 28,112x^{-0,942}$$

Donde

- y = concentración de SO_2 en PPM.
- x = relación de R_s/R_o que se reemplaza con los valores calculados.

Para la medición de concentración del gas SO_2 , se utilizó el siguiente código de programación que se muestra en la ilustración 52, con lo cual se determinó PPM existentes en el medio, en el cual se encuentre expuesto el sensor.

```
ppm_SO2_MQ136

void setup() {
  Serial.begin(115200);
}

void loop() {

  int adc_MQ136 = analogRead(A3); //Lemos la salida analógica del MQ
  float voltaje_MQ136 = adc_MQ136 * (4.33/ 1023.0); //Convertimos la lectura en un valor de voltaje
  float Rs_MQ136=1000*((4.33-voltaje_MQ136)/voltaje_MQ136); //Calculamos Rs con un RL de 1k
  double SO2=28.112*pow(Rs_MQ136/5.55, -0.942); // calculamos la concentración de SO2 con la ecuación
  //-----Enviamos los valores por el puerto serial-----
  Serial.print("adc:");
  Serial.print(adc_MQ136);
  Serial.print("    voltaje:");
  Serial.print(voltaje_MQ136);
  Serial.print("    Rs:");
  Serial.print(Rs_MQ136);
  Serial.print("    Dióxido de Azufre:");
  Serial.print(SO2);
  Serial.println("");
  delay(4000);
}
```

Ilustración 52. Sketch de programación para medir PPM de SO_2 del sensor MQ-136.
Fuente: Autores.

3.2.8. Sensor de rayos Ultravioleta (UV).

El sensor VEML6075 de rayos ultravioleta tiene integrado 4 pines que son: Vcc (3.3V), Gnd, SCL (Reloj serie) y SDA (Datos serie), los cuales van conectados en respectivos puertos-entradas del Arduino Mega. Este viene incorporado con fotodiodos, amplificadores y circuitos analógicos/digitales. Cuando se usa el sensor UV, detecta la intensidad de la señal lo que permite la medición de los rayos ultravioleta.

La Organización Meteorológica Mundial junto con la Organización Mundial de la salud en el Programa de las Naciones Unidas del Medio Ambiente, dieron a conocer un sistema estándar de medición del índice UV, mediante un modelo numérico, en donde se relaciona la intensidad de radiación solar ultravioleta de la superficie terrestre con la concentración de ozono troposférico, de esta forma incluyeron un código de colores, donde:

- Verde: riesgo bajo con índice de 0 a 2.
- Amarillo: riesgo moderado con índice de 3 a 5.
- Naranja: riesgo alto con índice de 6 a 7.
- Rojo: riesgo muy alto con índice de 8 a 10.
- Morado: riesgo extremadamente alto con índice mayor a 11.

El sketch de programación se muestra en la ilustración 53, requerirá previamente descargar la librería Adafruit Veml6075 propia del sensor y la librería Wire que sirve para establecer comunicación con los puertos SCL y SDA, para comprobar el funcionamiento del sensor se visualizó mediante el Monitor Serie propio del software Arduino, en el cual se observa que el sensor este en pleno funcionamiento, así como sus respectivas mediciones.

```
veml6075_fulltest$
#include <Wire.h>
#include "Adafruit_VEML6075.h"
Adafruit_VEML6075 uv = Adafruit_VEML6075();
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Serial.println("VEML6075 Full Test");
  if (! uv.begin()) {
    Serial.println("Error de comunicacion con el sensor VEML6075, revise conexiones");
  }
  Serial.println("Sensor VEML6075 encontrado");
  uv.setIntegrationTime(VEML6075_100MS);
  Serial.print("Integration time set to ");
  switch (uv.getIntegrationTime()) {
    case VEML6075_50MS: Serial.print("50"); break;
    case VEML6075_100MS: Serial.print("100"); break;
    case VEML6075_200MS: Serial.print("200"); break;
    case VEML6075_400MS: Serial.print("400"); break;
    case VEML6075_800MS: Serial.print("800"); break;
  }
  Serial.println("ms");
  uv.setHighDynamic(true);
  if (uv.getHighDynamic()) {Serial.println("High dynamic reading mode");
  } else {Serial.println("Normal dynamic reading mode");}
  uv.setForcedMode(false);
  if (uv.getForcedMode()) {Serial.println("Forced reading mode");
  } else {Serial.println("Continuous reading mode");}
  uv.setCoefficients(2.22, 1.33, // UVA_A and UVA_B coefficients
                    2.95, 1.74, // UVB_C and UVB_D coefficients
                    0.001461, 0.002591); }
void loop() {
  // Serial.print("Raw UVA reading: "); Serial.println(uv.readUVA());
  //Serial.print("Raw UVB reading: "); Serial.println(uv.readUVB());
  Serial.print("UV Index reading: "); Serial.println(uv.readUVI()); delay(1000);}

```

Ilustración 53. Sketch de programación del sensor de rayos ultravioleta VEML-6075.

Fuente: Autores.

3.2.9. Sensor de sonido KY-38.

El sensor KY-38 de sonido tiene integrado 4 pines los cuales son: Vcc (5V), Gnd, A0 (Analógico) y D0 (Digital), los cuales van conectadas en las respectivas puertos-entradas del Arduino Mega, como se muestra en la ilustración 54.

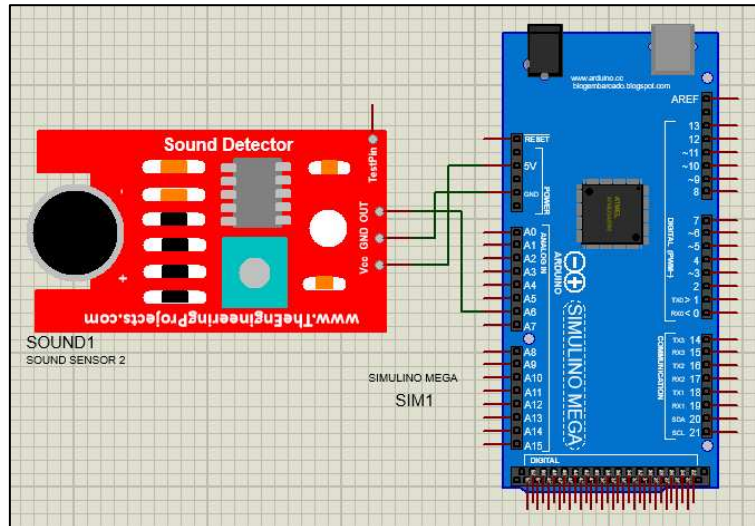


Ilustración 54. Conexión del sensor KY-038.
Fuente: Autores.

La calibración del sensor se realizó mediante varias pruebas, se sometió al sensor a diferentes niveles de sonido con un sonómetro ver ilustración 55, a diferentes frecuencias de tipo sinusoidal ver ilustración 56. Realizando varias mediciones y cotejando datos obtenidos para determinar el nivel de decibeles, con el voltaje obtenido del sensor.



Ilustración 55. Sonómetro.
Fuente: Autores.

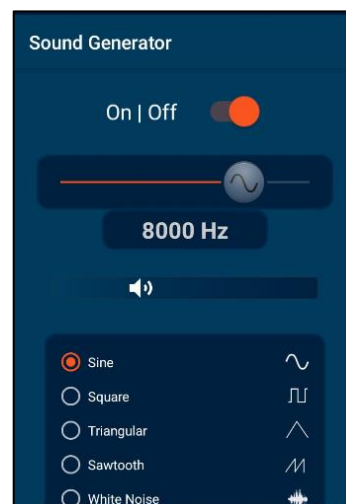


Ilustración 56. Generador de sonido.
Fuente: Autores.

El sketch de programación se muestra en la ilustración 57, en el cual el sensor funciona correctamente y sus mediciones quedaran determinadas en un rango de 40 hasta 100 decibeles.

```
SONIDO §
const int sampleWindow = 1000;
unsigned int sample;
void setup()
{Serial.begin(115200);}
void loop()
{ unsigned long startMillis= millis(); //
  unsigned int peakToPeak = 0; //
  unsigned int signalMax = 0;
  unsigned int signalMin = 1024;
  while (millis() - startMillis < sampleWindow)
  { sample = analogRead(6);
    if (sample < 1024)
    { if (sample > signalMax)
      { signalMax = sample; }
      else if (sample < signalMin)
      { signalMin = sample; }}
    peakToPeak = signalMax - signalMin;
    double volts = (peakToPeak * 5.00) / 1024;
    Serial.println(volts);
    if ( volts>=0 && volts<0.01)
    {Serial.println(String(volts)+" , Nivel de sonido: 40 DB ");}
    else if ( volts>=0.01 && volts<0.02)
    {Serial.println(String(volts)+" , Nivel de sonido: 50 DB ");}
    else if ( volts>=0.02 && volts<0.03)
    {Serial.println(String(volts)+" , Nivel de sonido: 60 DB ");}
    else if ( volts>=0.03 && volts<0.04)
    {Serial.println(String(volts)+" , Nivel de sonido: 70 DB ");}
    else if ( volts>=0.04 && volts<0.07)
    {Serial.println(String(volts)+" , Nivel de sonido: 80 DB ");}
    else if ( volts>=0.09 && volts<=0.17)
    {Serial.println(String(volts)+" , Nivel de sonido: 85 DB ");}
    else if ( volts>=0.5 && volts<=0.9)
    {Serial.println(String(volts)+" , Nivel de sonido: 90 DB ");}
    else if ( volts>1)
    {Serial.println(String(volts)+" , Nivel de sonido: 100 DB ");}
  }
```

Ilustración 57. Sketch de programación sensor de sonido KY-38.
Fuente: Autores.

3.2.10. Sensor de polvo 2.5PM (GP2Y1010AU0F).

El sensor de polvo 2.5 PM tiene integrado 6 pines, los cuales van conectadas en las respectivas entradas-puertos del Arduino Mega.

El sensor viene pre-calibrado de fábrica. Al realizar la instalación se comparó los datos medidos por el sensor con la curva que viene dada en la hoja de características del mencionado sensor.

El sketch de programación se muestra en la ilustración 58, en el cual se establecen el puerto analógico y digital a utilizar. Se observó mediante el Monitor Serie propio del software Arduino, en el cual se comprobó el pleno funcionamiento del sensor y sus respectivas mediciones.

```
sensor_de_polvo_2.5$
int measurePin = 5;
int ledPower = 2;
int samplingTime = 280;
int deltaTime = 40;
int sleepTime = 9680;
float voMeasured = 0;
float calcVoltage = 0;
float dustDensity = 0;
float pm05=0;
void setup(){
  Serial.begin(115200);
  pinMode(ledPower,OUTPUT);}
void loop(){
  digitalWrite(ledPower,LOW); // power on the LED
  delayMicroseconds(samplingTime);
  voMeasured = analogRead(measurePin); // read the dust value
  delayMicroseconds(deltaTime);
  digitalWrite(ledPower,HIGH); // turn the LED off
  delayMicroseconds(sleepTime);
  calcVoltage = 5*voMeasured/1024;
  dustDensity = 0.17 * calcVoltage - 0.1;
  // Ecuacion linear de PM 2.5 //pm05=(calcVoltage-0.0356)*120000;
  //Serial.print("Valor de la señal (0-1023): ");
  //Serial.print(voMeasured);
  Serial.print(" - Voltaje: ");
  Serial.print(calcVoltage);
  Serial.print(" Densidad de polvo(mg/m3): ");
  Serial.println(dustDensity);
  //Serial.print(" - PM 0.5(particulas/0.01 pie3): ");
  //Serial.println(pm05);
  delay(1000);}

```

Ilustración 58. Sketch de programación sensor de polvo 2.5 PM.

Fuente: Autores.

3.2.11. Sensor SEN-8942 (Pluviómetro, Anemómetro y Veleta).

El sensor SEN-8942 tiene tres conectores RJ-11 machos, los cuales corresponden al pluviómetro, anemómetro y veleta. Estos dos últimos van conectados en serie, y en sus respectivas entradas-puertos del Arduino Mega.

Los tres sensores pluviómetro, anemómetro y veleta, vienen pre-calibrados de fábrica por lo que solo fue necesario realizar una comprobación con otros datos obtenidos de otros sensores que realizan las mismas mediciones, al realizar la instalación se compara los datos medidos por el sensor.

En la ilustración 59, se muestra las mediciones que generó en funcionamiento el sensor del pluviómetro, anemómetro y veleta.

El sketch de programación se muestra en la ilustración 60, en el cual se establecen el puerto analógico y digital a utilizar. Se observó mediante el Monitor Serie propio del software Arduino, en el cual se visualizó el pleno funcionamiento del sensor y sus respectivas mediciones.

```
Wind speed: 0.0 Dir: N
Wind speed: 0.0 Dir: N
Wind speed: 0.0 Dir: N
Wind speed: 0.0 Dir: W
Wind speed: 0.0 Dir: S
Wind speed: 0.0 Dir: S
Rain fall: 0.0
Wind speed: 0.0 Dir: S
Wind speed: 0.0 Dir: S
Wind speed: 0.0 Dir: SE
Wind speed: 0.0 Dir: E
```

Ilustración 59. Mediciones del sensor del pluviómetro, anemómetro y veleta.
Fuente: Autores.

```

sensor8942
#define MSEC_CALC_WIND_SPEED 5000
#define MSEC_CALC_WIND_DIR 5000
#define MSEC_CALC_RAIN_FALL 5000
volatile int numRevsAnemometer = 0;
volatile int numDropsRainGauge = 0;
ulong nextCalcSpeed;
ulong nextCalcDir;
ulong nextCalcRain;
ulong time;
int pinAnemometer = 2;
int pinRainGauge = 3;
int pinVane = A7;
#define NUMDIRS 8
ulong adc[NUMDIRS] = {26, 45, 77, 110, 161, 196, 220, 256};

char *strVals[NUMDIRS] = {"N","NW","N","SW","NE","S","SE","E"};
double strVals2[NUMDIRS] = {125, 350, 375, 500, 625, 750, 875, 1000};

byte dirOffset=0;

char state;
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  pinMode(pinAnemometer, INPUT);
  digitalWrite(pinAnemometer, HIGH);
  digitalWrite(pinRainGauge, HIGH);
  attachInterrupt(0, countAnemometer, FALLING);
  attachInterrupt(1, countRainGauge, FALLING);
  nextCalcRain = millis() + MSEC_CALC_RAIN_FALL;
  nextCalcSpeed = millis() + MSEC_CALC_WIND_SPEED;
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  time = millis();

  if (time >= nextCalcSpeed) {
    sensor11();
    nextCalcSpeed = time + MSEC_CALC_WIND_SPEED;
  }
  if (time >= nextCalcDir) {
    sensor12();
    nextCalcDir = time + MSEC_CALC_WIND_DIR;
  }
  if (time >= nextCalcRain) {
    sensor13();
    nextCalcRain = time + MSEC_CALC_RAIN_FALL;
  }
  numDropsRainGauge = 0;
  numRevsAnemometer = 0;
  delay(5000);
}

void sensor12() {
  int val;
  byte x, reading;

  val = analogRead(pinVane);
  val >>=2; // Cambia al rango 255
  reading = val;
}

void sensor11() {
  float x;
  int i3speed;
  // Esto producirá Aph * 10
  long speed = 24000;
  speed *= numRevsAnemometer;
  speed /= MSEC_CALC_WIND_SPEED;
  i3speed = speed; // Necesito esto para formatear a continuación
  Serial.println("SEN-06942 [Anemómetro]: ");
  x = i3speed / 10.0;
  Serial.println(x);
  vector[14] = x;
  numRevsAnemometer = 0; // Resetear contador
}

void sensor13() {
  float x;
  int iVol;
  // Esto produce mm * 10000
  long vol = 2794; // 0.2794 mm
  vol *= numDropsRainGauge;
  vol /= MSEC_CALC_RAIN_FALL;
  iVol = vol; // Necesito esto para formatear a continuación
  Serial.println("SEN-06942 [Pluviómetro]: ");
  x = iVol/10000.0;
  Serial.println(x);
  vector[15] = x;
  numDropsRainGauge = 0; // Resetear contador
}

```

Ilustración 60. Sketch de programación sensor pluviómetro, anemómetro y veleta.
Fuente: Autores.

CAPÍTULO 4

4. CONSTRUCCIÓN DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA.

4.1. Estructura de la Estación Meteorológica.

La estructura de la estación meteorológica fue diseñada de acuerdo a las diferentes partes que está conformada, permitiendo una instalación más cómoda y de fácil traslado. Está conformada por: una estructura metálica, un sistema de control y un sistema fotovoltaico.

4.1.1. Estructura Metálica.

La estructura metálica consta de tres partes que son: caja metálica, trípode y contrapesos. La estructura brinda un soporte y una protección al sistema de control diseñado, sistema fotovoltaico.

4.1.1.1. Caja Metálica.

La caja metálica de 21x21x25cm, aloja al regulador de carga y las baterías; está construida en acero inoxidable de 0.7mm de espesor con puerta en la parte frontal, la parte lateral incorpora un tubo redondo de acero inoxidable para apoyar la caja de sensores de la estación, en la parte superior posee cuatro platinas que sirven de soporte para el panel solar y en su parte inferior se conecta mediante un acople hacia el trípode. Se muestra en la ilustración 61.



Ilustración 61. Caja metálica de la estación meteorológica en acero inoxidable.
Fuente: Autores.

4.1.1.2. Trípode y contrapesos.

Está construido de tubo de hierro resistente con regulador de altura, tiene 3 patas de soporte para equilibrar la carga y en su parte inferior incorpora dos pesos de 20 lb, cada uno para dar firmeza a la estructura. Se muestra en la ilustración 62.

Características del trípode.

Altura regulable de 115 a 200cm.

Capacidad de carga de 55Kg.

Tubo redondo de 3.5cm.



Ilustración 62. Trípode.
Fuente: Autores.



Ilustración 63. Pesos de soporte para estabilizar la estructura.
Fuente: Autores.

4.1.2. Sistema de control.

El sistema de control es el centro de mando de la estación meteorológica, está conformado por una caja plástica que en su interior aloja el sistema de sensores y microcontroladores.

4.1.2.1. Caja 3D porta sensores.

La caja porta sensores fue diseñada en el software Fusion 360, como se muestra en la ilustración 64. Las dimensiones 14x14x14cm, en el cual consta de dos cuerpos: las paredes externas de la caja y la tapa porta sensores.

Fue impreso con impresoras FlashForge 3D en el laboratorio de FabLab de la Universidad Católica de Cuenca, con filamento PLA (ácido poliláctico) extruido. Se muestra en la ilustración 65.

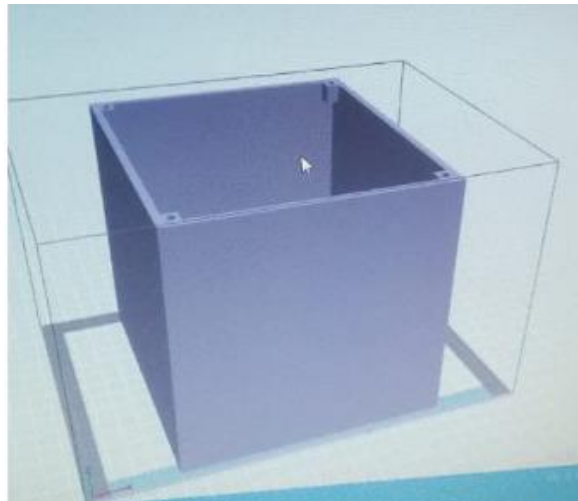


Ilustración 64. Diseño 3D de la caja porta sensores elaborada en el programa Fusion 360.
Fuente: Autores.

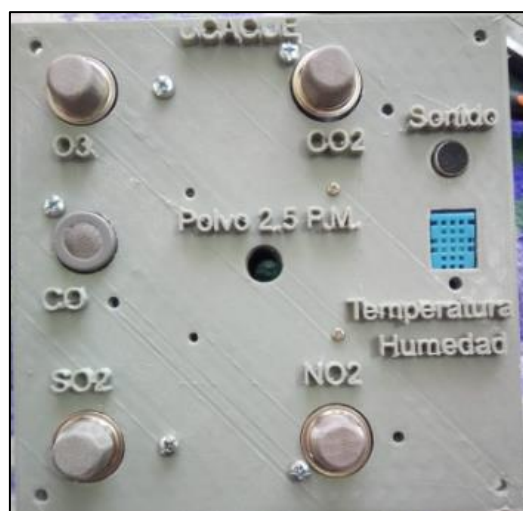


Ilustración 65. Tapa impresa de la caja 3D con sus respectivos sensores.
Fuente: Autores.

4.1.2.2. Placa PCB.

La placa fue diseñada en el software Proteus 8, ver ilustración 66, la cual, se interconecta con el Arduino Mega y sensores que consta de:

- 12 pines (GND).
- 3 pines (3.3V).
- 9 pines (5V).
- 7 resistencias de diferente valor.
- 1 condensador de 220uF.
- 3 borneras doble.
- 14 pines de conexión.

Esto con el objetivo de la alimentación de los sensores a 5V, 3.3V y GND. Ver ilustración 67.

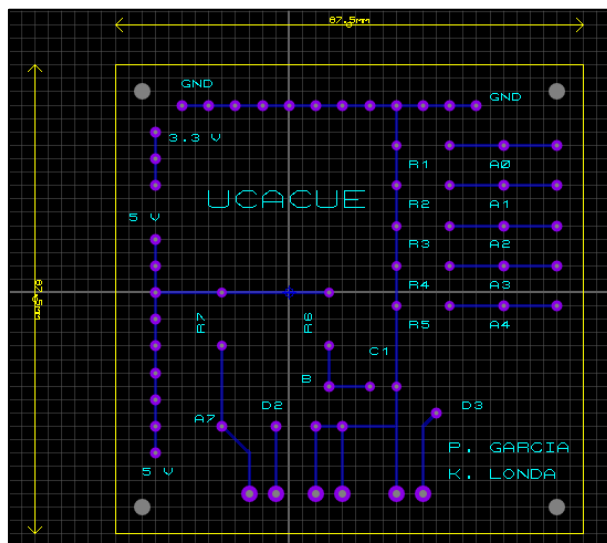


Ilustración 66. Diseño de la placa PCB elaborado en el software Proteus 8.
Fuente: Autores.

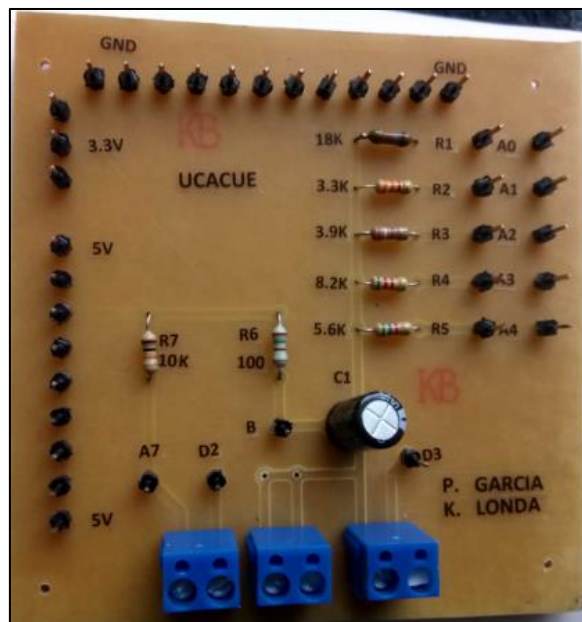


Ilustración 67. Placa PCB con elementos soldados.
Fuente: Autores.

