



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al servicio del Pueblo

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

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**Evaluación de la degradación de materia orgánica mediante técnicas de visión
artificial y sensores.**

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

AUTORES: HUMBERTO RAÚL REYES ORDÓÑEZ

JONNATHAN ISMAEL ORTIZ TORRES

DIRECTOR: Ing. Juan Carlos Cobos Torres

MATRIZ CUENCA

2019

DECLARACIÓN

Yo, Humberto Raúl Reyes Ordóñez, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado 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 la normatividad institucional vigente.



HUMBERTO RAÚL REYES ORDÓÑEZ

DECLARACIÓN

Yo, Jonnathan Ismael Ortiz Torres, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado 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 la normatividad institucional vigente.



JONNATHAN ISMAEL ORTIZ TORRES

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por los estudiantes Humberto Raúl Reyes Ordóñez, Jonnathan Ismael Ortiz Torres bajo mi supervisión.



Ing. Elec. Juan Carlos Cobos Torres PhD

DIRECTOR

AGRADECIMIENTOS PRIMER AUTOR

El presente proyecto de investigación quiero agradecer a Dios por darme la sabiduría y guiarme a lo largo de mi carrera académica, por ser el inspirador y darme la fuerza para continuar y obtener mi anhelo más deseado.

A mis padres Humberto y Esilda por ser ese apoyo incondicional y darme la oportunidad de culminar con éxito mi sueño, por ser los pilares fundamentales para culminar con éxito esta etapa de mi vida profesional.

A mis hermanos, a mis sobrinos y a mi familia por brindarme la confianza, cariño y todo su apoyo incondicional que fueron parte fundamental para cumplir esta meta.

Agradezco a mi novia Diana que estuvo siempre allí en las buenas y malas a pesar de las adversidades y problemas que hemos tenido ha sido mi compañera de viaje en este camino largo siendo ese apoyo y ese aliento para seguir adelante.

Quiero agradecer a mi hijo porque es mi motivación de todos los días para seguir adelante por eso agradezco a Dios el haberme dado el regalo más grande.

Un agradecimiento especial a los profesores de la Universidad Católica de Cuenca de la Facultad de Ingeniería Eléctrica, en especial al Ing. Juan Carlos Cobos Torres director de este proyecto de investigación. Por la amistad y ayuda brindada, por el tiempo y dedicación brindada para concluir con éxito.

Quiero agradecer a mi compañero de Tesis Jonnathan Ismael Ortiz por la amistad y ese apoyo a pesar de las dificultades que se presentaron en el transcurso de nuestro proyecto de investigación.

Humberto Raúl Reyes Ordóñez

AGRADECIMIENTOS SEGUNDO AUTOR

Le agradezco a Dios por acompañarme y guiarme en todo momento de la carrera, por ser mi fortaleza en momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de enseñanzas, experiencias y sobre todo de felicidad.

Agradezco especialmente a mis padres Gabriel y Dorinda por ser los pilares fundamentales en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una educación excelente en mi vida. Por lo tanto por ser un ejemplo de vida formidable. A mis hermanos por brindarme la confianza todos los días, por ser un modelo de progreso a seguir profesionalmente.

Le agradezco a todos los docentes de la Universidad Católica de Cuenca de la Facultad de Ingeniería Eléctrica, especialmente a mi tutor Ing. Juan Carlos Cobos por haber compartido sus conocimientos, tiempo y amistad. Además, por guiarnos de manera adecuada y desinteresada a culminar con éxito el presente proyecto de investigación.

A mi amigo Humberto Raúl Reyes Ordóñez, por su amistad, tiempo. Sobre todo por salir en adelante con el proyecto de investigación y culminarlo conjuntamente con éxito.

Jonnathan Ismael Ortiz Torres

DEDICATORIA PRIMER AUTOR

Dedico este trabajo de investigación a mi padre por ser un buen ejemplo a seguir, por confiar en mí siempre y ser ese aliento que uno necesita en los momentos más tristes y duros que se pueden presentar en el transcurso de la vida.

A mi madre que siempre estuvo allí brindándome su mano amiga en cada instante de mi vida, para seguir adelante y llegar a culminar con éxito mi carrera profesional hoy que no estas a mi lado pero sé que estas en uno mejor, a lado de Dios no puedo negar que te extraño, pero sé que te sentirás orgullosa al ver que culmine con éxito mi carrera.

Dedico a mi querida novia Diana y a mi hijo, ya que son parte importante en mi vida llegaron en el momento indicado convirtiéndose en el pilar fundamental para mi formación profesional. Con su afecto, cariño y consejos han sido la fuente principal de mi esfuerzo, de mis ganas de levantarme y seguir con firmeza para culminar con esta meta, sobretodo enseñarme que con perseverancia todo es posible.

Para toda mi familia, hermanos, sobrinos, de una otra forma siempre estuvieron a mi lado.

Humberto Raúl Reyes Ordóñez

DEDICATORIA SEGUNDO AUTOR

El proyecto de investigación dedico especialmente a mis padres y hermanos con su ayuda, cariño y sus sabios consejos me ayudaron a terminar una de mis metas más deseadas en mi vida. Algunos de mis logros se los debo a ustedes incluyendo el saliente.