4.1.2.3. Arduino Mega2560.

La placa Arduino Mega 2560, ver ilustración 68, es una actualización de su predecesor Mega, el cual tiene las siguientes especificaciones que se basa en la placa electrónica Atmega2560:

- Pines digitales (Entradas/Salidas) = 54.
- Entradas analógicas: 16.
- Puertos series de hardware (UARTs) = 4.
- Conexión USB.
- Conector de alimentación.
- Botón de reset.
- Tensión de funcionamiento: 5V.
- Dimensiones: 101.52x53.3mm.
- Peso: 37g.

A la placa Arduino se conectan todos los sensores, módulo WI-FI, placa PCB, esencialmente es el controlador de todo el sistema.

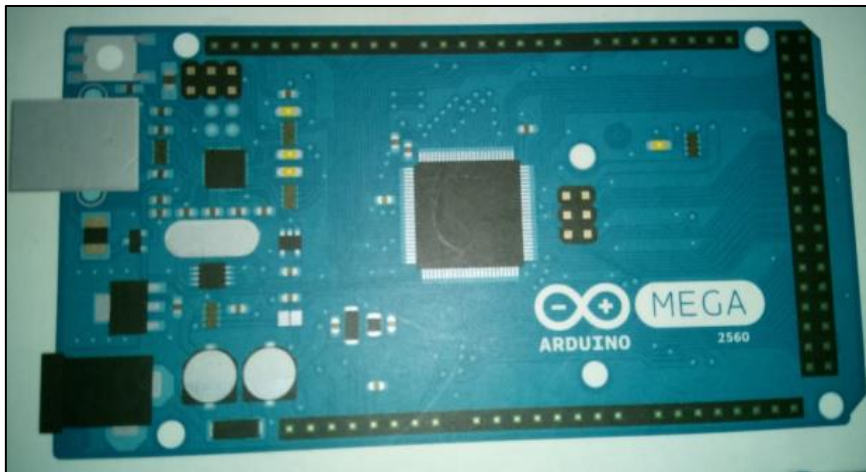


Ilustración 68. Placa Arduino Mega2560.
Fuente: Autores.

4.1.2.4. Módulo WI-FI NodeMCU ESP8266.

El módulo NodeMCU, ver ilustración 69, es una placa WI-FI compatible con la plataforma de Arduino, el cual permite, acceder a una red Wi-Fi, la cual tenga acceso a internet para el envío de datos a la página de libre acceso Thingspeak, de esta forma se podrá visualizar los datos de la estación en esta plataforma virtual.



Ilustración 69. Módulo WI-FI NodeMCU ESP8266.
Fuente: Autores.

Características.

- Procesador: ESP8266 a 80MHz.
- 4MB de Memoria FLASH (32MBit).
- WiFi 802.11 b/g/n.
- Consumo 1650mW.
- 9 pines GPIO con I2C y SPI.
- 1 entrada analógica (1.0V máx.).

(henrysbench, 2019).

4.1.3. Sistema Fotovoltaico.

La alimentación de energía para la estación meteorológica es mediante un sistema fotovoltaico que consta de:

- Carga.
- Baterías.
- Panel Solar.
- Regulador de Carga.

4.1.3.1. Carga.

La potencia total instalada en el sistema, es la suma de todas las potencias, microcontrolador y de los sensores usados en la estación meteorológica. Es importante para calcular la potencia del panel solar y la capacidad de las baterías para poder tener un suministro correcto de energía para el sistema.

En la tabla 13, se muestra la potencia total instalada de la estación meteorológica. Se tomó como referencia una carga de 8W para realizar los cálculos para la capacidad de las baterías.

Tabla 13. Potencia Total instalada de la estación meteorológica.

Sensor	Potencia (mW)	
Arduino	465	
NodeMCU ESP8266	1650	
DHT11	15	
BMP180	5	
MQ-7	350	
MQ-131	1100	
MQ-135(NO ₂)	800	
MQ-135(CO ₂)	800	
MQ-136	900	
VELM6075	50	
KY-38	50	
GP2Y1010AU0F	100	
SEN-8942	1500	
TOTAL	7785mW	7.785W

Fuente: Autores.

4.1.3.2. Baterías.

Existen diferentes tipos de baterías como son: las baterías secas (plomo ácido), baterías de gel y baterías de litio entre las más utilizadas. En el presente sistema utilizaremos las baterías secas de plomo ácido.

Cálculo de capacidad de baterías (Ah) para el sistema fotovoltaico.

Consumo por hora = **8W/h**

Consumo día = 8 W/hr x 24 hr = **192Wh/día**

Días de autonomía = **0.7día**

Profundidad de descarga (Pd) = **0.7**

Voltaje (V): **12V**

Perdidas = **15%=1.15**

Ecuación para calcular la capacidad de las baterías.

Ecuación 6. Para cálculo de la capacidad de las baterías.

$$1) Ah = \frac{\text{Consumo día} \times \text{días autonomía}}{Pd \times V} \times \text{Pérdidas}$$

$$2) Ah = \frac{192 \frac{Wh}{día} \times 0.7 \text{ día}}{0.7 \times 12 V} \times 1.15$$

$$3) Ah = \frac{134 Wh}{8.4 V} \times 1.15$$

$$4) Ah = 15.95 \times 1.15$$

$$5) Ah = 18.34Ah$$

La capacidad mínima requerida de las baterías es de 18.34Ah, para una autonomía de 16 horas.

Debido a que en el medio no se encuentra baterías recargables selladas de plomo ácido de 18 Ah, se instaló dos baterías recargables selladas de plomo ácido de 12 Ah, conectadas en paralelo para poder tener la capacidad de **24Ah a 12V**. Se muestra en la ilustración 70.



Ilustración 70. Batería sella de plomo ácido de 12V/12Ah.
Fuente: Autores.

4.1.3.3. Panel solar.

El panel solar, ver ilustración 71, sirve para la conversión de la radiación emitida por el sol en energía eléctrica, esto se da por medio de semiconductores monocristalinos o poli-cristalinos, que son de silicio.

Se ha escogido utilizar un panel solar poli-cristalino de 80W que entrega una corriente máxima de potencia de 4.44A por el promedio de radiación solar que es de 5 horas en la ciudad de Cuenca. Teniendo una capacidad de carga de 22.2 Ah.

Cálculo de carga del panel solar.

$$(1) \text{ Carga} = (4.44A * 5h)$$

$$(2) \text{ Carga} = 22.2Ah$$



Ilustración 71. Panel solar Poli-cristalino de 80W.

Fuente: Autores.

Características del panel solar de 80W.

- Marca: Prostar.
- Potencia Máxima Nominal (Pmax): 80W.
- Tolerancia de potencia: 0 +/- 5 W.
- Voltaje en circuito abierto (Voc): 22.5V.
- Voltaje a máxima potencia (Vmp): 18V.
- Intensidad en cortocircuito (Isc): 4.80A.
- Intensidad a máxima potencia (Imp): 4.44A.
- Voltaje máximo del sistema: 1000V.
- Capacidad máxima del fusible: 15A.
- Peso: 5Kg.
- Dimensiones: 670*760*25mm.

4.1.3.4. Regulador de Carga.

El regulador de carga, ver ilustración 72, es el encargado de suministrar la corriente correcta para las baterías, así como proteger al sistema contra sobrecargas y descargas. La capacidad a usar en el sistema es de 10A, ya que se controla una corriente aproximada de 5A. Es de gran utilidad, ya que sin este elemento la vida útil de las baterías disminuiría en un gran porcentaje (Sun Supply, 2017).

El regulador de carga utilizado incorpora un display central, en el cual se configura de acuerdo a las necesidades requeridas del sistema. Además, consta de, dos puertos USB de 5V/2A; los cuales van conectados al Arduino Mega y el módulo WI-FI NodeMCU ESP8266.



Ilustración 72. Regulador de carga de 10 A.
Fuente: Autores.

4.2. Almacenamiento de datos.

Mediante la plataforma ThingSpeak, ver ilustración 73, se realiza la recolección y el almacenamiento de datos que se adquieren de los sensores de la Estación Meteorológica.

La plataforma se sube los datos a través de una red de Internet, se creó una cuenta de usuario con su respectiva contraseña e ID, de esta forma se tiene acceso a la plataforma.

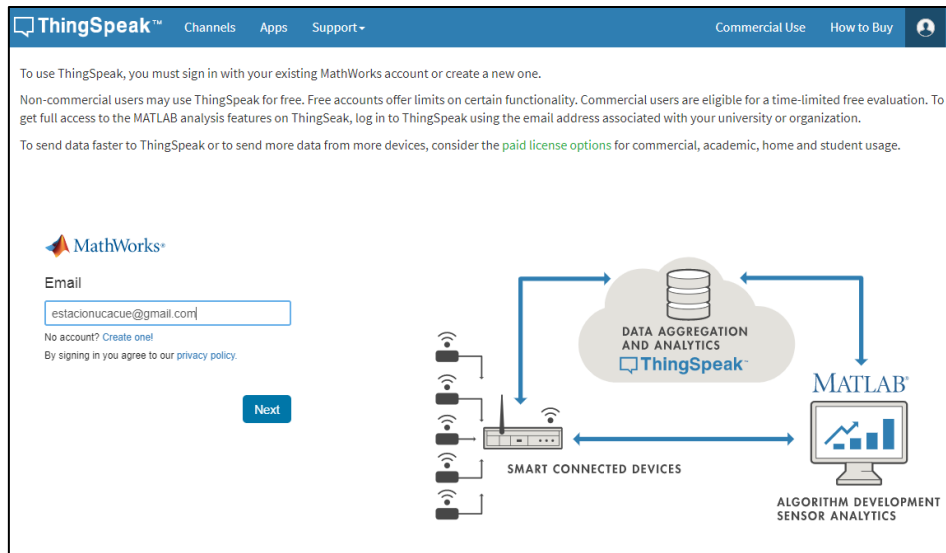


Ilustración 73. Acceso a la Plataforma ThingSpeak.
Fuente: Autores.

Los datos que se obtienen de los sensores se guardan en los canales: Estación 1 y Estación 2, los canales se pueden observar en la ilustración 74.

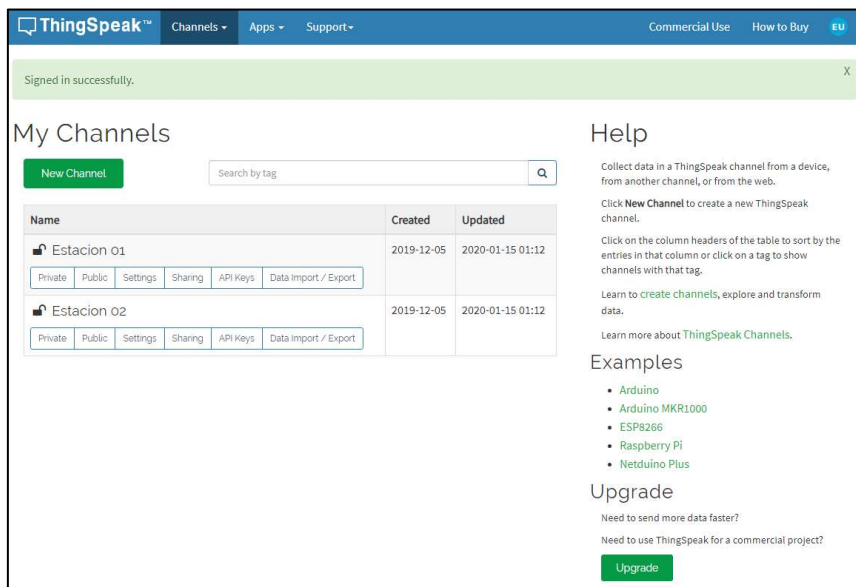


Ilustración 74. Canales de la Estación Meteorológica en la Plataforma ThingSpeak.
Fuente: Autores.

Estos dos canales, se dividen en 16 carpetas usadas para la medición de las diferentes variables meteorológicas, esto se puede observar en las ilustraciones 75 y 76.

ThingSpeak™ Channels Apps Support

Estacion 01

Channel ID: 929062 | Sensores
 Author: estacionucacue
 Access: Public

Private View Public View Channel Settings Sharing API Keys

Channel Settings

Percentage complete 50%

Channel ID 929062

Name Estacion 01

Description Sensores

Field 1	CO	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 2	CO2	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 3	NO2	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 4	O3	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 5	SO2	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 6	Humedad	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 7	Temperatura Celsius	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 8	Temperatura Farenhei	<input checked="" type="checkbox"/>

Ilustración 76. Variables del canal Estación 1.

ThingSpeak™ Channels Apps Support

Estacion 02

Channel ID: 929063 | Sensores
 Author: estacionucacue
 Access: Public

Private View Public View Channel Settings Sharing

Channel Settings

Percentage complete 50%

Channel ID 929063

Name Estacion 02

Description Sensores

Field 1	Polvo	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 2	UV	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 3	Presion	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 4	Altitud	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 5	Sonido	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 6	Dirección del Viento	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 7	Velocidad del Viento	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 8	Pluviómetro	<input checked="" type="checkbox"/>

Ilustración 75. Variables del canal Estación 2.

4.3. Ensamblaje de la Estación Meteorológica.

El ensamblaje de la estación Meteorológica, inició con la estructura metálica, en donde a la caja fue incorporada el trípode junto a los contrapesos, la caja 3D aloja el Sistema de Control y de igual manera se colocó el sensor SEN-8942 (Pluviómetro, anemómetro y veleta), así como con el sistema fotovoltaico.



4.4. Pruebas de campo.

Las pruebas tienen como fin, realizar el acompañamiento del funcionamiento de la Estación Meteorológica construida, de esta forma se comprobó la operatividad de la misma. Comprobando el desempeño de los sensores, así como del sistema fotovoltaico.

Prueba 1. Configuración General.

Una vez realizada la instalación de todas las partes de la estación meteorológica se procedió al encendido de la misma. Se inició con la conexión del panel solar hacia el regulador de carga y baterías, posteriormente se configuró el regulador de carga para el tipo de batería a utilizar, finalmente se conectó la carga que son los sensores. Y de esta forma se envía los datos a la plataforma.

Las 16 variables climatológicas captadas por la estación fueron: temperatura, humedad relativa, nivel de sonido, presión barométrica, altura, precipitación, velocidad y dirección del viento, radiación ultravioleta así como concentración de ozono, dióxido de carbono, monóxido de carbono, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, partículas en el aire PM 2.5

Prueba 2. Zona de estudio.

Las pruebas de campo se realizaron durante 15 días, el lugar seleccionado fue la Subdirección de Posgrados de la Universidad Católica de Cuenca, que se encuentra ubicada en la ciudad de Cuenca parroquia Hermano Miguel, vía Patamarca. La instalación se puede observar en la ilustración 77. Los datos recolectados por la estación fueron almacenados en la plataforma ThingSpeak y posteriormente comparados con la estación meteorológica de la EMOV. Posteriormente, se trasladó la estación meteorológica hacia otro punto ubicado dentro de la Subdirección de Posgrados. Obteniendo nuevas mediciones.

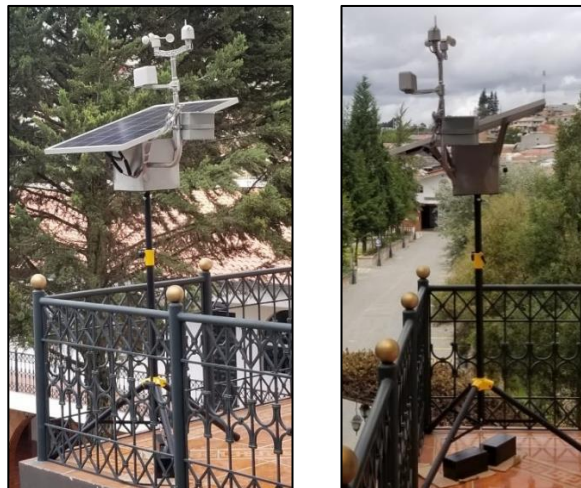


Ilustración 77. Instalación de la estación meteorológica en la Subdirección de Posgrados.

Fuente: Autores.

4.5. Resultados.

4.5.1. Plataforma ThingSpeak.

Como resultado se consiguió gráficas generadas por la plataforma ThingSpeak de las variables meteorológicas con los datos almacenados en los canales Estación1 ver ilustración 78, y Estación2 ver ilustración 79, a partir de la cuenta *estacionucacue*.



Ilustración 78. Gráficos obtenidos de los datos almacenados del canal Estación 1.
Fuente: Autores.



Ilustración 79. Gráficos obtenidos de los datos almacenados del canal Estación 2.

Fuente: Autores.

La estación meteorológica genera lecturas cada 60 segundos obteniendo un total de 1440 datos al día por cada variable.

Se realizó un promedio de los valores cada 8 horas. De esta manera, se tiene un mejor manejo de las diferentes variables obteniendo valores octohorarios, las cuales se pueden observar en el Anexo 1.

4.5.2. Gráficas del promedio octohorario de las diferentes variables.

De los datos obtenidos a partir del Anexo 1, se realizó las diferentes gráficas de las variables en estudio, para conocer el comportamiento de estas durante periodos octohorarios, es decir se obtendrá tres datos promedio por día, representados en las gráficas. Las cuales se pueden observar en las gráficas 6-19.

En donde representa:

- Dato promedio obtenido en la mañana.
- Dato promedio obtenido en la tarde.
- Dato promedio obtenido en la noche.

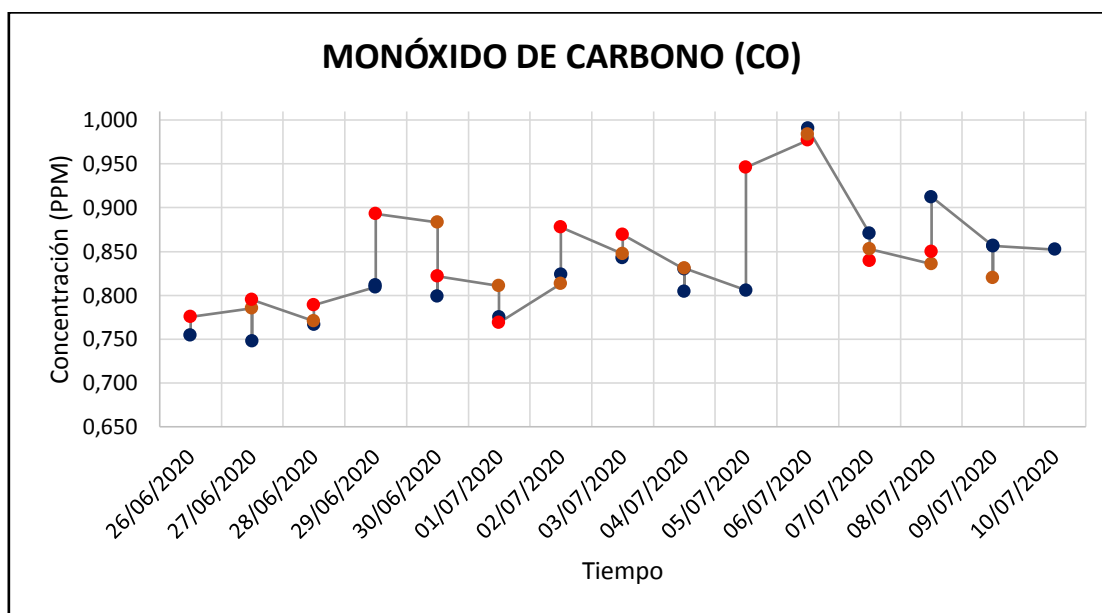


Gráfico 6. Concentración de CO determinado en el tiempo. Mediciones obtenidas de la estación meteorológica construida.

Fuente: Autores.

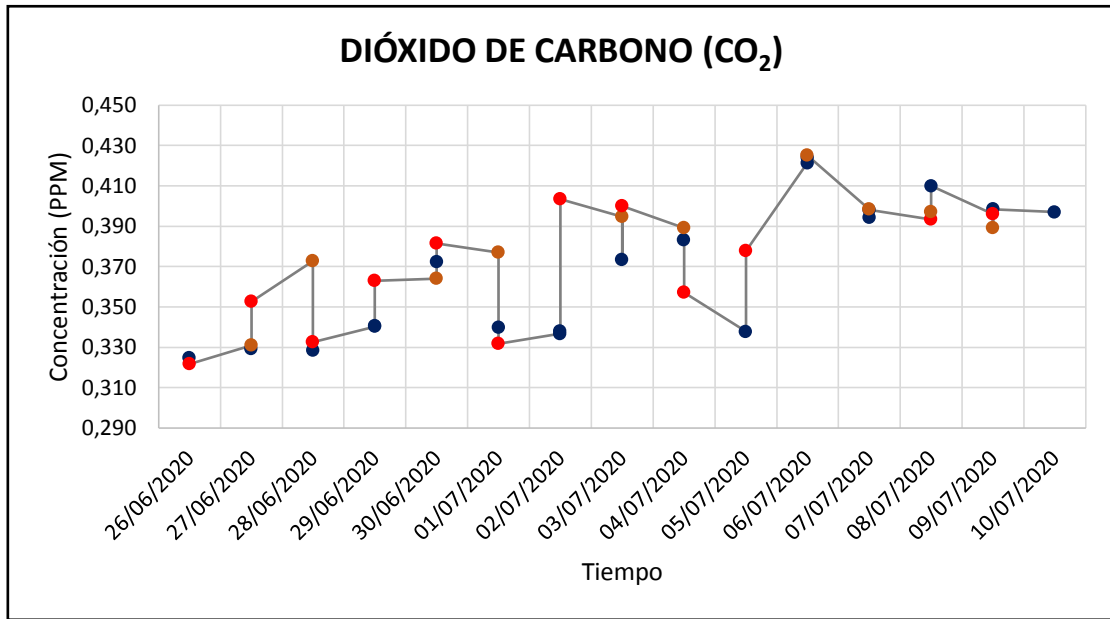


Gráfico 7. Concentración de CO₂ determinado en el tiempo. Mediciones obtenidas de la estación meteorológica construida.

Fuente: Autores.

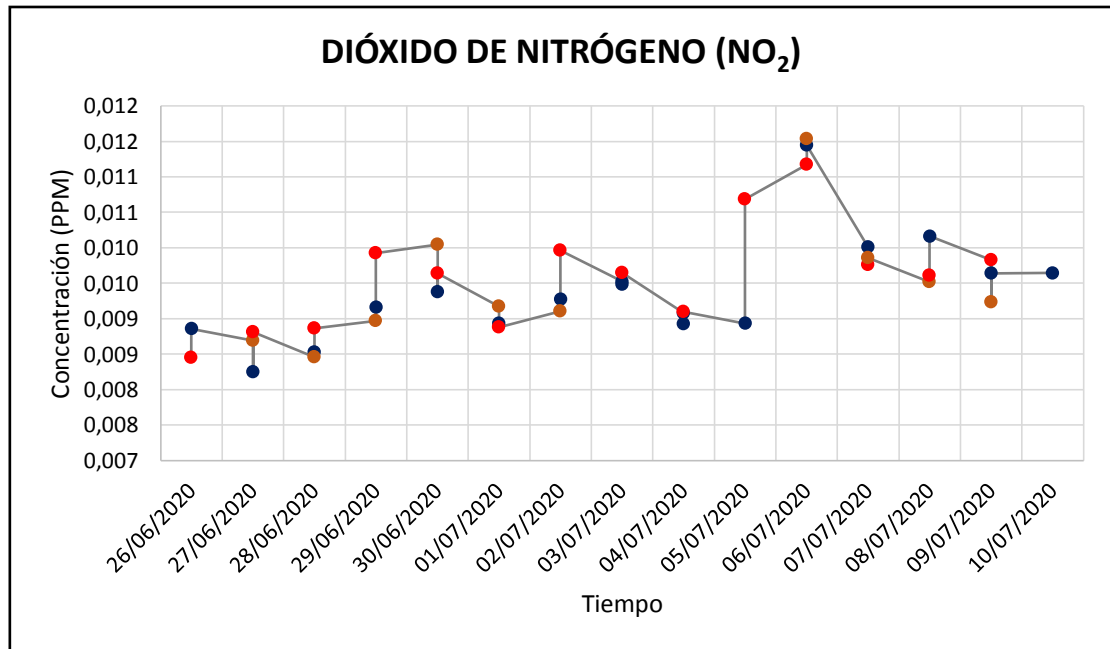


Gráfico 8. Concentración de NO₂ determinado en el tiempo. Mediciones obtenidas de la estación meteorológica construida.

Fuente: Autores.

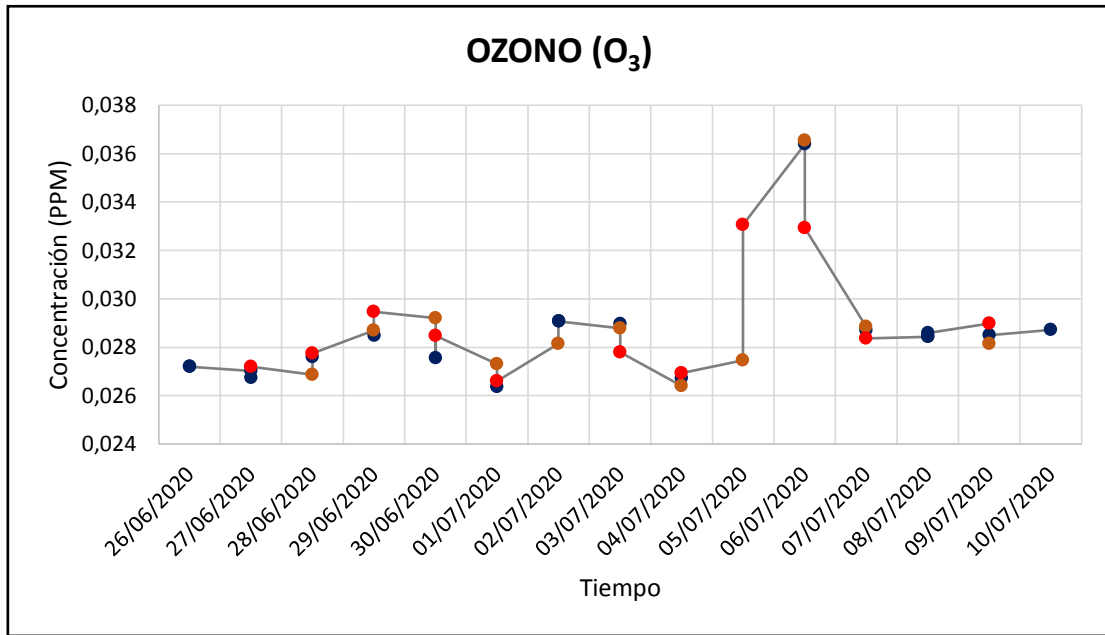


Gráfico 9. Concentración de O₃ determinado en el tiempo. Mediciones obtenidas de la estación meteorológica construida.

Fuente: Autores.

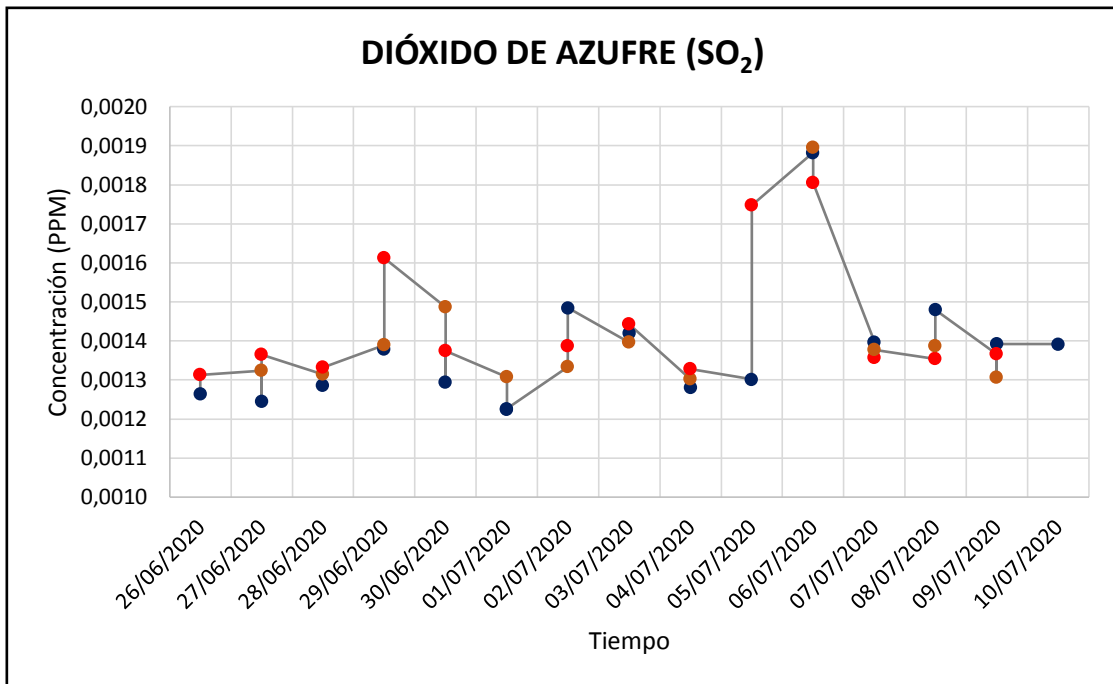


Gráfico 10. Concentración de SO₂ determinada en el tiempo. Mediciones obtenidas de la estación meteorológica construida.

Fuente: Autores.

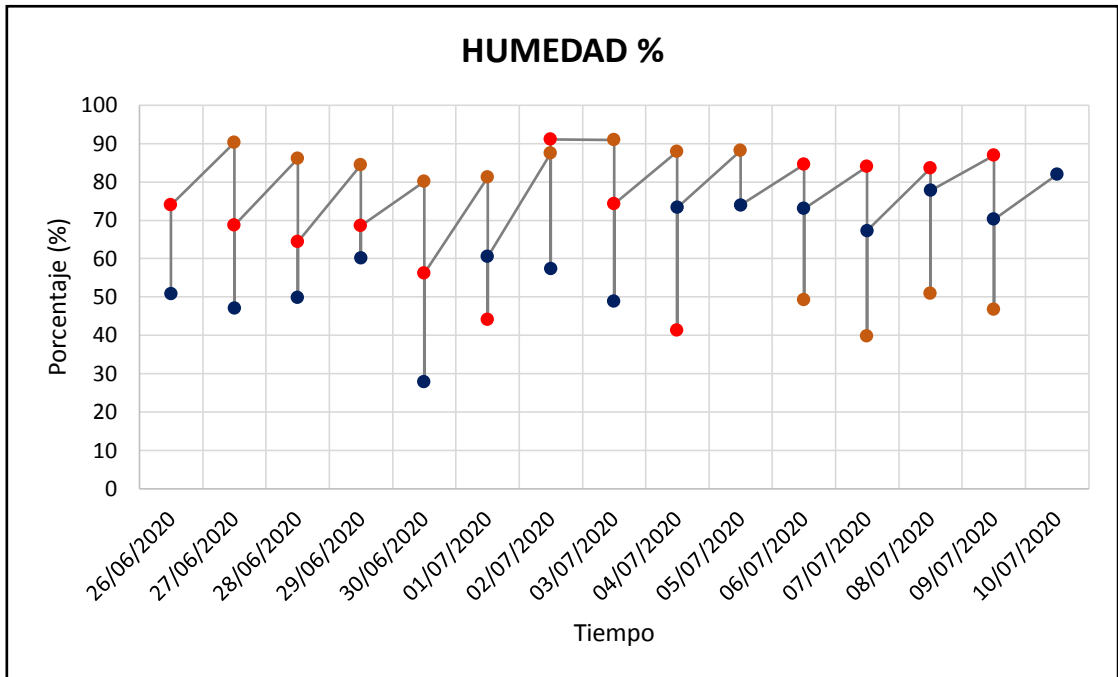


Gráfico 11. Porcentaje de humedad relativa determinada en el tiempo. Mediciones obtenidas de la estación meteorológica construida.

Fuente: Autores.

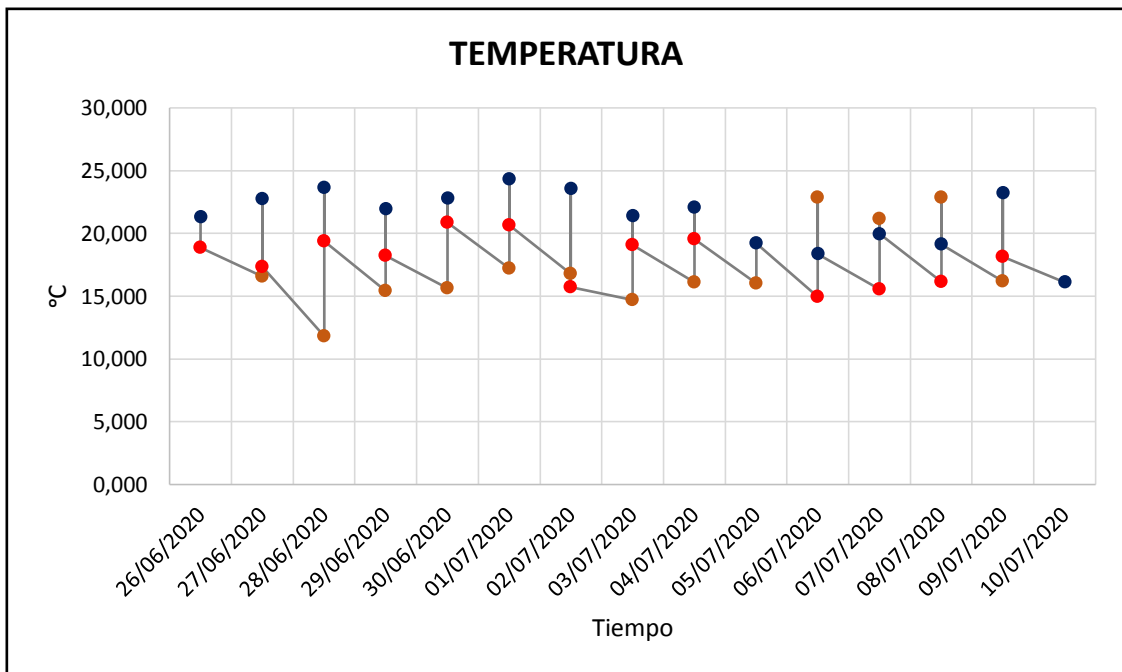


Gráfico 12. Temperatura en grados Celsius determinada en el tiempo. Mediciones obtenidas de la estación meteorológica construida.

Fuente: Autores.

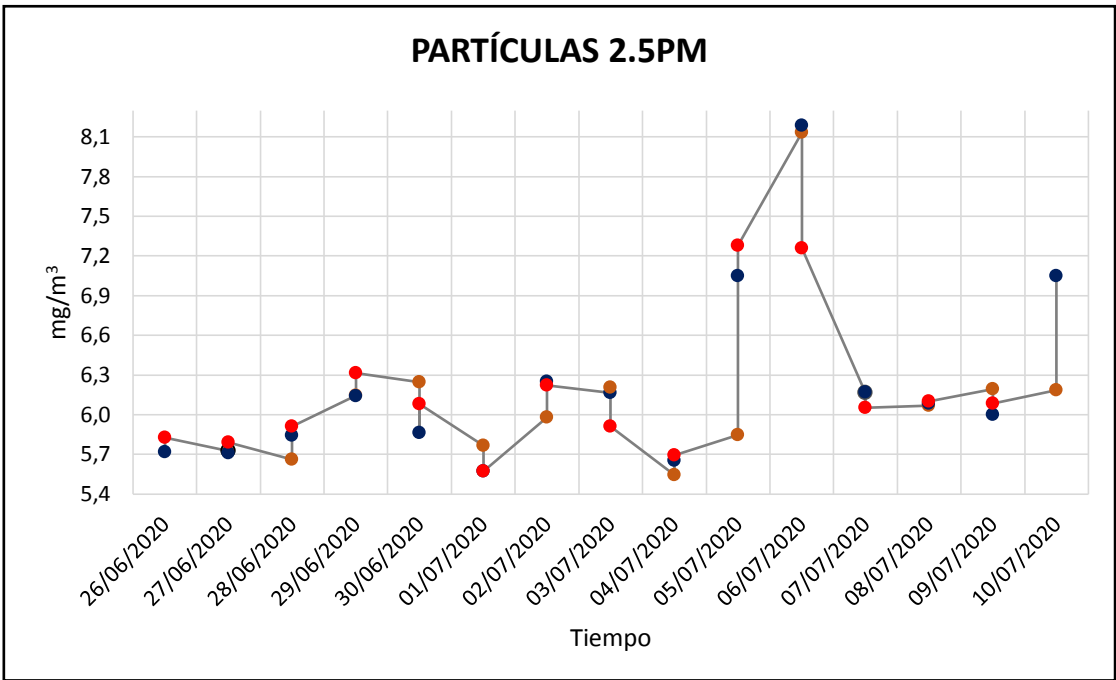


Gráfico 13. Concentración de Material particulado 2.5 determinada en el tiempo. Mediciones obtenidas de la estación meteorológica construida.

Fuente: Autores.

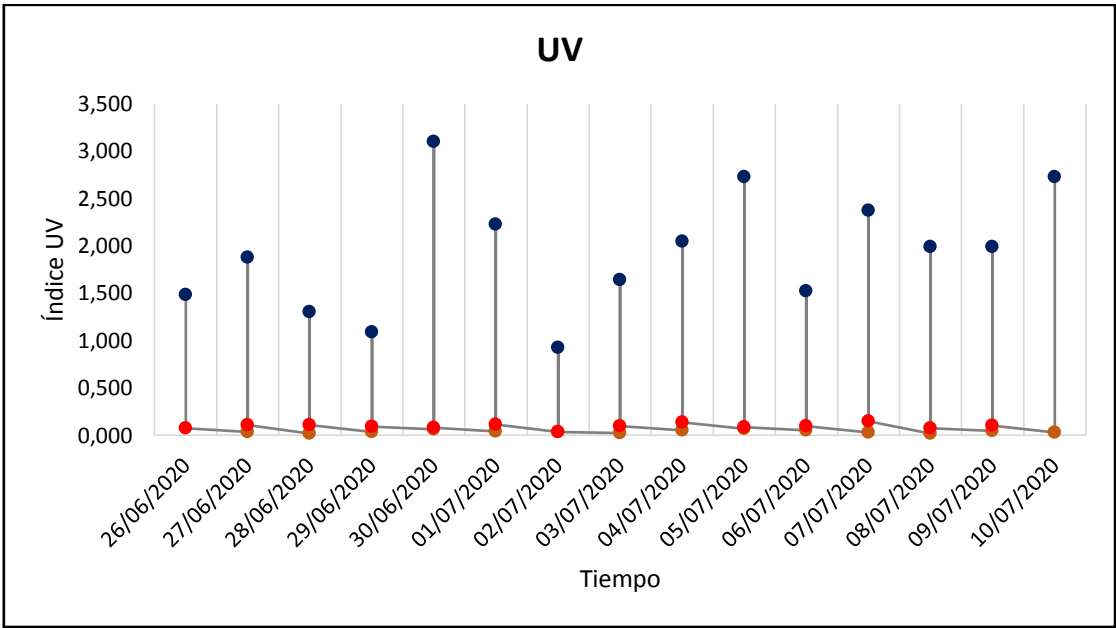


Gráfico 14. Índice UV determinado en el tiempo. Mediciones obtenidas de la estación meteorológica construida.

Fuente: Autores.

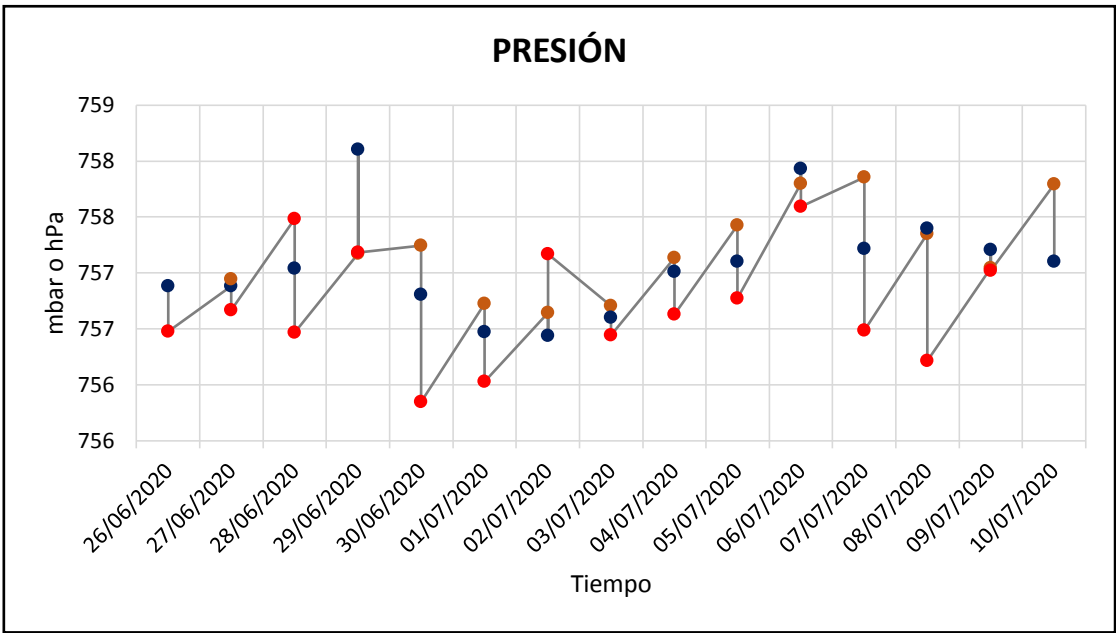


Gráfico 15. Presión barométrica determinada en el tiempo. Mediciones obtenidas de la estación meteorológica construida.

Fuente: Autores.

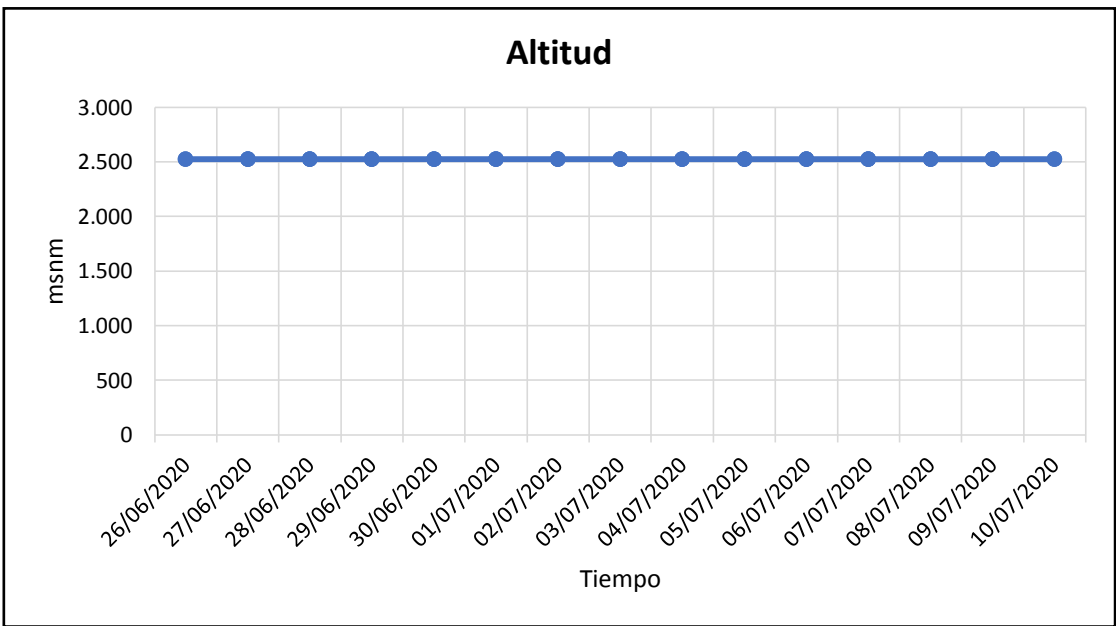


Gráfico 16. Altitud determinada en el lugar de ubicación de la estación meteorológica. Mediciones obtenidas de la estación meteorológica construida.

Fuente: Autores.

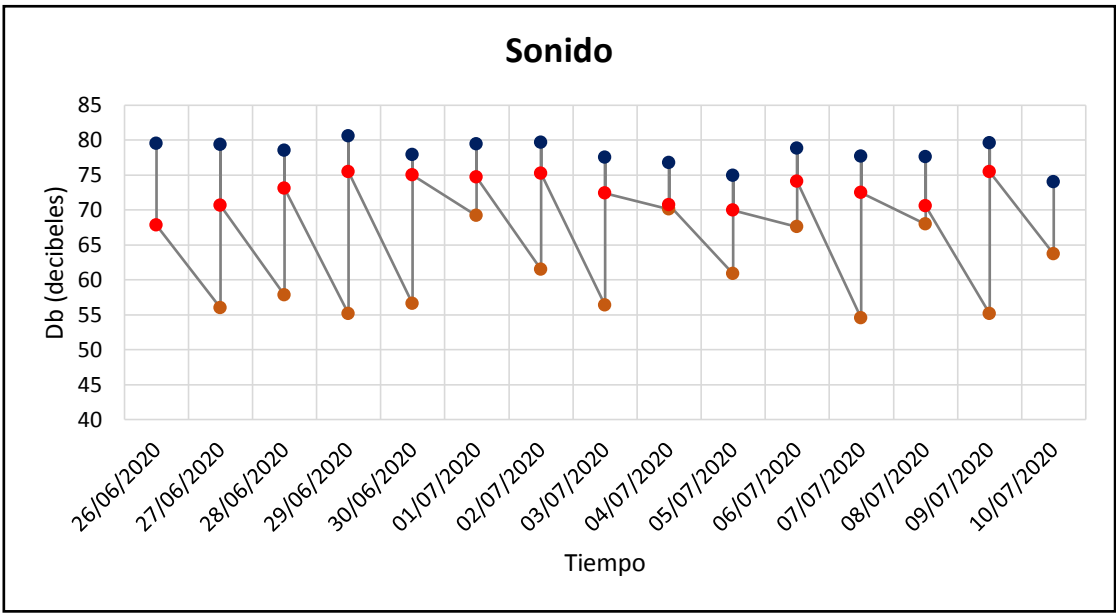


Gráfico 17. Nivel de sonido determinado en el tiempo. Mediciones obtenidas de la estación meteorológica construida.

Fuente: Autores.