Gracias papi, mami y hermanos por todo que me han enseñado.

Este logro dedico a mi familia, a mis sobrinos por el apoyo brindado en todo momento de mi carrera universitaria. También a mi tío que no está físicamente, pero siempre está en mi corazón.

Jonnathan Ismael Ortiz Torres

TABLA DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN.....	i
DECLARACIÓN.....	ii
CERTIFICACIÓN.....	iii
AGRADECIMIENTOS PRIMER AUTOR.....	iv
AGRADECIMIENTOS SEGUNDO AUTOR.....	v
DEDICATORIA PRIMER AUTOR.....	vi
DEDICATORIA SEGUNDO AUTOR.....	vii
TABLA DE CONTENIDOS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE GRÁFICOS.....	xiii
LISTA DE TABLAS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPITULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos.....	1
1.1.1 Objetivo General.....	1
1.1.2 Objetivos específicos.....	1
1.2 Metodología.....	2
1.3 Justificación.....	2
CAPITULO II.....	4
2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 Residuos Orgánicos.....	4
2.2 Microorganismos Benéficos.....	5
2.2.1 Tipos de Microorganismos Benéficos.....	6

2.2.2 Ventajas y desventajas de los microorganismos benéficos.	6
2.3 Placa Arduino.....	7
2.4 Cámaras.	8
2.5 Raspberry Pi.	9
2.5.1 Características del Raspberry Pi.	9
2.6 Sensores.....	10
2.6.1 Sensores utilizados en el proyecto.	10
2.6.1.1 MG-811 Sensor de dióxido de carbono.	11
2.6.1.2 MQ135 Sensor de amonio.....	12
2.6.1.3 MQ2 Sensor de metano.....	13
2.6.1.4 DHT11 Sensor de temperatura y humedad.	14
2.6.1.5 Sensor de temperatura relativa DS18B20.	15
2.6.2 Lista de sensores electroquímicos con sus especificaciones técnicas.....	16
CAPITULO III.....	17
3. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS SENSORES.	17
3.1 Conexión del sensor MG811 (dióxido de carbono).....	17
3.1.1 Verificación y funcionamiento del sensor MG811.	18
3.2 Calibración del sensor MQ135 – amonio (NH ₄).	20
3.2.1 Verificación y funcionamiento del sensor MQ135.	23
3.3 Calibración del sensor MQ2 – (metano).	25
3.3.1 Verificación y funcionamiento del sensor MQ2.	28
3.4 Sensor de temperatura y humedad – DHT11.	30
3.5 Sensor de temperatura en líquido – DS18B20.	30
3.6 Esquema de conexión final de los sensores.....	31
3.7 Diseño general de los sensores con su respectiva placa (Eagle).	32
3.8 Cámaras en los envases 1 y 2.	33
3.9 Diseño, construcción montaje de las cajas de protección del sistema de sensores.....	34

CAPÍTULO IV	38
4. PROCEDIMIENTO.....	38
4.1 Resultados.....	41
4.1.1 Medición de temperatura.....	41
4.1.2 Medición de humedad.	41
4.1.3 Medición de temperatura en líquido.	42
4.1.4 Medición de gas metano.	43
4.1.5 Medición de gas amonio.....	44
4.1.6 Medición de dióxido de carbono.	45
4.1.7 Medición de colores en visión artificial.....	46
CAPITULO V.	49
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	49
5.1 Conclusiones.	49
5.2 Recomendaciones.	50
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
BIBLIOGRAFÍA.....	52
ANEXOS.....	54
Anexo A Cantidad de desechos orgánicos colocados en los recipientes.	54
Anexo B Datos obtenidos de los sensores electroquímicos del envase 1.	55
Anexo C Datos obtenidos de los sensores electroquímicos del envase 2.	64
Anexo D Artículo científico del proyecto de investigación.....	73
Anexo E Certificados de ponentes del artículo científico.	86
Anexo F Presupuesto del proyecto de investigación.	88
Anexo G Código para el funcionamiento del Sistema en Arduino.	89

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Materia Orgánica.....	4
Figura 2 Microorganismos Benéficos.	5
Figura 3 Placa Arduino.....	7
Figura 4 Cámara web.....	9
Figura 5 Rasperry Pi.	10
Figura 6 Sensor MG-811.....	11
Figura 7 Sensor MQ135.....	12
Figura 8 Sensor MQ2.....	13
Figura 9 Sensor DHT11.	14
Figura 10 Sensor DS18B20.	15
Figura 11 Curvas de los gases del sensor MG811.....	17
Figura 12 Esquema de conexión MG811, tomar en cuenta que para el envase dos del sensor MG811 – 2, se conecta al analógico A13.....	18
Figura 13 Pruebas del sensor MG811 en aire limpio.....	18
Figura 14 Visualización en el monitor serie del sensor MG811 en aire limpio.	19
Figura 15 Pruebas del sensor MG811 con la presencia de CO2 en la salida del escape.	19
Figura 16 Visualización en el monitor serie del Arduino leyendo el sensor MG811 ante la presencia de CO2.....	20
Figura 17 Curvas de los gases del sensor MQ135.....	21
Figura 18 Esquema de conexión MQ135, tomar en cuenta que para el envase dos del sensor MQ135 – 2 se conectó al analógico A14.....	23
Figura 19 Pruebas del sensor MQ135 en aire limpio.....	24
Figura 20 Visualización en el monitor serie del sensor MQ135 en aire limpio.	24
Figura 21 Pruebas del sensor MQ135 con la presencia de amonio puro.....	25
Figura 22 Visualización en el monitor serie del sensor MQ135 con la presencia de amonio puro.	25
Figura 23 Curvas de los gases del sensor MQ2.....	26
Figura 24 Esquema de conexión MQ2, tomar en cuenta que para el envase dos, el sensor MQ2 – 2 se conectó al analógico A15.	28
Figura 25 Pruebas del sensor MQ2 en aire limpio.....	28
Figura 26 Visualización en el monitor serie del sensor MQ2 en aire limpio.	29
Figura 27 Pruebas del sensor MQ2 con la presencia de metano.	29