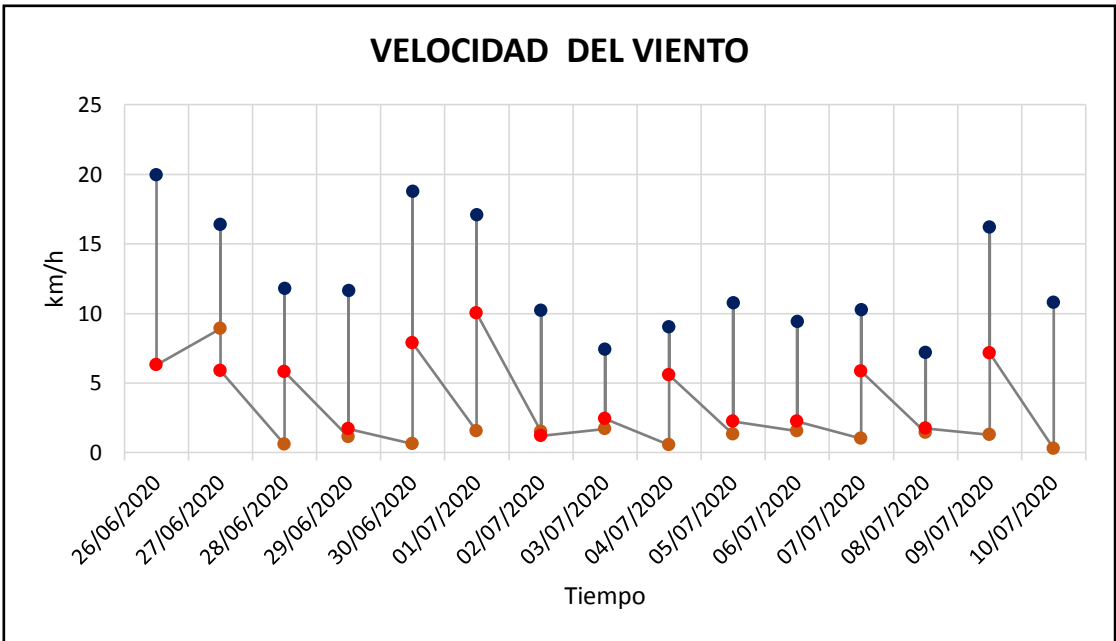


Gráfico 18. Velocidad del viento determinado en el tiempo. Mediciones obtenidas de la estación meteorológica construida.

Fuente: Autores.

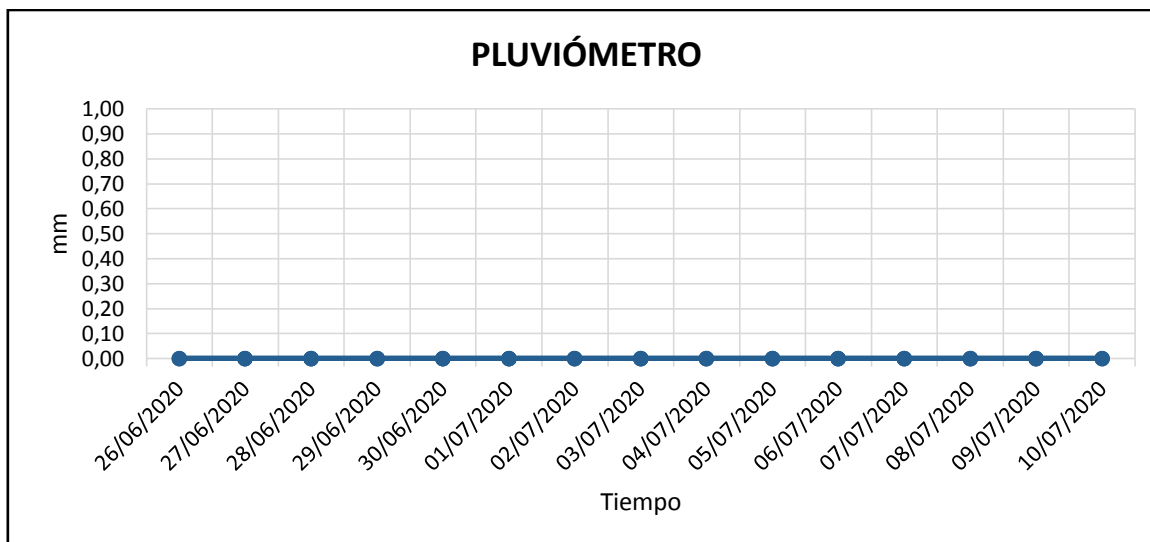


Gráfico 19. Cantidad de lluvia determinada en el tiempo. Mediciones obtenidas de la estación meteorológica construida.

Fuente: Autores.

DIRECCIÓN DEL VIENTO.

En la tabla 14, se observa la frecuencia de dirección de los puntos cardinales del sensor de dirección de viento, se muestra en la ilustración 80. En el cual, presenta una mayor tendencia hacia la dirección del Norte, durante el periodo de prueba.

Tabla 14. Valores obtenidos del sensor de la dirección del viento para los ocho puntos cardinales.

DIRECCIÓN	Nº IDENTIFICACIÓN	FRECUENCIA
ESTE (E.)	125	0
NORESTE(NE)	250	242
NORTE (N)	375	8652
NOROESTE (NW)	500	3716
OESTE (W)	625	4262
SUR OESTE (SW)	750	1221
SUR (S)	875	389
SURESTE (SE)	1000	708

Fuente: Autores.

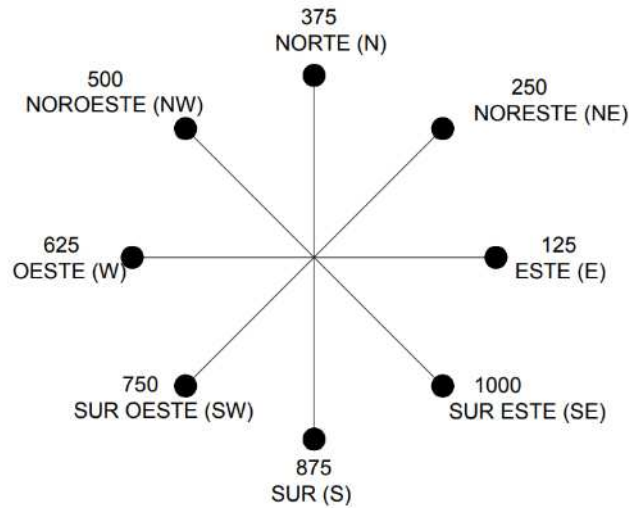


Ilustración 80. Puntos Cardinales del sensor de la dirección del viento.

Fuente: Autores.

4.5.3. Estación Meteorológica licenciada.

Esta estación meteorológica pertenece a la Empresa Pública Municipal de Movilidad, Tránsito y Transporte de Cuenca (EMOV). Ubicada en la calle Bolívar 7-77 y Borrero con el nombre: ESTACIÓN 1.

En el gráfico 20, fue obtenido a partir de la plataforma de monitoreo de la estación meteorológica de la EMOV, identificando cuatro variables de estudio que son: CO, SO₂, NO₂ y O₃.

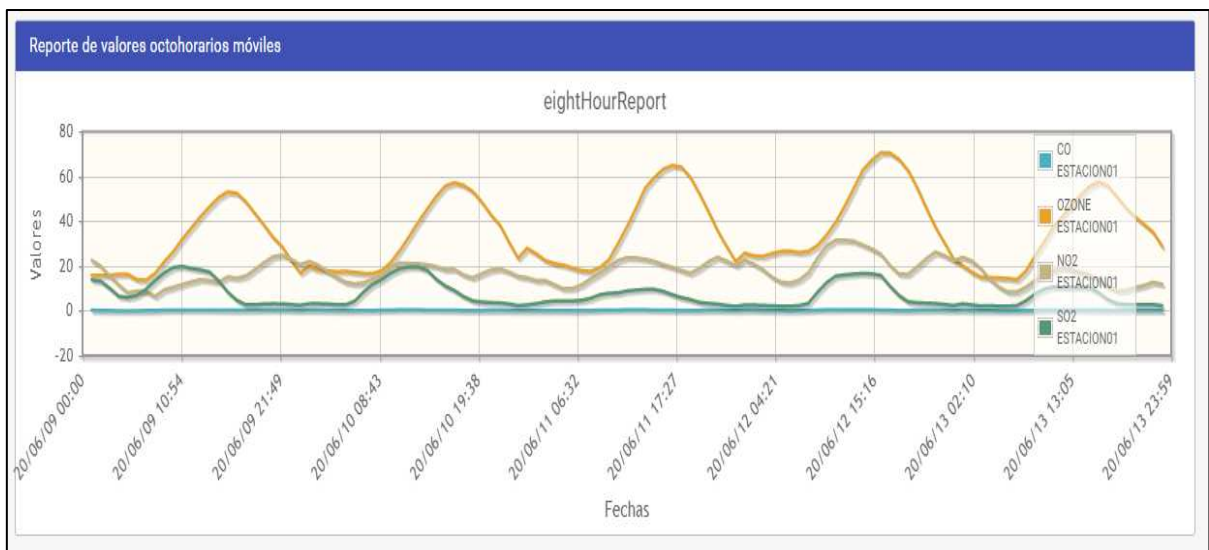


Gráfico 20. Gráficos obtenidos de la estación meteorológica de la red de monitoreo EMOV de diferentes variables.

Fuente: (EMOV, 2020).

4.5.4. Correlación de datos obtenidos de la Estación Meteorológica.

Se realizó una correlación de los datos entre la estación meteorológica de la EMOV y la construida en este trabajo de titulación, las cuales se puede observar en las gráficas 21-28.

La correlación se llevó a cabo en las variables de CO, NO₂, SO₂ y O₃.

Mediante el software MedCalc, se realizó el cálculo del factor de correlación de Pearson, dando como resultado un factor de correlación comprendido entre 0,92-0,95, resultados muy cercanos a 1. Por lo tanto la relación entre los datos obtenidos de la estación meteorológica construida y la estación meteorológica de la EMOV es muy buena.

CO (PPM)

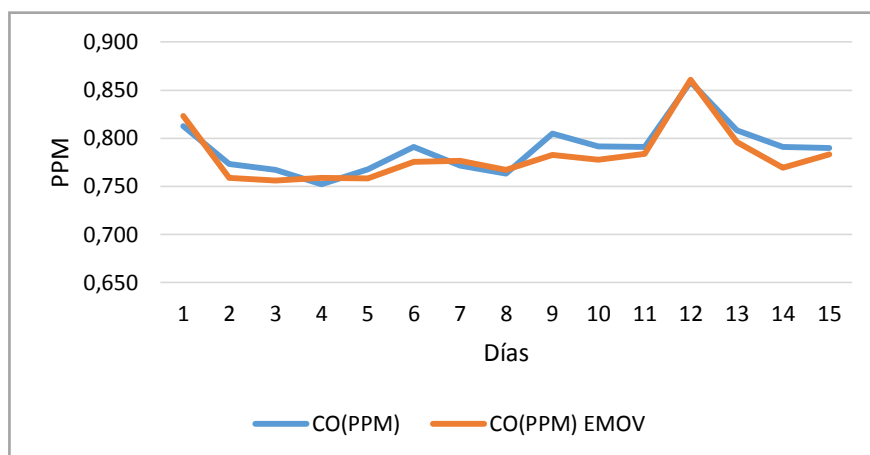
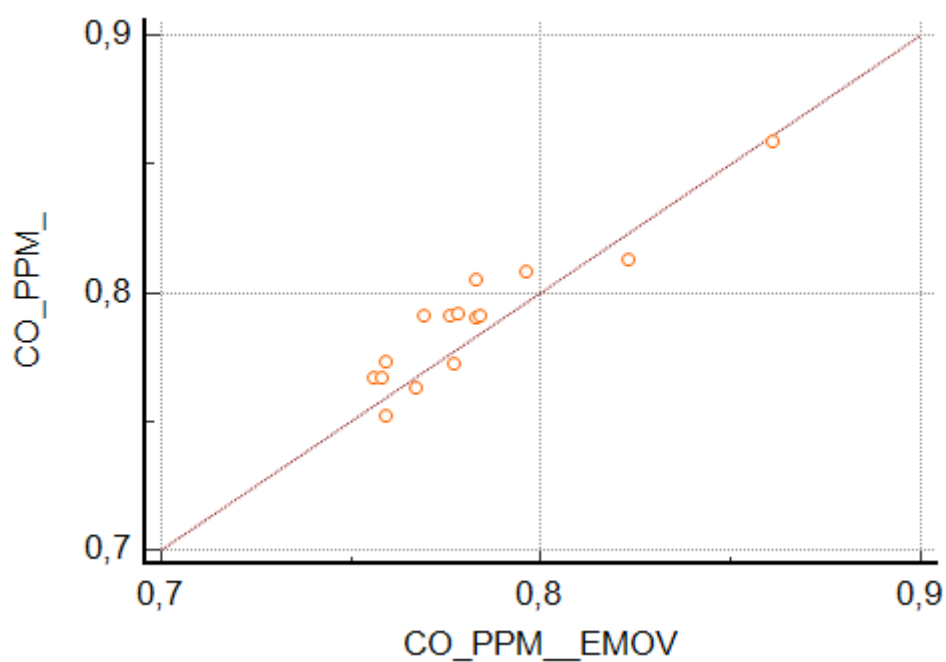


Gráfico 21. Comparación entre CO obtenido de la estación meteorológica construida vs CO de la EMOV.
Fuente: Autores.



Variable Y	CO_PPM_
Variable X	CO_PPM_EMOV
Sample size	15
Correlation coefficient r	0,9294
Significance level	P<0,0001
95% Confidence interval for r	0,7961 to 0,9767

Gráfico 22. Correlación entre CO obtenido de la estación meteorológica construida vs CO de la EMOV.
Fuente: Autores.

NO₂ (PPM)

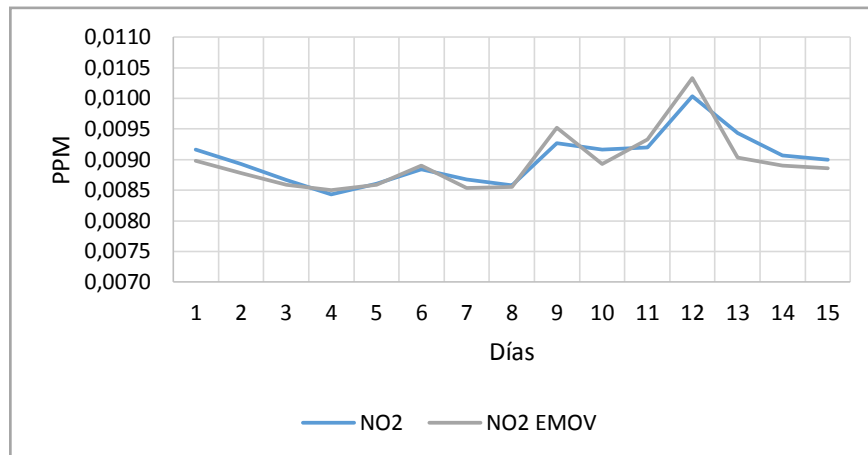
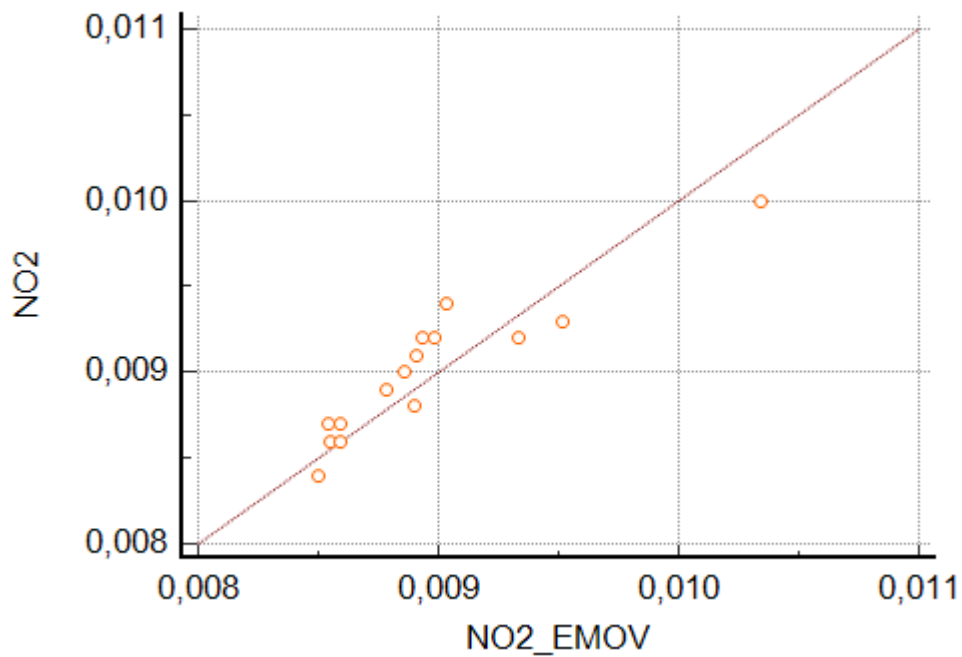


Gráfico 23. Comparación entre NO₂ obtenido de la estación meteorológica construida vs NO₂ de la EMOV.
Fuente: Autores.



Variable Y	NO2
Variable X	NO2_EMOV
Sample size	15
Correlation coefficient r	0,9174
Significance level	P<0,0001
95% Confidence interval for r	0,7644 to 0,9726

Gráfico 24. Correlación entre NO₂ obtenido de la estación meteorológica construida vs NO₂ de la EMOV.
Fuente: Autores.

SO₂ (PPM)

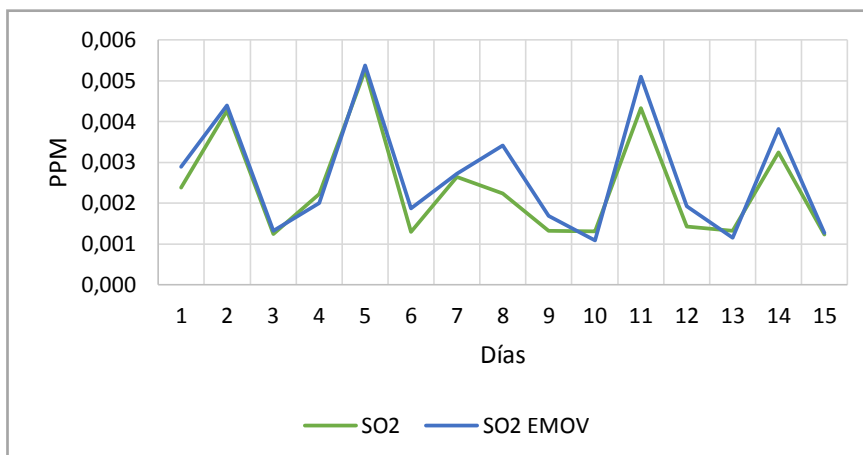
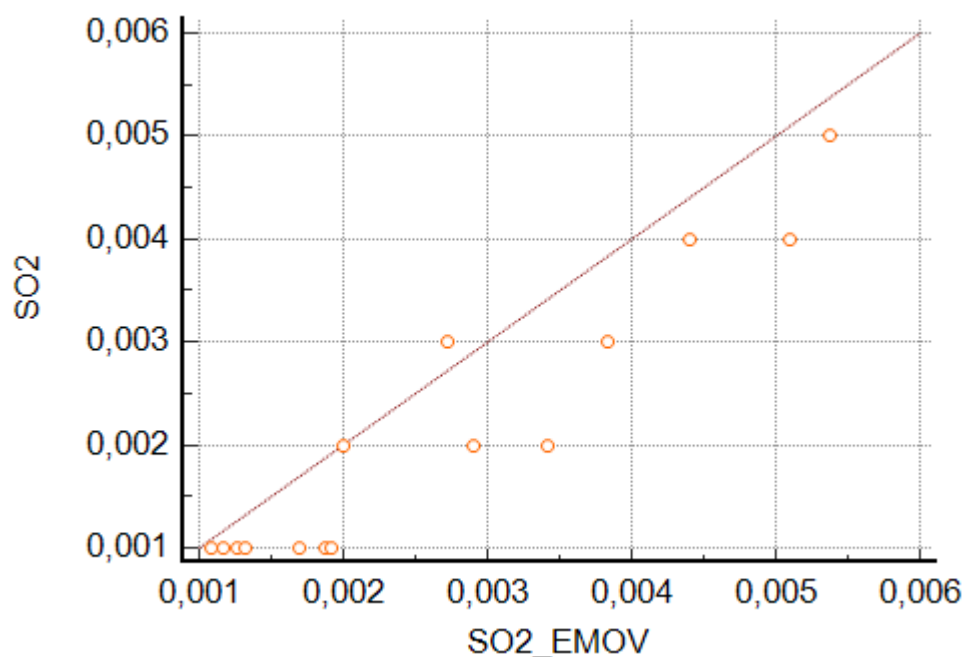


Gráfico 25. Comparación entre SO₂ obtenido de la estación meteorológica construida vs SO₂ de la EMOV.
Fuente: Autores.



Variable Y	SO ₂
Variable X	SO ₂ _EMOV
Sample size	15
Correlation coefficient r	0,9466
Significance level	P<0,0001
95% Confidence interval for r	0,8431 to 0,9825

Gráfico 26. Correlación entre SO₂ obtenido de la estación meteorológica construida vs SO₂ de la EMOV.
Fuente: Autores.

O₃ (PPM)

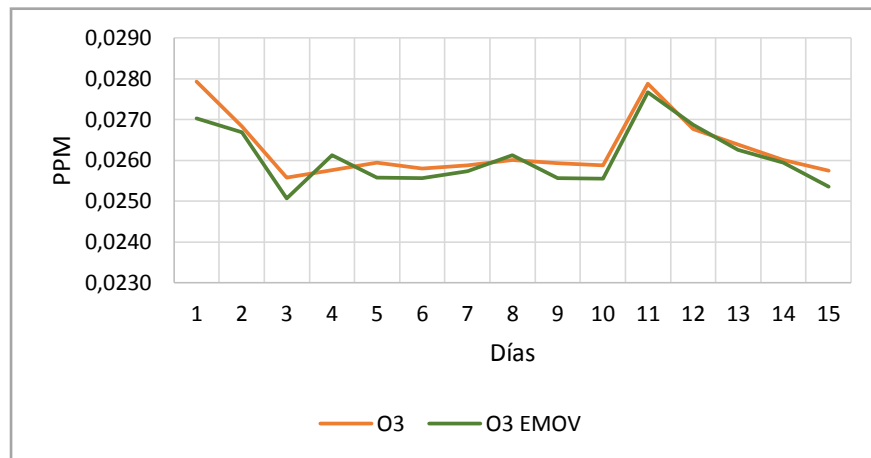
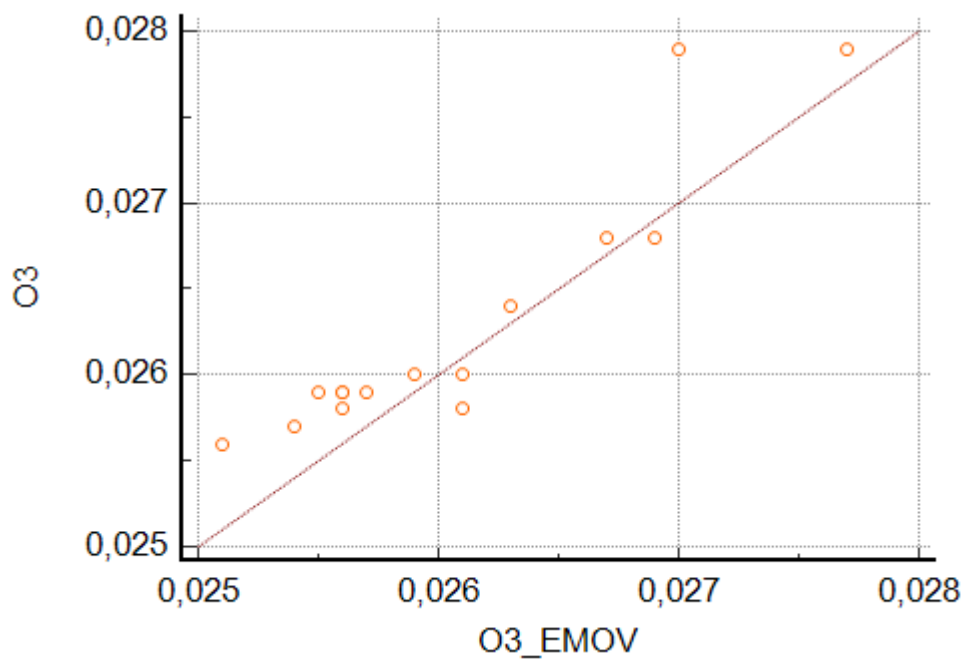


Gráfico 27. Comparación entre O₃ obtenido de la estación meteorológica construida vs O₃ de la EMOV.
Fuente: Autores.



Variable Y	O3
Variable X	O3_EMOV
Sample size	15
Correlation coefficient r	0,9268
Significance level	P<0,0001
95% Confidence interval for r	0,7892 to 0,9758

Gráfico 28. Correlación entre O₃ obtenido de la estación meteorológica construida vs O₃ de la EMOV.
Fuente: Autores.

4.6. Análisis.

Mediante los datos obtenidos del Anexo 1, de la estación meteorológica construida y los reportes del Anexo 2, de la estación meteorológica de la Empresa Pública Municipal de Movilidad, Tránsito y Transporte de Cuenca (EMOV), se contrastaron los resultados de las estaciones, encontrando similitud en los datos en referencia a variables de calidad del aire como lo son; concentración de monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, ozono y dióxido de azufre. Esto se puede observar en las gráficas 21-24. Por lo que, se puede verificar que los sensores están trabajando de forma adecuada, por lo tanto la calibración fue la correcta.

Cabe recalcar que los reportes ofrecidos por la estación EMOV no poseen todas las variables de estudio, así que en este caso las siguientes variables no fueron posible realizar un contraste: dióxido de carbono, material particulado 2.5PM, esto en base a calidad del aire mientras que no se encontró ningún dato meteorológico.

La concentración de CO₂ promedio octohoraria presenta una concentración mínima de 0.322 PPM y la concentración mayor es de 0.425PPM.

La concentración de Materia particulada 2.5 determinada en la estación meteorológica construida tiene un promedio de 6,897µg/m³, de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de calidad del aire establece un máximo permisible de 150µg/m³ (Ministerio del Ambiente, 2011), por lo tanto cumple con la norma.

La temperatura promedio medida por la estación durante los días de prueba indica una temperatura mínima de 10.81°C y temperatura máxima de 25.56°C.

La humedad relativa promedio medida por la estación durante los días de prueba indica una humedad mínima de 37.83% y una humedad máxima de 88.33%.

La altitud medida por la estación es de 2532msnm, lo cual es una medida que se encuentra entre los rangos que presenta la ciudad de Cuenca, la presión barométrica promedio medida por la estación es de 757 mbar o hPa.

El nivel de sonido medido por la estación construida, presenta un promedio durante los días de prueba un nivel mínimo de 42Db y un nivel máximo de 81Db.

La velocidad de viento medida por la estación presenta un promedio de velocidad menor de 0.001km/h y velocidad mayor de 21.081km/h.

Con el pluviómetro, no se detectó presencia de lluvia durante el periodo de prueba.

El índice de rayos ultravioleta medido por la estación, presenta un promedio de índice menor de 0.016 y un índice mayor de 6.53.

Es importante mencionar que actualmente algunas de las estaciones meteorológicas que se ha podido ubicar en la ciudad, no se encuentran en funcionamiento o las que se encuentran en funcionamiento no cumplen con todas las variables de estudio.

5. CONCLUSIONES

Los objetivos propuestos para este trabajo de titulación se cumplen satisfactoriamente.

Se construyó una estación de monitoreo meteorológico y de calidad del aire, capaz de obtener y registrar parámetros meteorológicos: temperatura, humedad relativa, presión barométrica, nivel de sonido, altitud, precipitación, velocidad y dirección del viento, rayos ultravioleta y parámetros de calidad del aire de concentración de gases: ozono, dióxido de carbono, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y material particulado 2.5PM, todo con un costo bajo y materiales conseguidos en el medio.

La estructura de la estación fue diseñada de acuerdo a las necesidades requeridas como el peso de las baterías, tamaño del panel solar y soporte del sistema de medición. Todo el sistema trabaja como un solo equipo de manera adecuada y correcta.

La estación es portátil de fácil traslado, permitiendo ubicarla en cualquier lugar que se requieran realizar las mediciones. Esto es un punto clave, ya que permitirá realizar mediciones en lugares que jamás han sido monitoreados.

La estación construida posee autonomía energética, esto es posible gracias al uso de energía renovable solar mediante el sistema fotovoltaico instalado en la estación, por lo tanto la estación puede ser trasladada a lugares que no posean energía eléctrica.

Mediante la plataforma ThingSpeak se accede a las mediciones de los diferentes parámetros meteorológicos, siendo esta de libre acceso, por medio de la plataforma se puede acceder a gráficas y reportes del comportamiento de los parámetros de estudio en el tiempo siendo este un sistema de almacenamiento de datos. Brindando al usuario una fácil accesibilidad a datos meteorológicos en tiempo real, así como de días pasados. Esta información puede ser usada por estudiantes que necesiten de aquellos datos para distintos estudios, los cuales pueden acceder desde programas como Matlab o R para el análisis de los mismos.

Para la calibración de los sensores de calidad del aire, fue necesario considerar los datos de la hoja de características que brindan los fabricantes, previamente se efectuó una pre-calibración mediante el uso del software Arduino para cada tipo de gas a medir. Este es un paso fundamental, cuando no se considera el fabricante muchos sensores se calibran mal, muchas veces se cree que sensores del mismo tipo pero de distintos fabricantes tendrán las mismas curvas de calibración, lo cual no es correcto.

La estación meteorológica construida, cumplió con los objetivos planteados.

6. RECOMENDACIONES

Para la correcta instalación de la estación meteorológica, se recomienda adecuar un lugar donde la superficie debe ser plana y nivelada, evitar objetos que obstruyan a los sensores como pueden ser paredes, techos, árboles. Esto con el fin de obtener datos de calidad.

Mantener una limpieza periódica de los sensores y en especialmente del panel solar, ya que debido a la presencia de polvo puede ocasionar una deficiencia en la carga de baterías.

Se debe monitorear el funcionamiento de la estación, ya que el no funcionamiento de la misma por polvo en los paneles por ejemplo puede llevar a un daño de los sensores.

La estación requiere el uso permanente de una red WI-FI, al haber intermitencias en la red puede ocasionar la pérdida de datos en el sistema de almacenamiento así que es imprescindible contar con una red de internet. La manera de trabajar en un lugar donde no se cuente con una red de internet puede ser generando una red WI-FI mediante un teléfono celular para que la estación tenga acceso a internet.

Se recomienda, desarrollar una página web propia de la estación meteorológica sobre el monitoreo en tiempo real de las diferentes variables de medición, con ayuda de otras carreras como TICs o afines para no depender de páginas externas que podrían deshabilitar su servicio o cobrar por el mismo. Con esto, se obtendrá los datos desde un servidor propio de la universidad y se podría acceder desde un enlace directo con la página web oficial de la Universidad Católica de Cuenca.

Futuras investigaciones pueden ser la implementación de más sensores a la estación, así como la implementación de una Raspberry Pi que permita el almacenamiento local de la información, así como el envío de datos a través de una red de datos 3G o 4G.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Estatal de Meteorología. (2015). Breve Historia de la Meteorología. *Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente*, 8.
- Arduino. (2018). *Arduino*. Obtenido de Introducción: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction#>.
- Crespo, E. (Marzo de 2015). *Aprendiendo Arduino*. Obtenido de Software DIY: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2015/03/26/lenguaje-de-programacion-c/#:~:text=El%20lenguaje%20de%20programaci%C3%B3n%20de,en%20la%20programaci%C3%B3n%20de%20Arduino>.
- EMOV. (2020). *Gráfica y reportes de valores octohorarios móviles*. Obtenido de http://caire.emov.gob.ec/monitoreo/pages/get-chart.xhtml?dataType=AIR&avgType=HOUR_8.
- ENGLADSAURUS. (20 de 12 de 2018). *sparkfun START SOMETHING*. Obtenido de Qwiix UV Sensor (VEML6075) Hookup Guide: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/qwiic-uv-sensor-veml6075-hookup-guide/all>.
- estacionucacue. (2020). *ThingSpeak*. Obtenido de Channels: <https://thingspeak.com/channels/929063>.
- HANWEI ELECTRONICS CO., L. (s.f.). *HANWEI*. Obtenido de HANWEI: <https://www.hwsensor.com/product/>.
- HANWEI ELECTRONICS. (s.f.). *TECHNICAL DATA MQ-7 GAS SENSOR*. Obtenido de <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-7.pdf>.
- henrysbench. (2019). *BricoGeek*. Obtenido de Módulo WIFI NodeMCU ESP8266: <https://tienda.bricogeek.com/wifi/1033-nodemcu-v3-esp8266.html>.
- JaDiaz. (11 de 02 de 2016). *Mi Arduino*. Obtenido de Sensor de sonido con Arduino: <http://www.iescamp.es/miarduino/2016/02/11/sensor-de-sonido-con-arduino/>.
- Leite, D. (Noviembre de 2011). *Meteorología en red*. Obtenido de <https://www.meteorologiaenred.com/%C2%BFque-es-la-meteorologia.html>.
- Llamas, L. (29 de 03 de 2016). *Luis Llamas, Ingeniería, Informática y Diseño*. Obtenido de Medir temperatura y humedad con Arduino y sensor DHT11-DHT22: <https://www.luisllamas.es/arduino-dht11-dht22/>.
- Mechatronics, N. (2018). *Naylamp Mechatronics*. Obtenido de Tutorial sensores de gas MQ2, MQ3, MQ7 y MQ135: https://naylampmechatronics.com/blog/42_Tutorial-sensores-de-gas-MQ2-MQ3-MQ7-y-MQ13.html.
- Meteocultura. (29 de Febrero de 2019). *Estaciones Meteorológicas*. Obtenido de <https://estaciondemeteorologia.com/que-es-una-estacion-meteorologica/>.
- Ministerio del Ambiente. (2011). *Norma Ecuatoriana de Calidad de Aire*. Obtenido de http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/norma_ecuato_calidad.pdf.
- Montalvo Lezama, B. (2013). *Instituto Politécnico Nacional México*. Obtenido de Prototipo Didáctico de una Estación Meteorológica Monitoreada a Distancia.: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/57184802/Berenice_Montalvo_Lezama.pdf?1534247150=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DBerenice_Montalvo_Lezama.pdf&Expires=1596429890&Signature=YFom-XWKTeWzyN3pXZFMLWoBYrrQCok5qGEJwYuJFg5TEYnL49tJ5PD2dJ9.

- NAYLAMP. (2019). *NAYLAMP MECHATRONICS*. Obtenido de Sensor de polvo GP2Y1010AUF: <https://naylampmechatronics.com/sensores-gas/353-sensor-de-polvo-gp2y1010au0f.html>.
- Organización Meteorológica Mundial. (2018). *OMM*. Obtenido de Acerca de la OMM: <https://public.wmo.int/es/acerca-de-la-omm/qui%C3%A9nes-somos/historia-de-la-organizaci%C3%B3n-meteorol%C3%B3gica-internacional>.
- Prácticas de administración. (Febrero de 2014). *Estaciones Meteorológicas*. Obtenido de <http://www.guiaspracticass.com/estaciones-meteorologicas/tipos-de-estaciones-meteorologicas>.
- Servicio Meteorológico Nacional de Argentina. (15 de 09 de 2017). *SMN*. Obtenido de Una historia de mediciones para entender el cambio climático: <https://www.smn.gob.ar/noticias/una-historia-de-mediciones-para-entender-el-cambio-clim%C3%A1tico>.
- Subgerencia Cultural del Banco de la República. (2015). *Clima: elementos y factores*. Obtenido de https://enciclopedia.banrepcultural.org/index.php/Clima:_elementos_y_factores#C.C3.B3mo_citar_esto_texto.
- Sun Supply. (Septiembre de 2017). *Componentes de un sistema de energía solar*. Obtenido de <https://www.sunsupplyco.com/componentes-de-un-sistema-de-energia-solar/>.
- SYSTEMS, A. D. (2016). *Sparkfun*. Obtenido de Weather Meters: <https://www.sparkfun.com/products/8942>.
- Tobajas Garcia, A. (2016). *Universidad Oberta de Catalunya*. Obtenido de Diseño e implementación de una estación meteorológica con Raspberry Pi: <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/52761/11/atobajasgTFM0616memoria.pdf>.
- Tutiempo Network S.L. (04 de 03 de 2013). *Tutiempo Network, S.L.* Obtenido de Nacimiento de la meteorología científica: <https://www.tutiempo.net/meteorologia/historia.html>.
- Universidad de Cuenca. (2019). *Universidad de Cuenca*. Obtenido de Unidades de investigación: <https://www.ucuenca.edu.ec/la-investigacion/unidades-de-investigacion/centro-de-estudios-ambientales/estaci%C3%B3n-meteorol%C3%B3gica>.

8. ANEXOS.

Anexo 1. Valores promedio octohorarios, obtenidos de la lectura de la estación meteorológica.

FECHA	CO(PPM)	CO2(PPM)	NO2(PPM)	O3(PPM)	SO2(PPM)	HUMEDAD %	TEMP. °C	TEMP. °F
02/06/2020	0,709	0,363	0,0081	0,024	0,0011	48,46	24,8	76,7
02/06/2020	0,750	0,375	0,0087	0,024	0,0012	84,49	17,7	63,9
03/06/2020	0,721	0,365	0,0080	0,025	0,0012	87,28	16,3	61,4
03/06/2020	0,744	0,372	0,0084	0,027	0,0013	47,23	25,5	77,9
03/06/2020	0,807	0,389	0,0092	0,026	0,0014	85,67	17,7	63,9
04/06/2020	0,765	0,378	0,0088	0,027	0,0013	85,96	15,3	59,6
04/06/2020	0,779	0,382	0,0090	0,028	0,0014	51,24	24,1	75,4
04/06/2020	0,786	0,386	0,0091	0,027	0,0014	67,86	19,2	66,6
05/06/2020	0,771	0,380	0,0088	0,027	0,0013	80,21	16,1	60,9
05/06/2020	0,831	0,397	0,0097	0,029	0,0015	70,24	19,8	67,6
05/06/2020	0,847	0,403	0,0100	0,028	0,0015	86,62	15,9	60,5
06/06/2020	0,776	0,383	0,0090	0,027	0,0013	88,33	14,5	58,1
06/06/2020	0,766	0,380	0,0089	0,027	0,0013	50,07	23,6	74,4
06/06/2020	0,794	0,391	0,0091	0,027	0,0013	67,78	17,6	63,6
07/06/2020	0,788	0,388	0,0090	0,027	0,0013	83,76	13,9	57,1
07/06/2020	0,784	0,385	0,0090	0,028	0,0013	50,86	23,8	74,8
07/06/2020	0,768	0,382	0,0088	0,026	0,0013	67,27	18,7	65,8
08/06/2020	0,760	0,378	0,0085	0,026	0,0012	85,19	15,3	59,5
08/06/2020	0,769	0,382	0,0087	0,026	0,0013	53,61	22,6	72,7
08/06/2020	0,807	0,393	0,0092	0,027	0,0014	67,31	18,5	65,3
09/06/2020	0,813	0,393	0,0092	0,028	0,0014	82,89	14,8	58,6
09/06/2020	0,773	0,383	0,0089	0,027	0,0013	44,05	24,9	76,9
09/06/2020	0,767	0,384	0,0087	0,026	0,0012	62,16	18,4	65,0
10/06/2020	0,752	0,381	0,0084	0,026	0,0012	82,08	12,2	53,8
10/06/2020	0,767	0,384	0,0086	0,026	0,0013	48,73	22,1	71,8
10/06/2020	0,791	0,391	0,0088	0,026	0,0013	61,85	18,5	65,3
11/06/2020	0,772	0,387	0,0087	0,026	0,0013	81,25	12,2	54,0
11/06/2020	0,763	0,387	0,0086	0,026	0,0012	44,19	21,9	71,5
11/06/2020	0,805	0,398	0,0093	0,026	0,0013	57,87	17,8	64,0
12/06/2020	0,792	0,396	0,0092	0,026	0,0013	79,30	10,8	51,5
12/06/2020	0,791	0,393	0,0092	0,028	0,0013	37,83	22,9	73,3
12/06/2020	0,859	0,409	0,0100	0,027	0,0014	65,88	17,6	63,8
13/06/2020	0,808	0,398	0,0094	0,026	0,0013	81,63	11,9	53,5
13/06/2020	0,791	0,391	0,0091	0,026	0,0012	47,24	23,3	73,9
13/06/2020	0,790	0,390	0,0090	0,026	0,0012	59,03	20,6	69,1

Fecha	CO(PPM)	CO2(PPM)	NO2(PPM)	O3(PPM)	SO2(PPM)	HUMEDAD %	TEMP. C°	TEMP. F°
26/06/2020	0,754	0,325	0,008	0,027	0,0013	50,835	21,321	74,3
26/06/2020	0,775	0,322	0,009	0,027	0,0013	74,037	18,852	65,9
27/06/2020	0,785	0,331	0,009	0,027	0,0013	80,223	16,560	61,8
27/06/2020	0,748	0,329	0,008	0,027	0,0012	47,054	22,745	78,6
27/06/2020	0,795	0,353	0,009	0,027	0,0014	68,700	17,322	63,1
28/06/2020	0,771	0,373	0,008	0,027	0,0013	86,021	11,830	53,2
28/06/2020	0,767	0,328	0,009	0,028	0,0013	49,886	23,661	74,5
28/06/2020	0,789	0,332	0,009	0,028	0,0013	64,421	19,369	66,8
29/06/2020	0,809	0,340	0,009	0,029	0,0014	84,378	15,412	59,7
29/06/2020	0,812	0,341	0,009	0,028	0,0014	60,170	21,944	71,5
29/06/2020	0,893	0,363	0,010	0,029	0,0016	68,596	18,216	64,7
30/06/2020	0,883	0,364	0,010	0,029	0,0015	80,069	15,630	60,1
30/06/2020	0,799	0,372	0,009	0,028	0,0013	37,932	22,793	89,2
30/06/2020	0,822	0,381	0,010	0,028	0,0014	56,181	20,849	69,5
01/07/2020	0,811	0,377	0,009	0,027	0,0013	81,226	17,195	62,9
01/07/2020	0,775	0,340	0,009	0,026	0,0012	44,058	24,331	81,1
01/07/2020	0,768	0,332	0,009	0,027	0,0012	60,504	20,627	69,1
02/07/2020	0,813	0,337	0,009	0,028	0,0013	87,435	16,766	62,1
02/07/2020	0,824	0,338	0,009	0,029	0,0014	57,370	23,577	74,4
02/07/2020	0,878	0,403	0,010	0,029	0,0015	81,050	15,729	60,3
03/07/2020	0,848	0,395	0,010	0,029	0,0014	80,967	14,701	58,4
03/07/2020	0,843	0,373	0,009	0,029	0,0014	48,825	21,401	81,3
03/07/2020	0,869	0,400	0,010	0,028	0,0014	74,190	19,062	66,3
04/07/2020	0,830	0,389	0,009	0,026	0,0013	87,867	16,095	60,9
04/07/2020	0,804	0,383	0,009	0,027	0,0013	41,350	22,051	84,2
04/07/2020	0,831	0,357	0,009	0,027	0,0013	73,321	19,554	67,1
05/07/2020	0,806	0,338	0,009	0,027	0,0013	88,174	16,030	60,8
05/07/2020	0,946	0,378	0,011	0,033	0,0017	73,912	19,219	66,5
06/07/2020	0,977	0,421	0,011	0,036	0,0019	84,495	14,974	58,9
06/07/2020	0,983	0,424	0,012	0,037	0,0019	49,221	22,859	78,5
06/07/2020	0,991	0,425	0,011	0,033	0,0018	73,022	18,354	65,1
07/07/2020	0,871	0,399	0,010	0,029	0,0014	84,043	15,529	59,9
07/07/2020	0,840	0,394	0,010	0,029	0,0014	39,691	21,174	84,5
07/07/2020	0,853	0,398	0,010	0,028	0,0014	67,255	19,963	67,9
08/07/2020	0,836	0,393	0,010	0,028	0,0014	83,519	16,161	61,1
08/07/2020	0,850	0,397	0,010	0,028	0,0014	50,941	22,854	78,7
08/07/2020	0,912	0,410	0,010	0,029	0,0015	77,744	19,119	66,4
09/07/2020	0,856	0,396	0,010	0,029	0,0014	86,958	16,185	61,1
09/07/2020	0,820	0,389	0,009	0,028	0,0013	46,676	23,234	78,7
09/07/2020	0,857	0,398	0,010	0,029	0,0014	70,240	18,162	64,7
10/07/2020	0,852	0,397	0,010	0,029	0,0014	81,930	16,115	61,0

FECHA	Polvo (µg/m3)	UV	Presión (mbar o hPa)	Altitud (msnm)	Sonido (Db)	Velocidad Viento (km/h)	Pluviómetro (mm)
02/06/2020	4,9091	1,112	757,041	2.532	76	7	0
02/06/2020	4,959	0,035	757,377	2.532	65	5,106	0
03/06/2020	5,146	0,034	757,585	2.532	50	0,004	0
03/06/2020	5,458	1,072	756,438	2.532	75,1	3,30	0
03/06/2020	5,496	0,016	756,682	2.532	70	4,178	0
04/06/2020	5,496	0,031	756,741	2.532	45	0,047	0
04/06/2020	5,910	0,833	757,169	2.532	75,23	3,685	0
04/06/2020	5,728	0,055	756,813	2.532	66	0,899	0
05/06/2020	5,673	0,017	757,521	2.532	50	0,067	0
05/06/2020	6,038	0,413	759,326	2.532	78,29	1,920	0
05/06/2020	5,982	0,037	759,917	2.532	65	0,0196	0
06/06/2020	5,594	0,0280	759,389	2.532	45	0,112	0
06/06/2020	5,656	1,339	759,069	2.532	77	5,737	0
06/06/2020	5,510	0,064	758,858	2.532	73,63	1,882	0
07/06/2020	5,507	0,031	760,131	2.532	42	0,268	0
07/06/2020	5,846	0,952	759,231	2.532	73,95	3,825	0
07/06/2020	5,414	0,044	758,257	2.532	69	1,885	0
08/06/2020	5,382	0,021	759,268	2.532	48	0,001	0
08/06/2020	5,495	0,659	759,112	2.532	78	4,454	0
08/06/2020	5,582	0,038	758,751	2.532	72,87	0,896	0
09/06/2020	5,739	0,034	758,474	2.532	53	0,043	0
09/06/2020	5,624	1,453	757,741	2.532	77	16,963	0
09/06/2020	5,288	0,0427	757,536	2.532	62	1,913	0
10/06/2020	5,350	0,0234	758,290	2.532	47	0,001	0
10/06/2020	5,385	0,768	758,179	2.532	76,13	3,699	0
10/06/2020	5,384	0,067	757,588	2.532	62	3,805	0
11/06/2020	5,378	0,0282	758,998	2.532	55	0,215	0
11/06/2020	5,431	0,702	758,000	2.532	76,14	4,589	0
11/06/2020	5,416	0,040	757,437	2.532	63	4,052	0
12/06/2020	5,377	0,019	758,324	2.532	51	0,156	0
12/06/2020	5,814	1,320	757,384	2.532	76,56	21,081	0
12/06/2020	5,561	0,034	756,212	2.532	59	7,408	0
13/06/2020	5,482	0,028	756,986	2.532	50	18,526	0
13/06/2020	5,446	1,302	756,337	2.532	75,32	6,802	0
13/06/2020	5,332	0,071	755,850	2.532	72,68	3,273	0
26/06/2020	5,668	1,482	757	2.524	79	19,960	0
26/06/2020	5,775	0,075	756	2.524	68	6,290	0
27/06/2020	5,675	0,032	757	2.524	56	8,900	0
27/06/2020	5,660	1,878	757	2.524	79	16,396	0
27/06/2020	5,741	0,107	757	2.524	71	5,863	0
28/06/2020	5,611	0,017	757	2.524	58	0,582	0
28/06/2020	5,792	1,300	757	2.524	79	11,799	0
28/06/2020	5,860	0,110	756	2.524	73	5,786	0

29/06/2020	6,093	0,032	757	2.524	55	1,125	0
29/06/2020	6,089	1,086	758	2.524	81	11,664	0
29/06/2020	6,263	0,092	757	2.524	75	1,714	0
30/06/2020	6,196	0,065	757	2.524	57	0,644	0
30/06/2020	5,814	3,099	757	2.524	78	18,782	0
30/06/2020	6,032	0,082	756	2.524	75	7,885	0
01/07/2020	5,716	0,042	757	2.524	69	1,533	0
01/07/2020	5,524	2,225	756	2.524	79	17,103	0
01/07/2020	5,521	0,114	756	2.524	75	10,002	0
02/07/2020	5,930	0,036	757	2.524	62	1,523	0
02/07/2020	6,200	0,926	756	2.524	80	10,233	0
02/07/2020	6,172	0,035	757	2.524	75	1,210	0
03/07/2020	6,115	0,026	757	2.524	56	1,706	0
03/07/2020	6,155	1,641	757	2.524	77	7,430	0
03/07/2020	5,862	0,098	756	2.524	72	2,421	0
04/07/2020	5,493	0,049	757	2.524	70	0,567	0
04/07/2020	5,602	2,047	757	2.524	77	9,042	0
04/07/2020	5,642	0,139	757	2.524	71	5,591	0
05/07/2020	5,796	0,067	757	2.524	61	1,305	0
05/07/2020	6,999	2,726	757	2.524	75	10,775	0
05/07/2020	7,229	0,087	757	2.524	70	2,252	0
06/07/2020	8,084	0,053	758	2.524	68	1,539	0
06/07/2020	8,135	1,520	758	2.524	79	9,408	0
06/07/2020	7,209	0,099	758	2.524	74	2,249	0
07/07/2020	6,114	0,027	758	2.524	55	1,025	0
07/07/2020	6,118	2,374	757	2.524	78	10,286	0
07/07/2020	6,002	0,147	756	2.524	72	5,844	0
08/07/2020	6,018	0,020	757	2.524	68	1,426	0
08/07/2020	6,035	1,989	757	2.524	78	7,206	0
08/07/2020	6,050	0,072	756	2.524	71	1,724	0
09/07/2020	6,142	0,047	757	2.524	55	1,262	0
09/07/2020	5,948	1,987	757	2.524	80	16,206	0
09/07/2020	6,033	0,104	757	2.524	75	7,139	0
10/07/2020	6,137	0,027	758	2.524	64	0,274	0
10/07/2020	6,999	2,726	757	2.524	74	10,816	0

Anexo 2. Valores promedio octohorarios de la Estación Meteorológica de la EMOV.