Figura 28 Visualización en el monitor serie del sensor MQ2 con la presencia de metano.....	30
Figura 29 Esquema de conexión DHT11, tomar en cuenta que para el envase dos, el sensor DHT11 – 2 se conectó al pin 3.....	30
Figura 30 Esquema de conexión DS18B20, tomar en cuenta que para el envase dos, el sensor DS18B20 – 2 se conectó al pin 7.....	31
Figura 31 Esquema de conexión general de los sensores del envase 1, tomar en cuenta que para el envase dos el sensor MQ2 se conectó al pin A15, sensor MQ135 se conectó al pin A14, sensor DHT11 se conectó al pin 3, sensor MG811 se conectó al pin A13, sensor DS18B20 se conectó al pin 7.....	31
Figura 32 Diseño general de conexión de los sensores con su respectiva placa.	32
Figura 33 a) Placa principal con sus elementos soldados parte frontal, b) Placa principal parte posterior.....	33
Figura 34 a) Colocación de la madera en el centro del envase b) Montaje de las cámaras en el envase.....	34
Figura 35 a) Construcción de la caja para los sensores parte frontal b) Vista de la caja los sensores parte trasera.	35
Figura 36 a) Corte de las tapas de los envases, b) Corte final de la tapa.....	35
Figura 37 Sensores con cajas de protección en sus respectivas tapas, a) Vista frontal, b) Vista posterior.....	36
Figura 38 Construcción de la caja para el Arduino Mega 2560 con su placa a) Vista frontal, b) Vista superior, c) Tapa de protección.....	36
Figura 39 Elaboración de las cajas de sensores y arduino con su placa.....	37
Figura 40 Montaje final de los sensores en sus respectivas tapas y sus conexiones a la placa Arduino.	37
Figura 41 Esquematación del sistema.....	39
Figura 42 a) Pesaje de residuos orgánicos y b) Colocación de los residuos orgánicos en los contenedores.....	40
Figura 43 Conceptualización del sistema.....	40

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Curva del gas amonio con sus respectivos valores realizados en Excel.....	21
Gráfico 2 Curva del gas metano con sus respectivos valores realizados en Excel.....	26
Gráfico 3 Datos obtenidos de temperatura ambiental.	41
Gráfico 4 Datos obtenidos de humedad ambiental.....	42
Gráfico 5 Datos obtenidos de temperatura en líquido.	43
Gráfico 6 Datos obtenidos del gas metano.	44
Gráfico 7 Datos obtenidos del gas amoniaco.....	44
Gráfico 8 Datos obtenidos del gas dióxido de carbono.	45
Gráfico 9 Análisis de saturación envase tratado.	46
Gráfico 10 Análisis de saturación envase no tratado.....	47
Gráfico 11 Comparación de las imágenes en los envases analizados.	47

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Tipos de Microorganismos.....	6
Tabla 2 Ventajas y Desventajas de microorganismos benéficos.	7
Tabla 3 Especificaciones técnicas de la placa Arduino Mega 2560.	8
Tabla 4 Tipos de sensores.	10
Tabla 5 Sensor MG-811.	11
Tabla 6 Sensor MQ135.	12
Tabla 7 Sensor MQ2.	13
Tabla 8 Sensor DHT11.....	14
Tabla 9 Sensor DS18B20.....	15
Tabla 10 Lista de sensores.....	16

RESUMEN

En el presente proyecto de investigación se buscó evaluar la degradación de la materia orgánica mediante técnicas de visión artificial y sensores bioquímicos. El monitoreo de gases, temperatura, humedad y colores es importante para cuantificar el beneficio de microorganismos dentro de la descomposición de la materia orgánica. Debido a la dificultad de conseguir dispositivos automatizados y sus elevados costos, este tipo de monitoreo generalmente se lo hace de manera manual y con una resolución diaria para el muestreo. Basados en esta problemática, el presente estudio buscó desarrollar un sistema automático de monitoreo mediante software libre y hardware DIY. El sistema es capaz de monitorear la temperatura y humedad ambiental; la temperatura dentro de la materia en descomposición; así como, los gases que se emiten durante la degradación de la materia orgánica (metano, amonio y dióxido de carbono); finalmente, se evaluó los cambios en la coloración. Esto, en dos contenedores diferentes. Uno de los envases tratados con microorganismos benéficos, mientras el otro envase no fue tratado. Se ha demostrado una reducción de gases contaminantes como metano, amonio y dióxido de carbono en un 96.48%, 77.41% y 10.79%, respectivamente. Se analizó una muestra de 686 datos por cada variable medida.

Palabras clave: RESIDUOS ORGÁNICOS, MICROORGANISMO BENÉFICOS, SISTEMATIZACIÓN DE SENSORES, HARDWARE DIY, SOFTWARE LIBRE.

ABSTRACT

In the current research project, the aim was to monitor organic matter decomposition by using artificial visual techniques and biochemical sensors. Gas, temperature, humidity and color monitoring is essential to quantify the benefits of microorganisms within the decomposition of organic matter. Due to the inaccessibility of automated devices and their high costs, such monitoring is normally performed applying manual methods and with a day-to-day sampling decision. As a result of this issue, the current research focused on developing an automatic monitoring system using free software and DIY hardware. This system is capable of monitoring the actual temperature and humidity; the temperature inside the decomposing matter; as well as the gases released during the decomposition of organic matter (methane, ammonium and carbon dioxide); finally, the changes in coloring were estimated. In two different containers. One of these containers was treated with benign microorganisms, while the other remained untreated. A reduction of polluting gases such as methane, ammonium and carbon dioxide has been proven by 96.48%, 77.41% and 10.79%, according to the results of the research. A sample of 686 data was analyzed for each measured variable.

Keywords: ORGANIC WASTE, BENIGN MICROORGANISMS, SENSOR SYSTEMATIZATION, DIY HARDWARE, FREE SOFTWARE.

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General.

Evaluar la degradación de la materia orgánica con Microorganismos Benéficos y sin Microorganismos Benéficos mediante técnicas de visión artificial y sensores para cuantificar los gases generados durante la degradación de la materia orgánica.

1.1.2 Objetivos específicos.

- Realizar un detalle de los principales factores de la degradación de materia orgánica mediante la revisión bibliográfica especializada para fundamentar el proceso de evaluación de degradación de la materia orgánica.
- Construir un sistema de medición y adquisición de parámetros de la degradación de materia orgánica mediante técnicas de visión artificial (análisis espectrales y de imágenes) para obtener datos del proceso de degradación de la materia orgánica con y sin microorganismos benéficos.
- Construir un sistema de medición y adquisición de parámetros de la degradación de la materia orgánica mediante diversos sensores de gases, temperatura y humedad para obtener datos del proceso de degradación de la materia orgánica con y sin microorganismos benéficos.
- Verificar y analizar los datos adquiridos con los sistemas de medición de parámetros mediante herramientas de análisis estadístico para poder evaluar los beneficios y/o problemas encontrados en el proceso de degradación de la materia orgánica con y sin microorganismos benéficos.

1.2 Metodología.

Se describe brevemente de manera conceptual la explicación de cómo se realizó el estudio de implementación de visión artificial y sensores, para así, demostrar de manera cuantitativa la incidencia de Microorganismos Benéficos en la degradación de materia orgánica. Los restos orgánicos no se pueden considerar como desechos, si no como un recurso valioso para continuar generando beneficios para la flora ambiental. Adicionalmente, se realizó el seguimiento del proceso de degradación mediante técnicas de visión artificial, durante 24 horas al día y durante el tiempo de un mes con la utilización de cámaras y sensores.

Conocer con certeza los cambios que ocurren en la degradación de la materia orgánica con y sin aplicación de Microorganismos Benéficos, con la finalidad de presentar alternativas para disminuir la contaminación ambiental mediante gases de efecto invernadero que genera los residuos orgánicos.

Evaluaremos la degradación de la materia orgánica para así obtener mediciones, registro de datos diarios, tabular de cuánto tarda en descomponerse con Microorganismos Benéficos y sin Microorganismos Benéficos los desechos orgánicos.

Finalmente, se describirá el funcionamiento e importancia de los desechos orgánicos, los componentes y equipos a utilizarse en el método de la degradación de la materia orgánica. Para así, obtener una valoración de los gases que emite la materia orgánica durante la putrefacción.

1.3 Justificación.

La contaminación asociada al crecimiento demográfico de la población de la ciudad y del país, trae como consecuencia el problema de la producción diaria de residuos, tanto residuos orgánicos e inorgánicos como desechos tóxicos.

Según el último censo que se realizó en el país en el año 2017, los residuos orgánicos en la zona urbana como rural comprende el 58% de desechos. Es por esto, que se podría aprovechar para la generación de abono con microorganismos benéficos y así disminuir la contaminación del medio ambiente.

El estudio se realizará porque a los desechos orgánicos no se les da un buen uso, y esto perjudica al medio ambiente en nuestro país. Específicamente, representa un aporte significativo si se reutiliza en la agricultura como abono. Así, puede beneficiar económicamente a los agricultores. Los desechos orgánicos son perjudiciales, por los malos olores y por los gases de tipo invernadero que producen.

El problema de la putrefacción con la emisión de malos olores y aparición de vectores en la descomposición de residuos orgánicos, se podría resolver con la ayuda de microorganismos benéficos. Por lo tanto, se podría guardar y reciclar durante más tiempo sin que se produzca malos olores, y así dar una solución a los hogares.