Fecha	mg/m3				PPM			
	CO	NO2	O3	SO2	CO	NO2	O3	SO2
26/06/2020	0,649705	0,01827247	0,02817163	0,00499413	0,5608	0,0096	0,0142	0,0019
	0,83194	0,0197158	0,03560193	0,01010539	0,7181	0,0104	0,0179	0,0038
	0,7608575	0,019094	0,03750039	0,00268457	0,6567	0,0100	0,0189	0,0010
27/06/2020	0,674095	0,01856692	0,02901532	0,00583868	0,5818	0,0098	0,0146	0,0022
	0,70756125	14,9659625	0,03774758	0,00826029	0,6107	7,8628	0,0190	0,0031
	0,790955	0,01783519	0,04246769	0,00802822	0,6827	0,0094	0,0214	0,0030
28/06/2020	0,76539375	0,01857777	0,02278806	0,00892653	0,6606	0,0098	0,0115	0,0034
	0,6315875	0,01330353	0,04042193	0,01668743	0,5451	0,0070	0,0204	0,0063
	0,54084625	0,0103913	0,04855452	0,00991551	0,4668	0,0055	0,0244	0,0037
29/06/2020	0,46673	0,01360997	0,02467486	0,01166988	0,4028	0,0072	0,0124	0,0044
	0,82576875	0,01817647	0,0373033	0,01293791	0,7127	0,0095	0,0188	0,0049
	0,94638	0,02946439	0,03889164	0,00735187	0,8168	0,0155	0,0196	0,0028
30/06/2020	0,77736875	0,02192936	0,0243625	0,00637988	0,6710	0,0115	0,0123	0,0024
	0,75112625	0,01634952	0,0446424	0,00962528	0,6483	0,0086	0,0225	0,0036
	0,79957625	0,02290307	0,04122855	0,00753329	0,6901	0,0120	0,0208	0,0028
01/07/2020	0,66024125	0,01706001	0,03223848	0,00587071	0,5699	0,0090	0,0162	0,0022
	0,82334375	0,01893071	0,04171174	0,00947085	0,7107	0,0099	0,0210	0,0036
	0,80056875	0,02126978	0,04134418	0,00638811	0,6910	0,0112	0,0208	0,0024
02/07/2020	0,589015	0,01303338	0,03299907	0,00471431	0,5084	0,0068	0,0166	0,0018
03/07/2020	0,58553125	0,01860872	0,01726035	0,00693467	0,5054	0,0098	0,0087	0,0026
	0,84091	0,02062679	0,03753819	0,01141799	0,7258	0,0108	0,0189	0,0043
	1,15264875	0,035464	0,03134929	0,00733203	0,9949	0,0186	0,0158	0,0028
04/07/2020	0,86332	0,02287069	0,02077614	0,00587209	0,7452	0,0120	0,0105	0,0022
	0,80408875	0,01491002	0,03799294	0,00759514	0,6940	0,0078	0,0191	0,0029
	0,6874375	0,01455243	0,04344413	0,00500996	0,5933	0,0076	0,0219	0,0019
05/07/2020	0,6114175	0,01196338	0,03385021	0,00619934	0,5277	0,0063	0,0170	0,0023
	0,61325	0,0086153	0,04651883	0,00872078	0,5293	0,0045	0,0234	0,0033
	0,59630625	0,00969766	0,04939791	0,00509843	0,5147	0,0051	0,0249	0,0019
06/07/2020	0,63888125	0,0124281	0,0279172	0,00894661	0,5514	0,0065	0,0141	0,0034
	0,899115	0,01966989	0,03611045	0,0106441	0,7761	0,0103	0,0182	0,0040
	0,859635	0,02350879	0,03731398	0,00460202	0,7420	0,0124	0,0188	0,0017
07/07/2020	0,56093875	0,01478889	0,01754653	0,00444921	0,4842	0,0078	0,0088	0,0017
	0,8319725	0,01823204	0,04174598	0,0069672	0,7181	0,0096	0,0210	0,0026
	0,73965	0,01709007	0,0475364	0,00415997	0,6384	0,0090	0,0239	0,0016
08/07/2020	0,5795925	0,00929228	0,03815254	0,0045209	0,5003	0,0049	0,0192	0,0017
	0,89072875	0,02141758	0,03636813	0,010684	0,7688	0,0113	0,0183	0,0040
	0,88618625	0,02653552	0,04020047	0,00516449	0,7649	0,0139	0,0202	0,0020
09/07/2020	0,7048575	0,02012068	0,02528633	0,00974371	0,6084	0,0106	0,0127	0,0037
	0,81113875	0,01614775	0,03587723	0,01210182	0,7001	0,0085	0,0181	0,0046
	0,87653125	0,0207896	0,03684456	0,0102587	0,7566	0,0109	0,0186	0,0039
10/07/2020	0,86581375	0,02493367	0,0211493	0,01830964	0,7473	0,0131	0,0106	0,0069

	0,918925	0,0215347	0,03712031	0,01090192	0,7931	0,0113	0,0187	0,0041
	0,9080375	0,02566778	0,04175106	0,00454867	0,7838	0,0135	0,0210	0,0017

Anexo 3. Datasheet Sensor MQ-7.

TECHNICAL DATA MQ-7 GAS SENSOR

FEATURES

- * High sensitivity to carbon monoxide
- * Stable and long life

APPLICATION

They are used in gas detecting equipment for carbon monoxide(CO) in family and industry or car.

SPECIFICATIONS

A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remark
Vc	circuit voltage	5V ± 0.1	Ac or Dc
V _H (H)	Heating voltage (high)	5V ± 0.1	Ac or Dc
V _H (L)	Heating voltage (low)	1.4V ± 0.1	Ac or Dc
R _L	Load resistance	Can adjust	
R _H	Heating resistance	33 Ω ± 5%	Room temperature
T _H (H)	Heating time (high)	60 ± 1 seconds	
T _H (L)	Heating time (low)	90 ± 1 seconds	
PH	Heating consumption	About 350mW	

b. Environment conditions

Symbol	Parameters	Technical conditions	Remark
T _{ao}	Using temperature	-20 ℃ -50 ℃	
T _{as}	Storage temperature	-20 ℃ -50 ℃	Advice using scope
RH	Relative humidity	Less than 95%RH	
O ₂	Oxygen concentration	21%(stand condition) the oxygen concentration can affect the sensitivity characteristic	Minimum value is over 2%

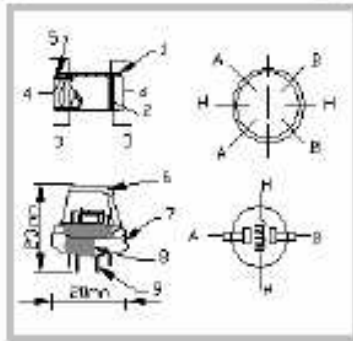
c. Sensitivity characteristic

symbol	Parameters	Technical parameters	Remark
R _s	Surface resistance Of sensitive body	2-20k	In 100ppm Carbon Monoxide
α (300/100ppm)	Concentration slope rate	Less than 0.5	R _s (300ppm)/R _s (100ppm)
Standard working condition	Temperature -20 ℃ ± 2 ℃ V _c :5V ± 0.1V V _H :5V ± 0.1V V _H :1.4V ± 0.1V	relative humidity 65% ± 5%	RL:10K Ω ± 5%
Preheat time	No less than 48 hours	Detecting range: 20ppm-2000ppm carbon monoxide	

D. Structure and configuration, basic measuring circuit

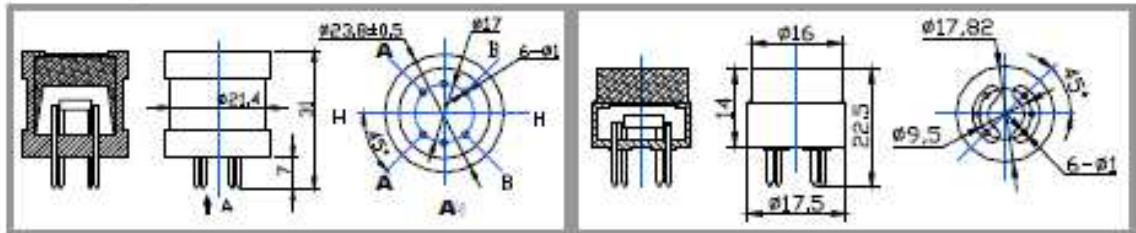
Structure and configuration of MQ-7 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration A or B), sensor composed by micro AL₂O₃ ceramic tube, Tin Dioxide (SnO₂) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of sensitive components. The enveloped MQ-7 have

6 pin ,4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.



Parts	Materials
1 Gas sensing layer	SnO ₂
2 Electrode	Au
3 Electrode line	Pt
4 Heater coil	Ni-Cr alloy
5 Tubular ceramic	Al ₂ O ₃
6 Anti-explosion network	Stainless steel gauze (SUS316 100-mesh)
7 Clamp ring	Copper plating Ni
8 Resin base	Bakelite
9 Tube Pin	Copper plating Ni

Fig.1



Standard circuit:

As shown in Fig 2, standard measuring circuit of MQ-7 sensitive components consists of 2 parts. one is heating circuit having time control function (the high voltage and the low voltage work circularly). The second is the signal output circuit, it can accurately respond changes of surface resistance of the sensor.

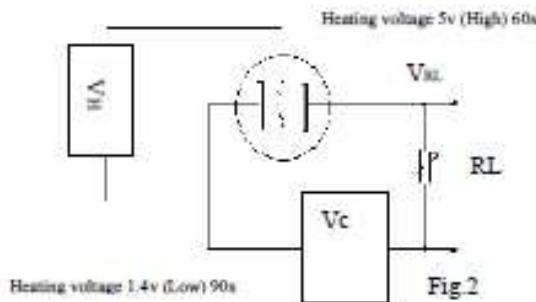


Fig.2

Electric parameter measurement circuit is shown as Fig.2

E. Sensitivity characteristic curve

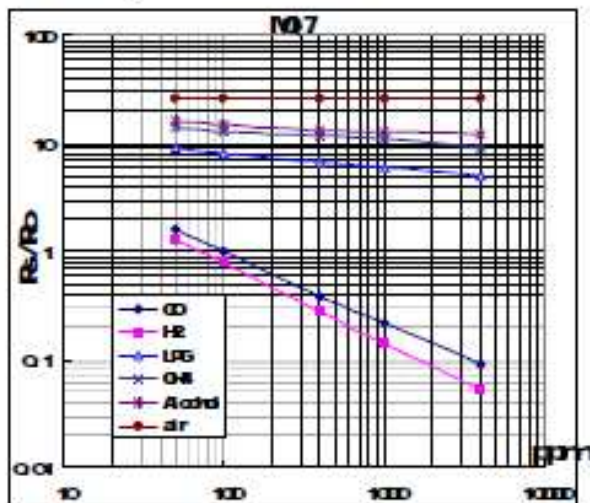


Fig.3 sensitivity characteristics of the MQ-7

Fig.3 shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-7 for several gases. in their Temp: 20℃, Humidity: 65%, O₂ concentration 21%, RL=10kΩ. R₀: sensor resistance at 100ppm CO in the clean air. R_s: sensor resistance at various concentrations of gases.

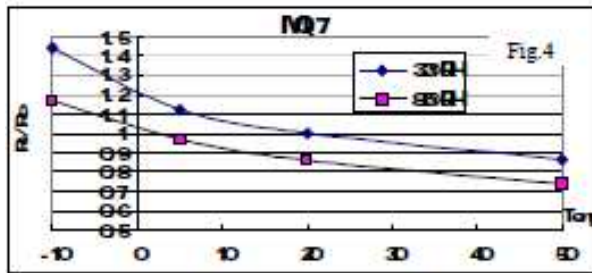


Fig.4 is shows the typical dependence of the MQ-7 on temperature and humidity.

R_0 : sensor resistance at 100ppm CO in air at 33%RH and 20degree

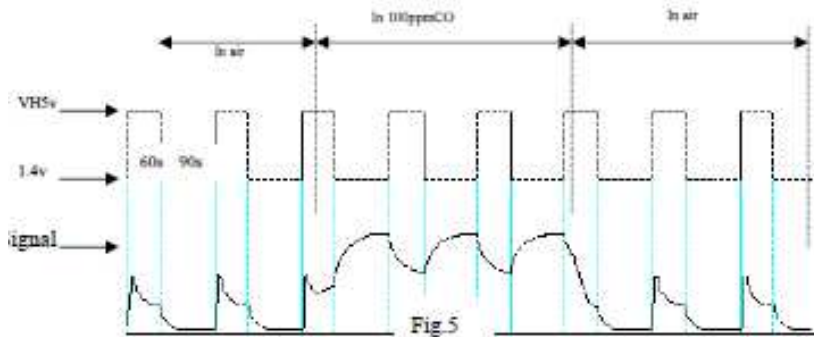
R_s : sensor resistance at 100ppm CO at different temperatures and humidities.

OPERATION PRINCIPLE

The surface resistance of the sensor R_s is obtained through effected voltage signal output of the load resistance R_L which series-wound. The relationship between them is described.

$$R_s/R_L = (V_c - V_{RL}) / V_{RL}$$

Fig. 5 shows alterable situation of R_L signal output measured by using Fig. 2 circuit output



signal when the sensor is shifted from clean air to carbon monoxide (CO), output signal measurement is made within one or two complete heating period (2.5 minute from high voltage to low voltage).

Sensitive layer of MQ-7 gas sensitive components is made of SnO_2 with stability, So, it has excellent long term stability. Its service life can reach 5 years under using condition.

SENSITIVITY ADJUSTMENT

Resistance value of MQ-7 is difference to various kinds and various concentration gases. So, When using this components, sensitivity adjustment is very necessary. we recommend that you calibrate the detector for 200ppm CO in air and use value of Load resistance that(R_L) about 10 K Ω (5K Ω to 47 K Ω).

When accurately measuring, the proper alarm point for the gas detector should be determined after considering the temperature and humidity influence. The sensitivity adjusting program:

- Connect the sensor to the application circuit.
- Turn on the power, keep preheating through electricity over 48 hours.
- Adjust the load resistance R_L until you get a signal value which is respond to a certain carbon monoxide concentration at the end point of 90 seconds.
- Adjust the another load resistance R_L until you get a signal value which is respond to a CO concentration at the end point of 60 seconds.

Anexo 4. Datasheet Sensor MQ-131.

TECHNICAL DATA

MQ-131 GAS SENSOR

FEATURES

- Fast response and High sensitivity
- Stable and long life
- Simple drive circuit
- Wide detecting range

APPLICATION

They are used in air quality control equipments for buildings/offices, are suitable for detecting Of O₂.



SPECIFICATIONS

A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
V _c	Circuit voltage	5V±0.1	AC OR DC
V _H	Heating voltage	6V±0.1	AC OR DC
R _L	Load resistance	Variable	
R _H	Heater resistance	31Ω ± 5%	Room Tem
P _H	Heating consumption	Less than 1100mw	

B. Environment condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
T _{ao}	Using Tem	-10℃-50℃	
T _{as}	Storage Tem	-20℃-70℃	
R _h	Related humidity	Less than 95%RH	

C. Sensitivity characteristic

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Remark 2
R _s	Sensing Resistance	100KΩ-200KΩ (50ppb O ₂)	Detecting concentration scope: 10ppb-2ppm O ₂
α O ₂ (100ppb/50ppb)	Concentration Slope rate	<0.65	
Standard Detecting Condition	Temp: 20℃ ± 2℃ Humidity: 65% ± 5%	V _c : 5V ± 0.1 V _H : 6V ± 0.1	
Preheat time	Over 24 hour		

D. Structure and configuration, basic measuring circuit

Parts	Materials
1 Gas sensing layer	SnO ₂
2 Electrode	Au
3 Electrode line	Pt
4 Heater coil	Ni-Cr alloy
5 Tubular ceramic	Al ₂ O ₃
6 Anti-explosion network	Stainless steel gauze (SUS316 100-mesh)
7 Clamp ring	Copper plating Ni
8 Resin base	Bakelite
9 Tube Pin	Copper plating Ni

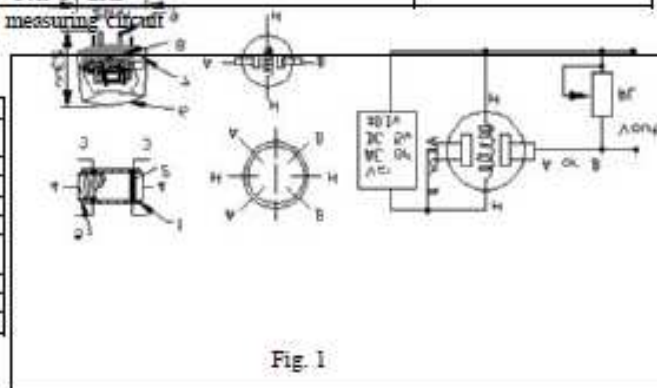
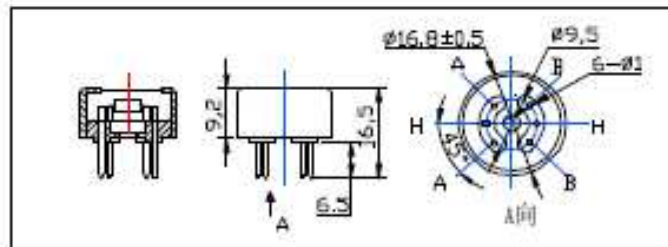


Fig. 1



Structure and configuration of MQ-131 gas sensor is shown as Fig.1, sensor composed by micro AL_2O_3 ceramic tube, Metal-oxide semiconductor sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by nylon and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of sensitive components. The enveloped MQ-131 have 6 pin ,4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.

Electric parameter measurement circuit is shown as above Fig.1.

E. Sensitivity characteristic curve

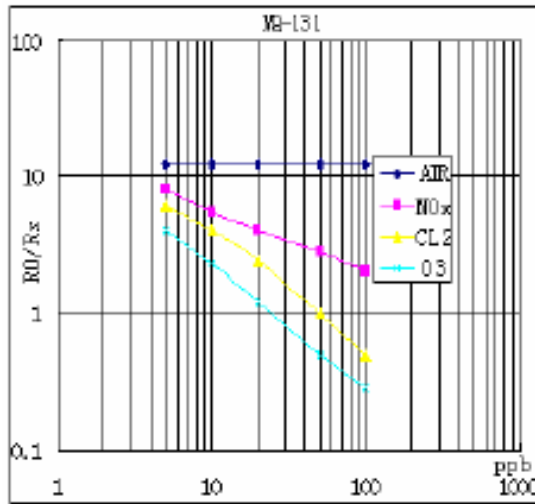


Fig.3 shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-131 for several gases. in their: Temp: 20℃, Humidity: 65%, O₂ concentration 21%, RL=20kΩ. R₀: sensor resistance in the clean air. R_s: sensor resistance at various concentrations of gases.

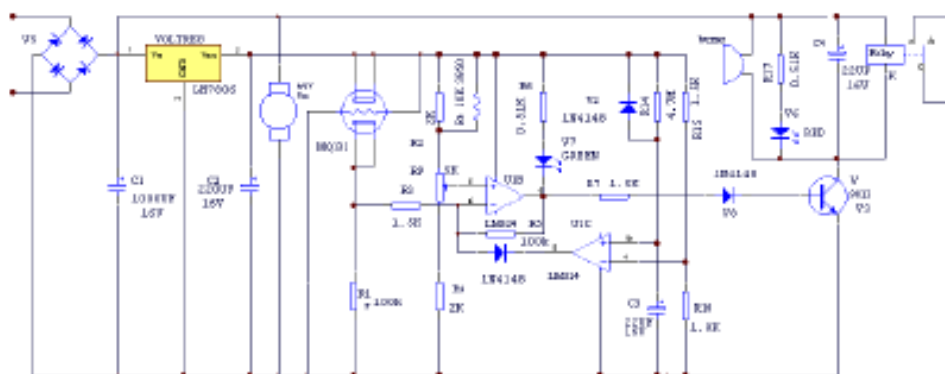
Fig.3 sensitivity characteristics of the MQ-131

APPLICATION

Concentration gases. When using this components, sensitivity adjustment is very necessary. we recommend that you calibrate the detector for 50ppb O₃ in air and use value of Load resistance that(R_L) about 100 KΩ(50KΩ to 200 KΩ). When accurately measuring, the proper alarm point for the gas detector should be determined after considering the temperature and humidity influence.

Noting: there are a round hole in the up and down side of the sensors, this design enable the sensor inner gas to exchange better with outside air, and the sensor shall has higher sensitivity, quicker response and resume time with a fan .

REFERENCE APPLICATION CIRCUIT:



Anexo 5. Datasheet Sensor MQ-135.

TECHNICAL DATA

MQ-135 GAS SENSOR

FEATURES

- Wide detecting scope
- Stable and long life
- Fast response and High sensitivity
- Simple drive circuit

APPLICATION

They are used in air quality control equipments for buildings/offices, are suitable for detecting of NH₃, NO_x, alcohol, Benzene, smoke, CO₂, etc.