Se implementó un sistema que mediante cámaras, sensores permitió observar diariamente la degradación de la materia orgánica y ver cuánto tiempo dura el proceso de descomposición de los desechos orgánicos.

La importancia de este estudio de implementación es importante, por el hecho que no afecta a ningún tipo de persona. Esto significa un ahorro para el medio ambiente logrando así, una menor cantidad de gases liberados o expulsados durante la degradación de materia orgánica.

Una vez presentado el primer capítulo introductorio con: objetivos, metodología y justificación del proyecto de investigación, continuamos con el siguiente capítulo donde; se conocerá los conceptos básicos y necesarios para entender y poder determinar la importancia de esta tecnología en la implementación de la degradación de la materia orgánica.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Residuos Orgánicos.

Los residuos orgánicos se producen básicamente por desechos domiciliarios tales como: vegetales, frutas, verduras, entre otros. Existen diversos microorganismos que se encargan de descomponer la materia orgánica, para así utilizar como abono para las plantas.

La degradación de la materia orgánica tiene gran importancia, debido a que en el proceso generan gases contaminantes. Los cuales son responsables del calentamiento del planeta, que de manera colateral afectan a la salud y bienestar de las personas.

El proceso de putrefacción de los residuos orgánicos emite gases. No se conoce con certeza su concentración y cantidad. Por lo tanto, no es posible cuantificar la contaminación total emitida por la materia orgánica que producen los habitantes en una ciudad.



Figura 1 Materia Orgánica.
Fuente: Elaboración propia.

2.2 Microorganismos Benéficos.

Su función principal es transformar los desechos orgánicos y residuos para que sean aprovechados en la nutrición de las plantas. Hoy en día, se utiliza para el control químico de fermentación de los residuos orgánicos, que son utilizados en la ganadería, agricultura y avicultura. Por esta razón, los microorganismos benéficos ayudan a acelerar los procesos de germinación, crecimiento y producción.

Los microorganismos benéficos o microorganismo eficientes son uno de los elementos más valiosos para la humanidad. Se puede utilizar en la agricultura ecológica mediante el uso de biofertilizantes.

Ya que, permite una producción a bajo costo, no contamina el ambiente y ayuda a la conservación de materia orgánica durante el proceso de degradación. De este modo se puede colaborar con la biodiversidad de un ecosistema.

Los consorcios microbianos o microorganismos benéficos están constituidos por (Bacillus; es una de las principales bacterias que es utilizada por el ser humano para producir antibióticos. Lactobacillus: es una bacteria que permite prevenir enfermedades causadas por los antibióticos. Levaduras: se encuentra en la naturaleza en forma de hongos que permite la fermentación de la materia orgánica. Actinomicetos: son bacterias que permite la degradación de los residuos orgánicos.) Estas bacterias microbianas evitan la degradación de la materia orgánica.



Figura 2 Microorganismos Benéficos.
Fuente: Elaboración propia.

2.2.1 Tipos de Microorganismos Benéficos.

Existen dos tipos de microorganismos actualmente en la naturaleza: benéficos y perjudiciales. Los primeros como su nombre lo describe favorece a distintos procesos (digestión, degradación, entre otros.); los segundos causan daño a la naturaleza y a las personas. Esto se puede observar en la Tabla 1.

Tabla 1 Tipos de Microorganismos.

MICROORGANISMOS BENÉFICOS	
Microorganismos Benignos	Microorganismos Benéficos
Son microorganismos que se encuentran en su mayor parte en el ambiente, y no causa daños a la salud.	Estos microorganismos nos sirven para elaborar varios alimentos como son: queso, vino, pan, entre otros.
MICROORGANISMOS PERJUDICIALES	
Microorganismos de Deterioro	Microorganismos Patógenos
Son los microorganismos que descomponen y deterioran los alimentos, entre estos tenemos: los hongos y bacterias.	Estos pueden causar enfermedades a la salud, porque contienen gérmenes, parásitos y virus.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.2 Ventajas y desventajas de los microorganismos benéficos.

Los microorganismos benéficos como todo elemento presente en la naturaleza tienen ventajas y desventajas. Estas se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2 Ventajas y Desventajas de microorganismos benéficos.

Ventajas y Desventajas de Microorganismos Benéficos	
Ventajas	Desventajas
Descompone la materia orgánica para su reutilización como abono orgánico.	Inversión inicial.
No existe la presencia de moscos en los desechos orgánicos.	Es necesario su correcto manejo que se los coloque en embaces o recipientes cerrados.
La degradación de la materia orgánica es de forma lenta.	No se conocen todos los tipos, por lo cual es importante este análisis.
No hay contaminación ni malos olores.	

Fuente: Elaboración propia.

2.3 Placa Arduino.

Arduino es un dispositivo o herramienta que se compone de dos partes fundamentales: La placa Arduino, es el hardware que permite el desarrollo de los proyectos (parte física) y el IDE (Integrated Development Environment) de Arduino que es el software. Se ejecuta mediante un computador; el cual, permite programar las instrucciones que la placa va a ejecutar.

La placa Arduino, tiene un microcontrolador que es un un mini computador. Realiza la ejecución de todos los programas en un lenguaje simple de programación; además, se comunica con el computador y con los distintos pines de entrada y salida (E/S analógicos y digitales).

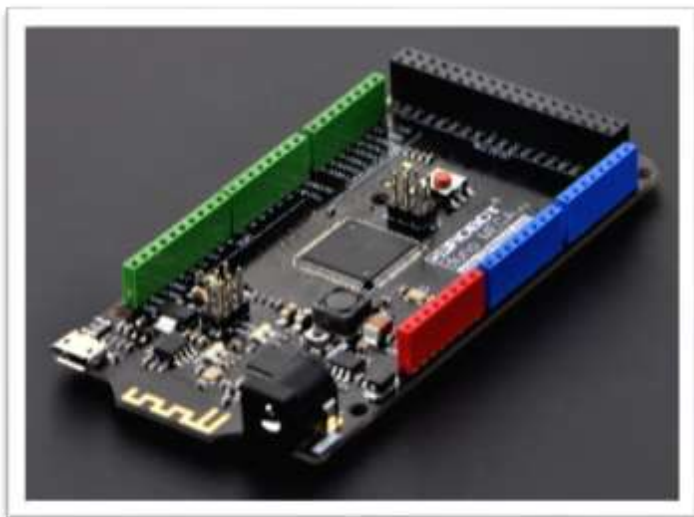


Figura 3 Placa Arduino.

Fuente: (Dfrobot, 2008).

Para la ejecución del programa Arduino, hay que seguir los siguientes pasos:

- Conectar el Arduino mediante el USB del computador.
- Programar en el computador las funciones que se requiera que ejecute la placa Arduino.
- Verificar y cargar el programa a la placa Arduino.
- Por último, la placa Arduino ejecuta y pone en funcionamiento al programa.

En la actualidad, existen varios tipos de placa Arduino; de las cuales, los más utilizados son los modelos Arduino Uno y el Arduino Mega 2560. En nuestro proyecto vamos a utilizar el Arduino Mega 2560. Por su especificación técnica y por el número de pines de entradas y salidas. Esto permitirá controlar los sensores de manera rápida y efectiva. Estas especificaciones se pueden observar en la Tabla 3.

Tabla 3 Especificaciones técnicas de la placa Arduino Mega 2560.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Microcontrolador	ATmega2560
Voltaje operativo	5 Voltios
Pines de entrada / salida digitales	54 (15 con salida PWM)
Pines de entrada analógica	16
Ancho	53.3 milímetros
Peso	37 gramos

Fuente: Elaboración propia.

2.4 Cámaras.

Una cámara web o también llamada webcam es un dispositivo digital, que permite obtener mediante un ordenador o una red informática videos, imágenes o fotografías; por lo tanto, estos dispositivos pueden registrar varios fotogramas (a gran velocidad por segundo).

Al igual, que las cámaras analógicas cuenta con un sistema de iluminación (flash), lo que permite su utilización tanto en el día como en la noche.



Figura 4 Cámara web.
Fuente: Elaboración propia.

2.5 Raspberry Pi.

Raspberry Pi, es un mini computador o placa única que fue construida en el Reino Unido, con la finalidad de mejorar la enseñanza de las ciencias tecnológicas a las instituciones, con un bajo costo en el mercado.

Este dispositivo es fundamental y sencillo para realizar proyectos de ingeniería; porque, sustituye a una PC de escritorio realizando actividades como: hojas de cálculo, textos, juegos, etc.

2.5.1 Características del Raspberry Pi.

Una de las principales características es que puede conectarse con cualquier dispositivo tecnológico, mediante un puerto GPIO. A continuación, se detalla algunos elementos que contiene el Raspberry Pi:

- HDMI
- Puerto USB
- Puertos para cámara
- Jack de 3.5 mm para salida de audio
- Pines de entrada y salida (GPIO)
- Bluetooth
- Wifi



Figura 5 Raspberry Pi.
Fuente: (Dfrobot, 2008).

2.6 Sensores.

Los sensores son dispositivos electroquímicos que permiten evaluar los gases generados en el proceso de putrefacción de la materia orgánica. Esto permite conocer el tipo de gas y la concentración, para tomar medidas inherentes a tratar los gases emitidos. Así como también, a disminuir su emisión con la finalidad de precautelar la salud de las personas y el cuidado medio ambiental, para gozar de ciudades sostenibles y altamente amigables con el ambiente.

2.6.1 Sensores utilizados en el proyecto.

Para nuestra investigación se utilizó sensores que detecten (dióxido de carbono (CO₂), humedad, temperatura, metano (CH₄) y amonio (NH₄)) la selección de estos sensores se basó en el datasheet de cada sensor. La ciudad de Cuenca no cuenta con algunos sensores, lo que significó un retraso en el desarrollo de nuestra investigación, por lo que se tuvo que buscar en páginas web como Mercado Libre para conseguir los sensores. Estas especificaciones se pueden observar en la Tabla 4.

Tabla 4 Tipos de sensores.

SENSORES	CARACTERÍSTICAS A MEDIR	DISPONIBILIDAD
MG-811	Dióxido de carbono	Quito
MQ135	Amonio	Cuenca
MQ2	Metano	Cuenca
DHT11	Temperatura y humedad	Cuenca
DS18B20	Temperatura Líquido	Cuenca

Fuente: Elaboración propia.