SPECIFICATIONS

A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
V _c	Circuit voltage	5V±0.1	AC OR DC
V _H	Heating voltage	5V±0.1	AC OR DC
R _L	Load resistance	can adjust	
R _H	Heater resistance	33 Ω ± 5%	Room Tem
P _H	Heating consumption	less than 800mw	

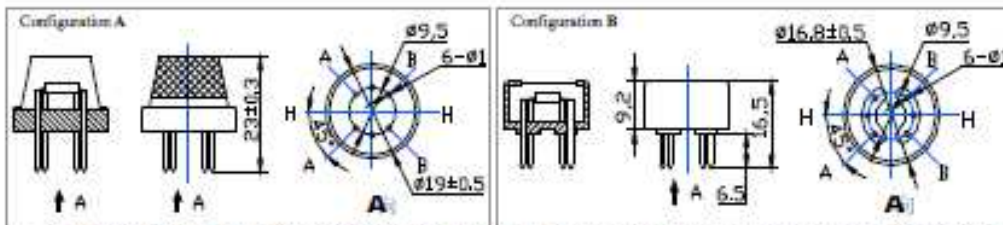
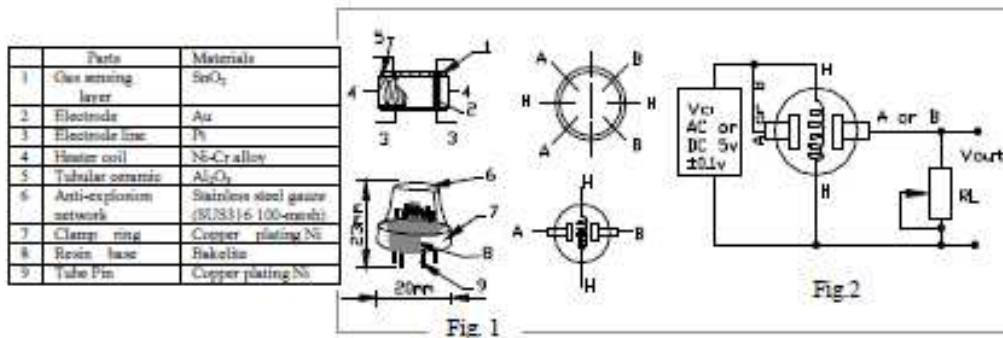
B. Environment condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
T _{ao}	Using Tem	-10℃~45℃	
T _{as}	Storage Tem	-20℃~70℃	
R _H	Relative humidity	less than 95%Rh	
O ₂	Oxygen concentration	21%(standard condition)Oxygen concentration can affect sensitivity	minimum value is over 2%

C. Sensitivity characteristic

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Remark 2
R _s	Sensing Resistance	30K Ω ~200K Ω (100ppm NH ₃)	Detecting concentration scope: 10ppm-300ppm NH ₃ 10ppm-1000ppm Benzene 10ppm-300ppm Alcohol
(200/50) NH ₃	Concentration Slope rate	≤ 0.65	
Standard Detecting Condition	Temp: 20℃ ± 2℃ Humidity: 65% ± 5%	V _c : 5V ± 0.1 V _H : 5V ± 0.1	
Preheat time	Over 24 hour		

D. Structure and configuration, basic measuring circuit



Structure and configuration of MQ-135 gas sensor is shown as Fig 1 (Configuration A or B), sensor composed by micro AL₂O₃ ceramic tube, Tin Dioxide (SnO₂) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of

sensitive components. The enveloped MQ-135 have 6 pin ,4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.

Electric parameter measurement circuit is shown as Fig.2

E. Sensitivity characteristic curve

Fig.2 sensitivity characteristics of the MQ-135

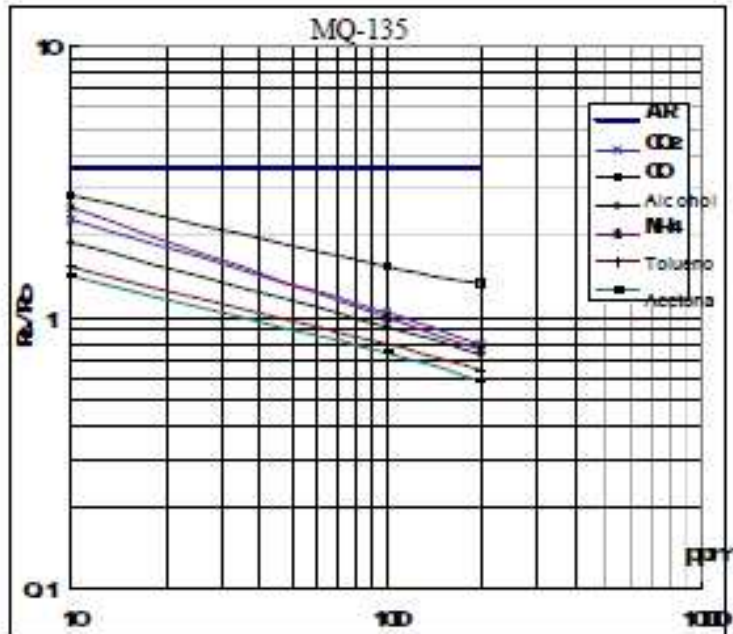


Fig.3 shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-135 for several gases.

in their: Temp: 20 °C.

Humidity: 65%.

O₂ concentration 21%.

RL=20k Ω

R₀: sensor resistance at 100ppm of NH₃ in the clean air.

R_s: sensor resistance at various concentrations of gases.

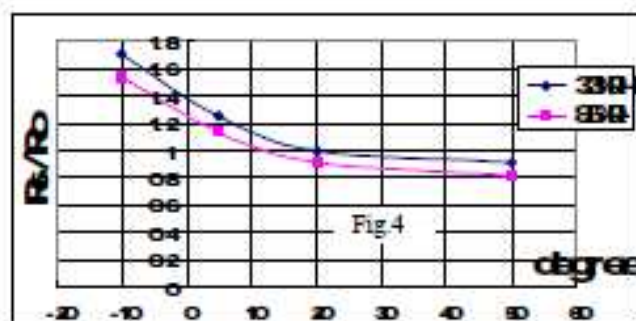


Fig.4 shows the typical dependence of the MQ-135 on temperature and humidity.

R₀: sensor resistance at 100ppm of NH₃ in air at 33%RH and 20 degree.

R_s: sensor resistance at 100ppm of NH₃ at different temperatures and humidities.

SENSITIVITY ADJUSTMENT

Resistance value of MQ-135 is difference to various kinds and various concentration gases. So, When using this components, sensitivity adjustment is very necessary. we recommend that you calibrate the detector for 100ppm NH₃ or 50ppm Alcohol concentration in air and use value of Load resistance that (R_L) about 20 K Ω (10K Ω to 47 K Ω).

When accurately measuring, the proper alarm point for the gas detector should be determined after considering the temperature and humidity influence.



Anexo 6. Datasheet Sensor MQ-136.

HANWEI ELECTRONICS CO.,LTD

MQ-136

http://www.hwsensor.com

TECHNICAL DATA

MQ-136 GAS SENSOR

FEATURES

- Fast response and High sensitivity
- Stable and long life
- Simple drive circuit

APPLICATION

They are used in air quality control equipments for buildings/offices, are suitable for detecting of H₂S.

SPECIFICATIONS

A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
V _c	Circuit voltage	5V±0.1	AC OR DC
V _H	Heating voltage	5V±0.1	AC OR DC
R _L	Load resistance	can adjust	
R _H	Heater resistance	31Ω ± 5%	Room Temp
P _H	Heating consumption	less than 800mw	

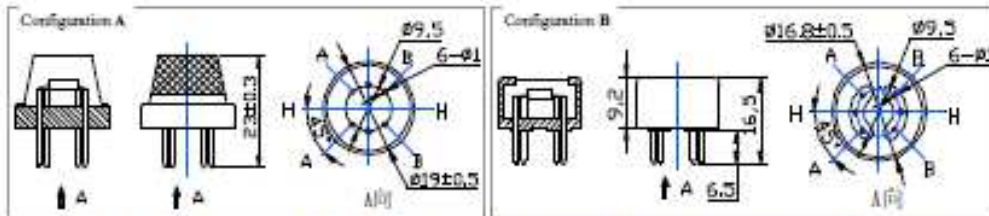
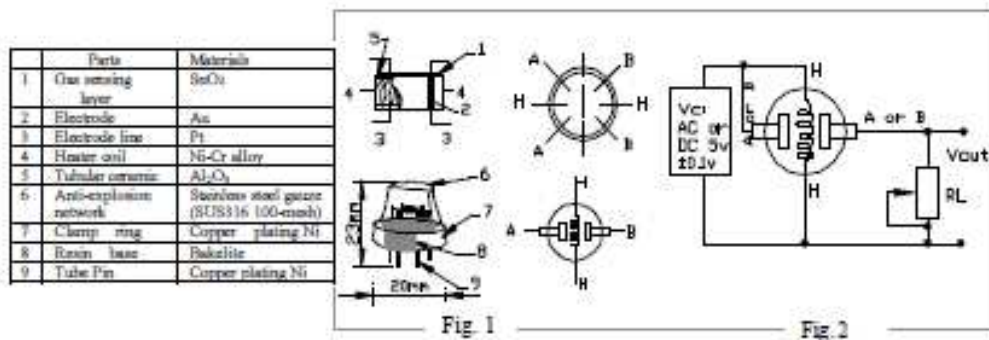
B. Environment condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
T _{ao}	Using Temp	-10℃~45℃	
T _{as}	Storage Temp	-20℃~70℃	
R _h	Relative humidity	less than 95%Rh	
O ₂	Oxygen concentration	21% (standard condition) Oxygen concentration can affect sensitivity	minimum value is over 2%

C. Sensitivity characteristic

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Remark 2
R _s	Sensing Resistance	30KΩ~200KΩ (10ppm H ₂ S)	Detecting concentration scope: 1-100ppm H ₂ S
α (20/5) H ₂ S	Concentration Slope rate	<0.65	
Standard Detecting Condition	Temp: 20℃ ± 2℃ Humidity: 65% ± 5%	V _c : 5V ± 0.1 V _H : 5V ± 0.1	
Preheat time	Over 24 hour		

D. Structure and configuration, basic measuring circuit



Structure and configuration of MQ-136 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration A or B), sensor composed by micro AL₂O₃ ceramic tube, Tin Dioxide (SnO₂) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of

sensitive components. The enveloped MQ-136 have 6 pin ,4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.

Electric parameter measurement circuit is shown as Fig.2

E. Sensitivity characteristic curve

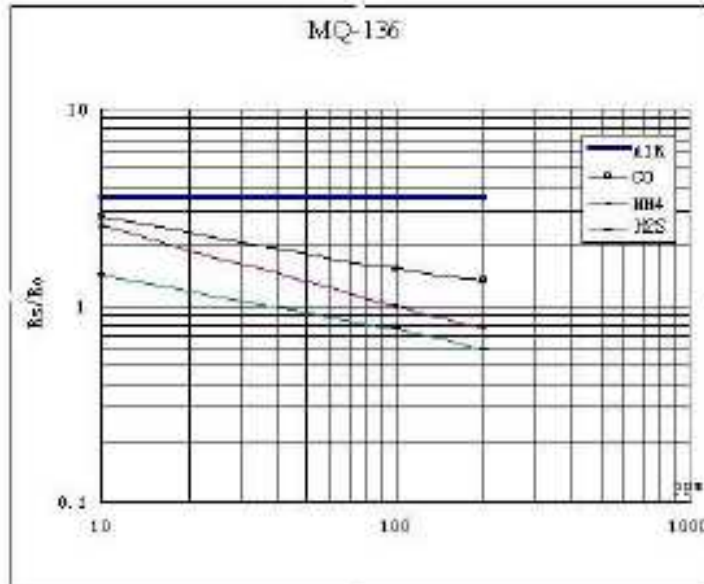


Fig.3 shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-136 for several gases. in their: Temp: 20°C, Humidity: 65%, O₂ concentration 21%, RL=20kΩ. Ro: sensor resistance at 10ppm of H₂S in the clean air. Rs: sensor resistance at various concentrations of gases.

Fig.3 sensitivity characteristics of the MQ-136

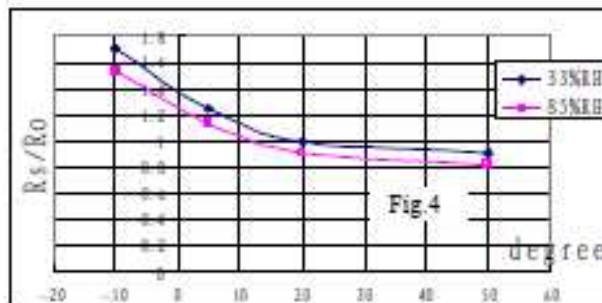


Fig.4 shows the typical dependence of the MQ-136 on temperature and humidity. Ro: sensor resistance at 10ppm of H₂S at 33%RH and 20 degree. Rs: sensor resistance at 10ppm of H₂S at different temperatures and humidity.

SENSITIVITY ADJUSTMENT

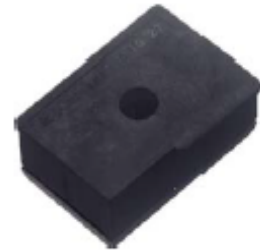
Resistance value of MQ-136 is difference to various kinds and various concentration gases. So, When using this components, sensitivity adjustment is very necessary. we recommend that you calibrate the detector for 10ppm H₂S concentration in air and use value of Load resistance that(R_L) about 20 KΩ(10KΩ to 47 KΩ).

When accurately measuring, the proper alarm point for the gas detector should be determined after considering the temperature and humidity influence.



GP2Y1010AU0F

Compact Optical Dust Sensor



■ Description

GP2Y1010AU0F is a dust sensor by optical sensing system.

An infrared emitting diode (IRED) and an phototransistor are diagonally arranged into this device.

It detects the reflected light of dust in air.

Especially, it is effective to detect very fine particle like the cigarette smoke.

In addition it can distinguish smoke from house dust by pulse pattern of output voltage.

■ Features

1. Compact, thin package (46.0 × 30.0 × 17.6 mm)
2. Low consumption current (I_{cc}: MAX. 20 mA)
3. The presence of dust can be detected by the photometry of only one pulse
4. Enable to distinguish smoke from house dust
5. Lead-free and RoHS directive compliant

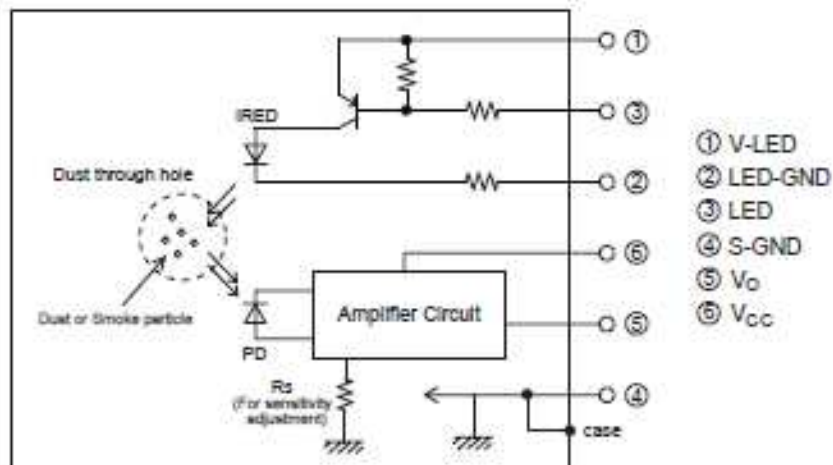
■ Compliance

1. Compliant with RoHS directive (2002/95/EC)

■ Applications

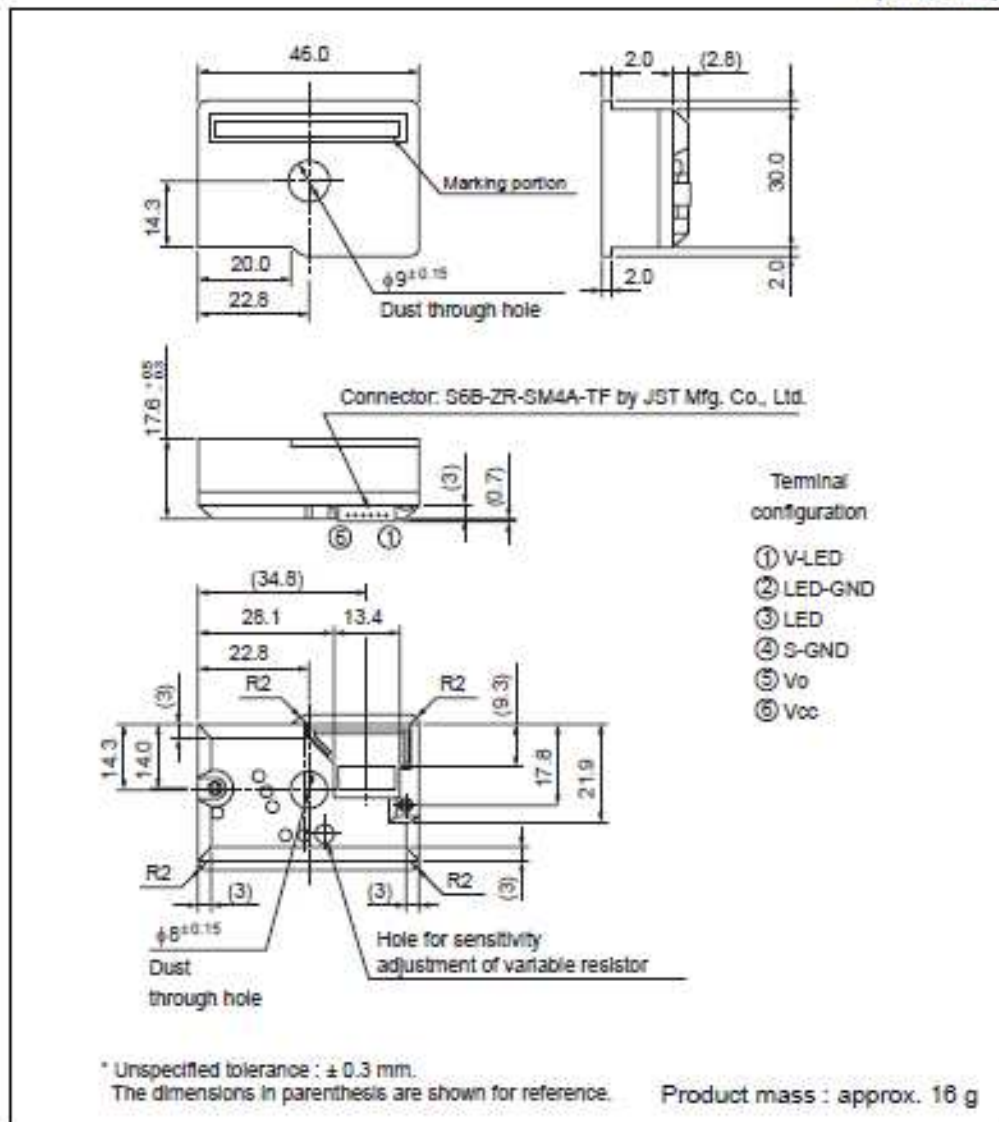
1. Detecting of dust in the air.
2. Example: Air purifier, Air conditioner, Air monitor

■ Internal schematic



■ Outline Dimensions

(Unit : mm)



■ Absolute Maximum Ratings

(T_a=25°C)

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Supply voltage	V _{CC}	-0.3 to +7	V
*1 Input terminal voltage	V _{LED}	-0.3 to V _{CC}	V
Operating temperature	T _{OP}	-10 to +65	°C
Soldering temperature	T _{sol}	-20 to +80	°C

*1 Open drain drive input

■ Electro-optical Characteristics

(T_a=25°C, V_{CC}=5V)

Parameter	Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit
Sensitivity	K	*1 *2 *3	0.35	0.5	0.65	V/(0.1mg/m ³)
Output voltage at no dust	V _{OC}	*2 *3	0	0.9	1.5	V
Output voltage range	V _{OH}	*2 *3 R _L =4.7kΩ	3.4	-	-	V
LED terminal current	I _{LED}	*2 LED terminal voltage = 0	-	10	20	mA
Consumption current	I _{CC}	*2 R _L =∞	-	11	20	mA

*1 Sensitivity is specified by the amount of output voltage change when dust density changes by 0.1 mg/m³.
And the dust density for detection is a value of the density of cigarette (MILD SEVEN®) smoke measured by the digital dust monitor (P-3L2: manufactured by SHIBATA SCIENTIFIC TECHNOLOGY LTD.).

*2 Input condition is shown in Fig. 1

*3 Output sampling timing is shown in Fig. 2

■ Recommended input condition for LED input terminal

Parameter	Symbol	Value	Unit
Pulse Cycle	T	10 ± 1	ms
Pulse Width	PW	0.32 ± 0.02	ms
Operating Supply voltage	V _{CC}	5 ± 0.5	V

Fig. 1 Input Condition for LED Input Terminal

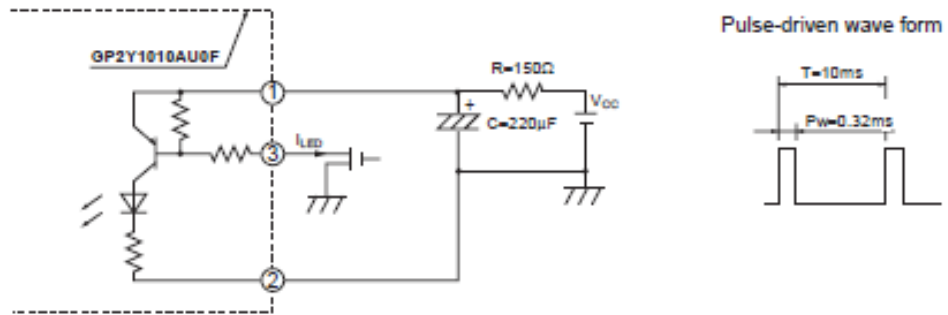


Fig. 2 Sampling Timing of Output Pulse

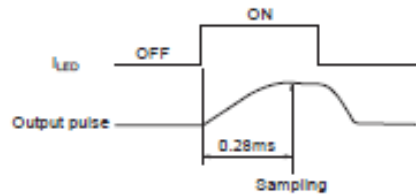
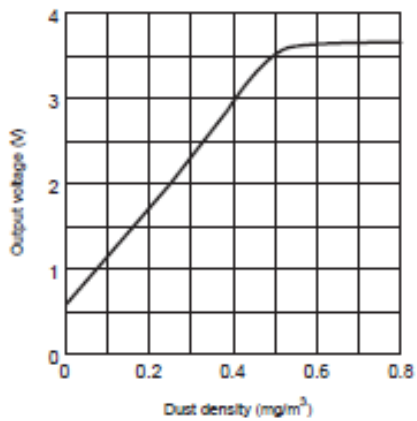



Fig. 3 Output Voltage vs. Dust Density



Remarks : Please be aware that all data in the graph are just for reference and are not for guarantee.

 BOSCH	Data sheet BMP180	Page 6
--	----------------------	--------

1. Electrical characteristics

If not stated otherwise, the given values are ± 3 -Sigma values over temperature/voltage range in the given operation mode. All values represent the new parts specification; additional solder drift is shown separately.