2.6.1.1 MG-811 Sensor de dióxido de carbono.

El sensor MG-811 se caracteriza por censar únicamente dióxido de carbono en el ambiente, sus señales pueden ser analógicas y digitales. Sus principales características son:

- Detecta el CO2 con alta precisión.
- Larga estabilidad en el control de calidad del aire.

Estas especificaciones del sensor MG811 se puede observar en la Tabla 5.

Tabla 5 Sensor MG-811.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Voltaje operativo.	Mayor 5.5V
Corriente de operación.	200mA.
Disipación de potencia.	1200mW
Temperatura de operación.	- 20°C a 50°C
Humedad de operación.	Mayor 65%
Temperatura de almacenamiento.	- 20°C a 70°C
Rango de medición.	350 – 10000ppm de CO2
Tiempo de respuesta.	Mayor a 5 segundos
Estabilidad.	No calculada
Fiabilidad.	Alta

Fuente: Elaboración propia.



Figura 6 Sensor MG-811.

Fuente: (Dfrobot, 2008).

2.6.1.2 MQ135 Sensor de amonio.

El sensor MQ135 detecta gases peligrosos en la calidad del aire como amonio, amoniaco, humo, dióxido de carbono, entre otros. Sus salidas son analógicas y digitales. Las especificaciones del sensor MQ135 se detalla en la Tabla 6.

Tabla 6 Sensor MQ135.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Voltaje operativo.	De 2.5V a 5V
Corriente de operación.	160mA.
Disipación de potencia.	Mayor 900mW
Temperatura de operación.	- 10°C a 45°C
Humedad de operación.	Mayor 65%
Temperatura de almacenamiento.	- 20°C a 70°C
Rango de medición.	10 – 10000ppm de CO2
Margen de error.	±100ppm
Tiempo de respuesta.	Mayor a 10 segundos
Estabilidad.	No calculada
Fiabilidad.	Alta

Fuente: Elaboración propia.



Figura 7 Sensor MQ135.
Fuente: (Dfrobot, 2008)

2.6.1.3 MQ2 Sensor de metano.

El sensor MQ2 detecta varios gases como metano, propano, hidrógeno, humo. Se lo utiliza en zonas residenciales e industriales. Sus salidas son analógicas y digitales. En la Tabla 7; se observan las especificaciones técnicas del sensor MQ2.

Tabla 7 Sensor MQ2.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Voltaje operativo.	5V
Corriente de operación.	160mA.
Disipación de potencia.	800mW
Temperatura de operación.	- 20°C a 50°C
Humedad de operación.	Mayor 95%
Temperatura de almacenamiento.	- 20°C a 70°C
Rango de medición.	300 – 10000ppm de humo
Precisión.	95%
Tiempo de respuesta.	Mayor a 10 segundos
Estabilidad.	No calculada
Fiabilidad.	Alta

Fuente: Elaboración propia.



Figura 8 Sensor MQ2.

Fuente: (Dfrobot, 2008).

2.6.1.4 DHT11 Sensor de temperatura y humedad.

El sensor DHT11 se caracteriza por medir temperatura y humedad en un área específica. Posee una alta fiabilidad y estabilidad, a distancias no mayores a 20 metros. En la Tabla 8 se puede observar las especificaciones técnicas del sensor DHT11.

Tabla 8 Sensor DHT11.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Voltaje operativo.	De 3V a 5.5V
Corriente de operación.	De 0.5 mA a 2.5 mA.
Frecuencia máxima de muestreo.	1Hz
Rango de medición.	Humedad: 20 - 90% Temperatura: 0 - 50°C
Margen de error.	Humedad: $\pm 5\%$ Temperatura: $\pm 2^\circ\text{C}$
Resolución.	Humedad: 1% Temperatura: 1°C
Tiempo de respuesta.	Humedad: 6 – 15 segundos Temperatura: 6 – 30 segundos
Estabilidad.	Humedad: $\pm 1\%$ /año Temperatura: $\pm 1^\circ\text{C}$ /año
Fiabilidad.	Alta

Fuente: Elaboración propia.



Figura 9 Sensor DHT11.

Fuente: (Dfrobot, 2008).

2.6.1.5 Sensor de temperatura relativa DS18B20.

El DS18B20 es un sensor de temperatura relativa que se comunica de forma digital. Tiene una sonda que permite una fácil medición o pruebas en líquidos. Cuenta con tres terminales que son: VCC cable rojo, GND cable negro, y pin digital por lo general es amarillo o blanco. En la Tabla 9 se observa las especificaciones del sensor DS18B20.

Tabla 9 Sensor DS18B20.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Voltaje operativo.	De 3V a 5V
Corriente de operación.	De 1.5 mA.
Rango de temperatura de medición.	- 55 °C a 125 °C
Margen de error de temperatura.	± 0.5°C
Resolución.	9 a 12 bits
Tiempo máximo de conversión del dato.	750 ms
Precisión.	± 0.5°C(de – 10 °C a + 85 °C)
Fiabilidad.	Alta

Fuente: Elaboración propia.



Figura 10 Sensor DS18B20.

Fuente: (Dfrobot, 2008).