Table 1: Operating conditions, output signal and mechanical characteristics

Parameter	Symbol	Condition	Min	Typ	Max	Units
Operating temperature	T_A	operational	-40		+85	°C
		full accuracy	0		+65	
Supply voltage	V_{DD}	ripple max. 50mVpp	1.8	2.5	3.6	V
			1.62	2.5	3.6	
Supply current @ 1 sample / sec. 25°C	I_{DDLOW}	ultra low power mode		3		μA
	I_{DDSTD}	standard mode		5		μA
	I_{DDHR}	high resolution mode		7		μA
	I_{DDUHR}	Ultra high res. mode		12		μA
	I_{DDAR}	Advanced res. mode		32		μA
Peak current	I_{peak}	during conversion		650	1000	μA
Standby current	I_{DDSBM}	@ 25°C		0.1	4 ¹	μA
Relative accuracy pressure $V_{DD} = 3.3V$		950 ... 1050 hPa @ 25 °C		± 0.12		hPa
				± 1.0		m
		700 ... 900hPa 25 ... 40 °C		± 0.12		hPa
				± 1.0		m
Absolute accuracy pressure $V_{DD} = 3.3V$		300 ... 1100 hPa 0 ... +65 °C	-4.0	-1.0 [*]	+2.0	hPa
		300 ... 1100 hPa -20 ... 0 °C	-6.0	-1.0 [*]	+4.5	hPa
Resolution of output data		pressure		0.01		hPa
		temperature		0.1		°C
Noise in pressure		see table on page 12-13				
Absolute accuracy temperature $V_{DD} = 3.3V$		@ 25 °C	-1.5	± 0.5	+1.5	°C
		0 ... +65 °C	-2.0	± 1.0	+2.0	°C

Conversion time pressure	$t_{c_p_low}$	ultra low power mode		3	4.5	ms
	$t_{c_p_std}$	standard mode		5	7.5	ms
	$t_{c_p_hr}$	high resolution mode		9	13.5	ms
	$t_{c_p_luhr}$	ultra high res. mode		17	25.5	ms
	$t_{c_p_ar}$	Advanced res. mode		51	76.5	ms
Conversion time temperature	t_{c_temp}	standard mode		3	4.5	ms
Serial data clock	f_{SCL}				3.4	MHz
Solder drifts		Minimum solder height 50 μ m	-0.5		+2	hPa
Long term stability**		12 months		± 1.0		hPa

* The typical value is: -1 ± 1

** Long term stability is specified in the full accuracy operating pressure range 0 ... 65°C

2. Absolute maximum ratings

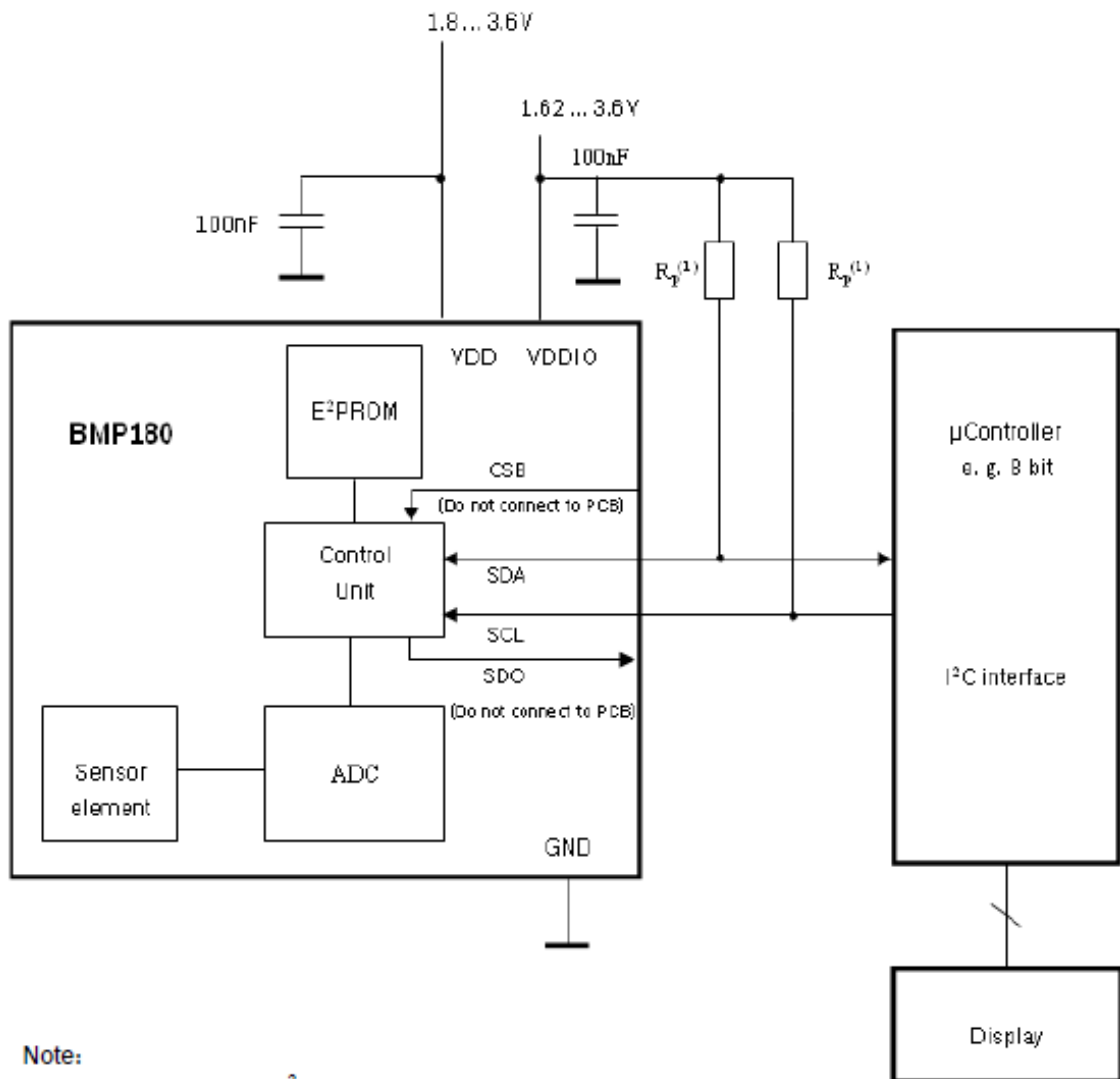
Table 2: Absolute maximum ratings

Parameter	Condition	Min	Max	Units
Storage temperature		-40	+85	°C
Supply voltage	all pins	-0.3	+4.25	V
ESD rating	HBM, R = 1.5k Ω , C = 100pF		± 2	kV
Overpressure			10,000	hPa

The BMP180 has to be handled as



Electrostatic Sensitive Device (ESD).

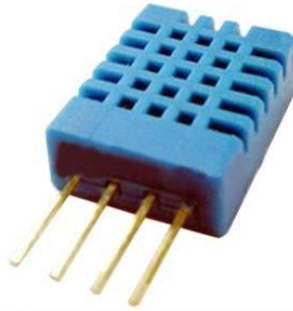


Note:

(1) Pull-up resistors for I²C bus, R_p = 2.2kΩ ... 10kΩ, typ. 4.7kΩ

Figure 2: Typical application circuit

DHT 11 Humidity & Temperature Sensor



1. Introduction

DHT11 Temperature & Humidity Sensor features a temperature & humidity sensor complex with a calibrated digital signal output. By using the exclusive digital-signal-acquisition technique and temperature & humidity sensing technology, it ensures high reliability and excellent long-term stability. This sensor includes a resistive-type humidity measurement component and an NTC temperature measurement component, and connects to a high-performance 8-bit microcontroller, offering excellent quality, fast response, anti-interference ability and cost-effectiveness.

Each DHT11 element is strictly calibrated in the laboratory that is extremely accurate on humidity calibration. The calibration coefficients are stored as programmes in the OTP memory, which are used by the sensor's internal signal detecting process. The single-wire serial interface makes system integration quick and easy. Its small size, low power consumption and up-to-20 meter signal transmission making it the best choice for various applications, including those most demanding ones. The component is 4-pin single row pin package. It is convenient to connect and special packages can be provided according to users' request.

2. Technical Specifications:

Overview:

Item	Measurement Range	Humidity Accuracy	Temperature Accuracy	Resolution	Package
DHT11	20-90%RH 0-50 °C	±5%RH	±2°C	1	4 Pin Single Row

Detailed Specifications:

Parameters	Conditions	Minimum	Typical	Maximum
Humidity				
Resolution		1%RH	1%RH	1%RH
			8 Bit	
Repeatability			± 1%RH	
Accuracy	25°C		± 4%RH	
	0-50°C			± 5%RH
Interchangeability	Fully Interchangeable			
Measurement Range	0°C	30%RH		90%RH
	25°C	20%RH		90%RH
	50°C	20%RH		80%RH
Response Time (Seconds)	1/e(63%)25°C , 1m/s Air	6 S	10 S	15 S
Hysteresis			± 1%RH	
Long-Term Stability	Typical		± 1%RH/year	
Temperature				
Resolution		1°C	1°C	1°C
		8 Bit	8 Bit	8 Bit
Repeatability			± 1°C	
Accuracy		± 1°C		± 2°C
Measurement Range		0°C		50°C
Response Time (Seconds)	1/e(63%)	6 S		30 S

Anexo 10. Datasheet Sensor KY-038.

KY-038 Microphone sound sensor module

Contents	
1 Picture	1
2 Technical data / Short description	1
3 Pinout	2
4 Functionality of the sensor	2
5 Code example Arduino	3
6 Code example Raspberry Pi	4

Picture



Technical data / Short description

Digital Out: You can use a potentiometer to configure an extreme value for the sonic. IF the value exceeds the extreme value it will send a signal via digital out.

Analog Out: Direct microphone signal as voltage value

LED1: Shows that the sensor is supplied with voltage

LED2: Shows that a magnetic field was detected

Pinout



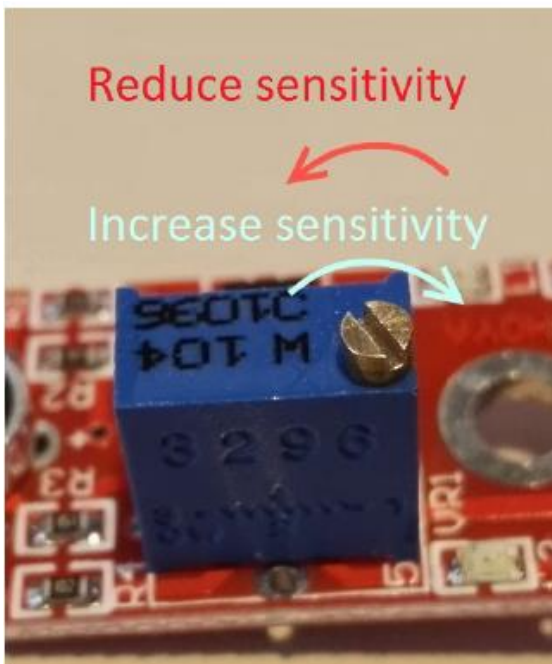
Functionality of the sensor

The sensor has 3 main components on its circuit board. First, the sensor unit at the front of the module which measures the area physically and sends an analog signal to the second unit, the amplifier. The amplifier amplifies the signal, according to the resistant value of the potentiometer, and sends the signal to the analog output of the module.

The third component is a comparator which switches the digital out and the LED if the signal falls under a specific value.

You can control the sensitivity by adjusting the potentiometer.

Please notice: The signal will be inverted: that means that if you measure a high value, it is shown as a low voltage value at the analog output.



This sensor doesn't show absolute values (like exact temperature in °C or magneticfield strenght in mT). It is a relative measurement: you define an extreme value to a given normal environment situation and a signal will be send if the measurement exceeds the extreme value.

It is perfect for temperature control (KY-028), proximity switch (KY-024, KY-025, KY-036), detecting alarms (KY-037, KY-038) or rotary encoder (KY-026).

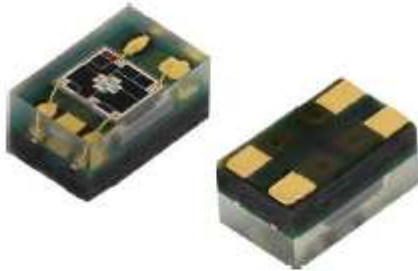


www.vishay.com

VEML6075

Vishay Semiconductors

UVA and UVB Light Sensor with I²C Interface



DESCRIPTION

The VEML6075 senses UVA and UVB light and incorporates photodiode, amplifiers, and analog / digital circuits into a single chip using a CMOS process. When the UV sensor is applied, it is able to detect UVA and UVB intensity to provide a measure of the signal strength as well as allowing for UVI measurement.

The VEML6075 provides excellent temperature compensation capability for keeping the output stable under changing temperature. VEML6075's functionality is easily operated via the simple command format of I²C (SMBus compatible) interface protocol. VEML6075's operating voltage ranges from 1.7 V to 3.6 V. VEML6075 is packaged in a lead (Pb)-free 4 pin OPLGA package which offers the best market-proven reliability.

FEATURES

- Package type: surface mount
- Dimensions (L x W x H in mm): 2.0 x 1.25 x 1.0
- Integrated modules: ultraviolet sensor (UV), and signal conditioning IC
- Converts solar UV light intensity to digital data
- Excellent UVA and UVB sensitivity
- Reliable performance of UV radiation measurement under long time solar UV exposure
- 16-bit resolution per channel
- UVA and UVB individual channel solution
- Low power consumption I²C protocol (SMBus compatible) interface
- Package: OPLGA
- Temperature compensation: -40 °C to +85 °C
- Output type: I²C bus
- Operation voltage: 1.7 V to 3.6 V
- Material categorization: for definitions of compliance please see www.vishay.com/doc?999912



RoHS
COMPLIANT
HALOGEN
FREE
GREEN
(JE-3088)

APPLICATIONS

- Handheld device
- Notebook
- Consumer device
- Industrial and medical application

PRODUCT SUMMARY					
PART NUMBER	OPERATING VOLTAGE RANGE (V)	I ² C BUS VOLTAGE RANGE (V)	PEAK SENSITIVITY UVA, UVB (nm)	RANGE OF SPECTRAL BANDWIDTH λ _{0.5} (nm)	OUTPUT CODE
VEML6075	1.7 to 3.6	1.7 to 3.6	365, 330	± 10	16 bit, I ² C

Note

(1) Adjustable through I²C interface

ORDERING INFORMATION			
ORDERING CODE	PACKAGING	VOLUME (1)	REMARKS
VEML6075	Tape and reel	MOQ: 2500 pcs	2.0 mm x 1.25 mm x 1.0 mm

Note

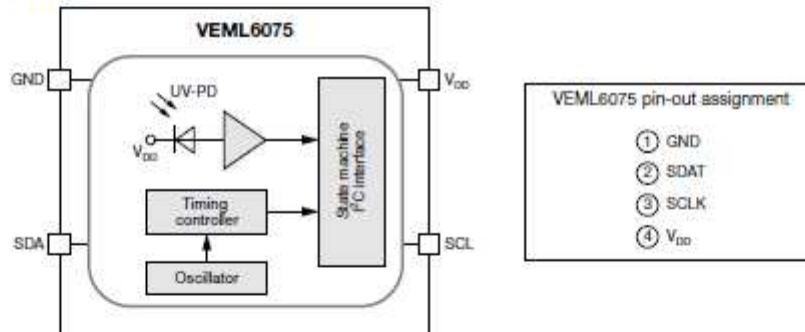
(1) MOQ: minimum order quantity

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (T _{amb} = 25 °C, unless otherwise specified)					
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	MIN.	MAX.	UNIT
Supply voltage		V _{DD}	0	3.6	V
Operation temperature range		T _{amb}	-40	+85	°C
Storage temperature range		T _{stg}	-40	+85	°C

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS (T _{amb} = 25 °C, unless otherwise specified)					
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	MIN.	MAX.	UNIT
Supply voltage		V _{DD}	1.7	3.6	V
Operation temperature range		T _{amb}	-40	+85	°C
I ² C bus operating frequency		f _(pCLK)	10	400	kHz

PIN DESCRIPTIONS			
PIN ASSIGNMENT	SYMBOL	TYPE	FUNCTION
1	GND	I	Ground
2	SDAT	I/O (open drain)	I ² C data bus data input / output
3	SCLK	I	I ² C digital bus clock input
4	V _{DD}	I	Power supply input

BLOCK DIAGRAM



BASIC CHARACTERISTICS (T _{amb} = 25 °C, unless otherwise specified)							
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	
Supply operation voltage		V _{DD}	1.7	-	3.6	V	
Supply current	V _{DD} = 1.8 V	I _{DD}	-	480	-	μA	
I ² C signal input	Logic high	V _{DD} = 3.3 V	V _{IH}	1.5	-	-	V
	Logic low		V _{IL}	-	-	0.8	
I ² C signal input	Logic high	V _{DD} = 2.6 V	V _{IH}	1.4	-	-	V
	Logic low		V _{IL}	-	-	0.6	
Operating temperature		T _{amb}	-40	-	+85	°C	
Shutdown current	Light condition = dark; V _{DD} = 1.8 V, T _{amb} = 25 °C	I _{DD} (SD)	-	800	-	nA	
UVA responsivity	I _T = 50 ms ⁽¹⁾		-	0.93	-	counts/μW/cm ²	
UVB responsivity	I _T = 50 ms ⁽²⁾		-	2.1	-	counts/μW/cm ²	
Visible / infrared response	W-LED / IRED (940 nm)		-	0.5	<1	%	

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS ($T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, unless otherwise specified)

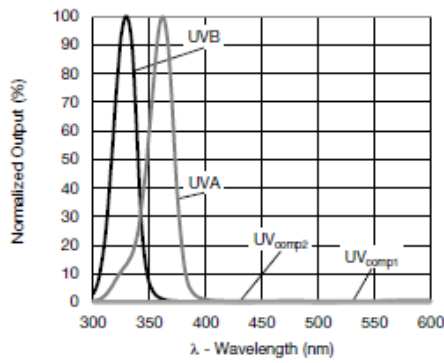


Fig. 4 - Normalized Spectral Response

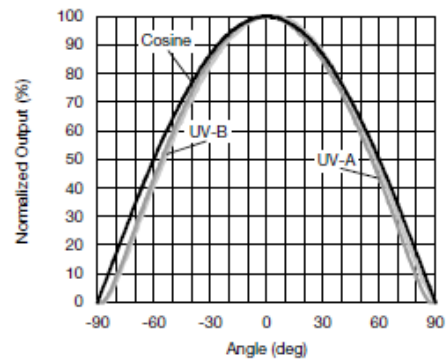


Fig. 5 - Normalized Output vs. View Angle

APPLICATION INFORMATION

Pin Connection with the Host

The configuration and data registers of the VEML6075 are accessed via the I²C interface. The hardware schematic is shown below in fig. 6.

The 0.1 μF capacitor near the V_{DD} pin is used for power supply noise rejection. The 2.2 k Ω is suitable for the pull high resistor of I²C.

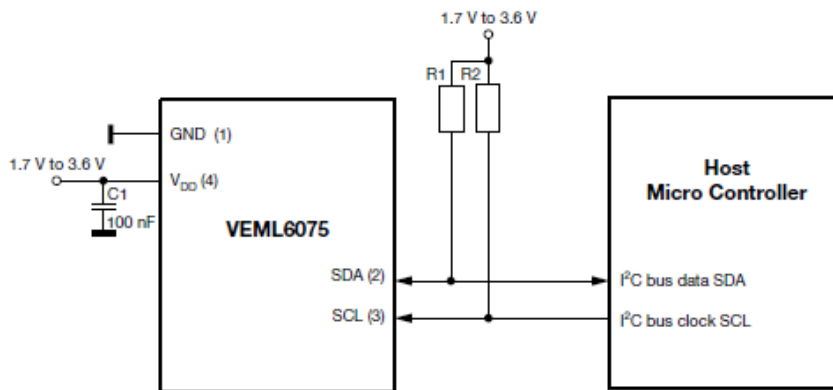


Fig. 6 - Hardware Pin Connection Diagram



Weather Sensor Assembly p/n 80422

Imported by Argent Data Systems

Usage Notes

This kit includes a wind vane, cup anemometer, and tipping bucket rain gauge, with associated mounting hardware. These sensors contain no active electronics, instead using sealed magnetic reed switches and magnets to take measurements. A voltage must be supplied to each instrument to produce an output.

Assembly

The wind sensor arm mounts on top of the two-piece metal mast and supports the wind vane and anemometer. A short cable connects the two wind sensors. Plastic clips on the underside of the arm hold this cable in place. Screws are provided to secure the sensors to the arm.

The rain gauge may be mounted lower on the mast using its own mounting arm and screw, or it may be mounted independently.

Rain Gauge

The rain gauge is a self-emptying tipping bucket type. Each 0.011" (0.2794 mm) of rain causes one momentary contact closure that can be recorded with a digital counter or microcontroller interrupt input. The gauge's switch is connected to the two center conductors of the attached RJ11-terminated cable.

Anemometer

The cup-type anemometer measures wind speed by closing a contact as a magnet moves past a switch. A wind speed of 1.492 MPH (2.4 km/h) causes the switch to close once per second.

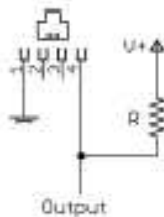
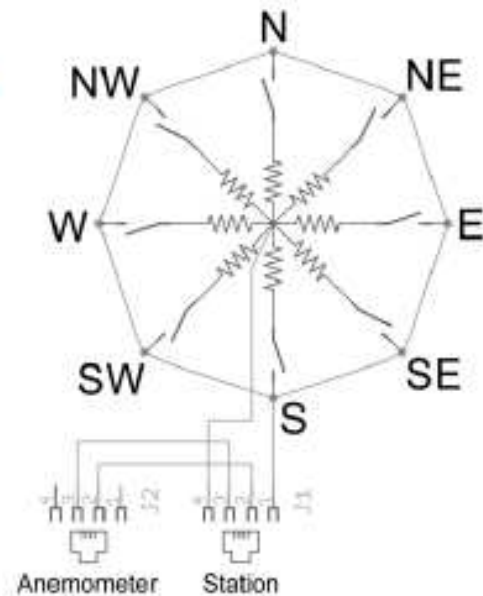
The anemometer switch is connected to the inner two conductors of the RJ11 cable shared by the anemometer and wind vane (pins 2 and 3.)

Wind Vane

The wind vane is the most complicated of the three sensors. It has eight switches, each connected to a different resistor. The vane's magnet may close two switches at once, allowing up to 16 different positions to be indicated. An external resistor can be used to form a voltage divider, producing a voltage output that can be measured with an analog to digital converter, as shown below.

The switch and resistor arrangement is shown in the diagram to the right. Resistance values for all 16 possible positions are given in the table.

Resistance values for positions between those shown in the diagram are the result of two adjacent resistors connected in parallel when the vane's magnet activates two switches simultaneously.



Example wind vane interface circuit. Voltage readings for a 5 volt supply and a resistor value of 10k ohms are given in the table.

Direction (Degrees)	Resistance (Ohms)	Voltage (V=5v, R=10k)
0	33k	3.84v
22.5	6.57k	1.98v
45	8.2k	2.25v
67.5	891	0.41v
90	1k	0.45v
112.5	688	0.32v
135	2.2k	0.90v
157.5	1.41k	0.62v
180	3.9k	1.40v
202.5	3.14k	1.19v
225	16k	3.08v
247.5	14.12k	2.93v
270	120k	4.62v
292.5	42.12k	4.04v
315	64.9k	4.78v
337.5	21.88k	3.43v

AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Nosotros, **Paúl Andrés García Pesantez** portador de la cédula de ciudadanía N° 0105505135 y **Kevin Esteban Londa Veletanga** portador de la cédula de ciudadanía N° 0105873798. En calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “**Estación Meteorológica y de Calidad del Aire**” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconocemos a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizamos a la Universidad para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 16 de julio de 2020



F:

Paúl Andrés García Pesantez
0105505135



F:

Kevin Esteban Londa Veletanga
0105873798