2.6.2 Lista de sensores electroquímicos con sus especificaciones técnicas.

Los sensores electroquímicos para la medición de dióxido de carbono, humedad, temperatura, metano y amonio, fueron seleccionados en base a precio, disponibilidad y por su confiabilidad. En la Tabla 10 se detalla los sensores seleccionados.

Tabla 10 Lista de sensores.

SENSORES	CARACTERÍSTICAS A MEDIR	ESPECIFICACIONES MÍNIMAS
MG-811	Dióxido de carbono	Señal analógica y digital de nivel, detecta el CO ₂ con una alta precisión, 350 – 10000 ppm de CO ₂ .
MQ135	Amonio	Señal analógica y digital de nivel, detecta un amplio rango de gases como son: amonio, NH ₃ , Humo, CO ₂ , entre otros. Con una alta sensibilidad, 10 – 200 ppm de Amonio.
MQ2	Metano	Señal analógica y digital de nivel, detecta un amplio rango de gases, como son: metano, propano, hidrógeno, humo, entre otros. Con una alta fiabilidad, 20 – 10000 ppm de Metano.
DHT11	Temperatura y humedad	Señal digital de temperatura y humedad relativa en un área específica. Posee una alta fiabilidad y estabilidad a distancias no mayores a 20 metros
DS18B20	Temperatura Relativa	Señal digital de temperatura en forma de sonda permite una fácil medición o pruebas en líquidos.

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO III

3. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS SENSORES.

Todo el proceso de la calibración de los sensores que se requiere para la toma de datos de los diferentes tipos de gases, se encuentra detallado en este capítulo. Para lo cual, se usó el (datasheets) de cada uno de los sensores. A continuación, se detallará la respectiva calibración de los gases a detectar en los diferentes recipientes.

Para los esquemas de los sensores se utilizó el programa Proteus 8 Profesional. Es un Software libre y cuenta con la facilidad de incluir librerías de sensores, arduino, resistencias, amplificadores entre otros lo cual, facilita la conexión correcta de los sensores.

3.1 Conexión del sensor MG811 (dióxido de carbono).

El sensor MG811 permite analizar varios gases como: monóxido de carbono (CO), metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂). En nuestra investigación está calibrado y programado para ser más sensible para la detección de dióxido de carbono. En el medio ambiente existe una concentración de CO₂ de 399 a 400 partículas por millón (ppm), en aire limpio hasta la máxima concentración de 10000ppm con presencia de CO₂ como se indica en la hoja de características del (datasheet). Para su correcto funcionamiento se dejó conectado durante 24 horas, para lograr obtener datos reales. En la Figura 11 se observa la gráfica del sensor MG811.

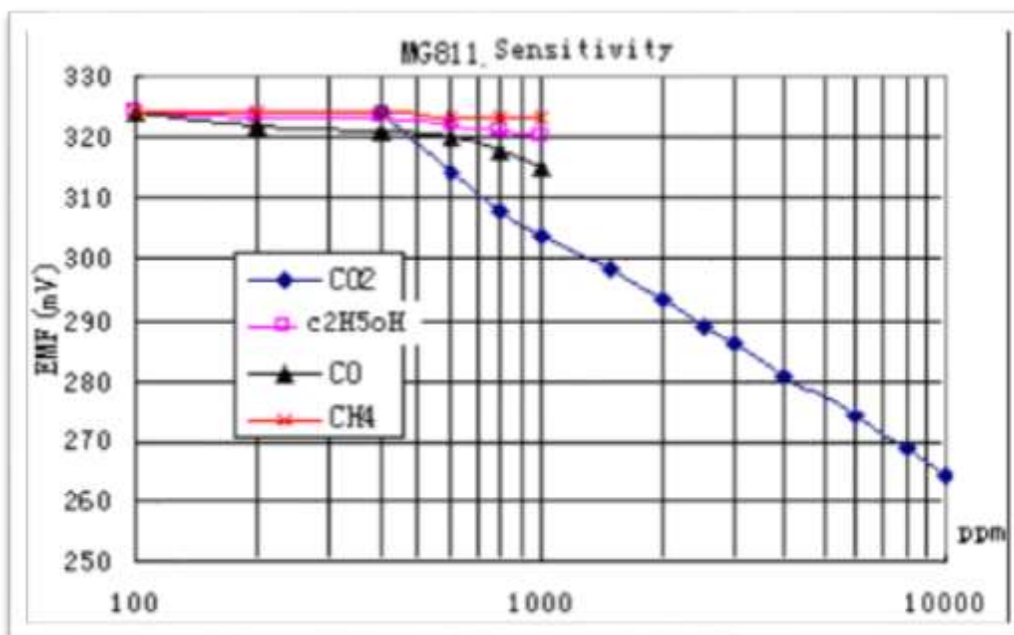


Figura 11 Curvas de los gases del sensor MG811.
Fuente: (Datasheet, 2003).

El MG811 de la marca d'frobot es un sensor que fue fabricado únicamente para la detección de CO2. La ventaja es que su módulo tiene incluido la amplificación y ganancia de la señal analógica. Su alimentación es de 5V y su salida analógica se conecta directamente al puerto analógico del Arduino. Su esquema de conexión se puede observar en la Figura 12.

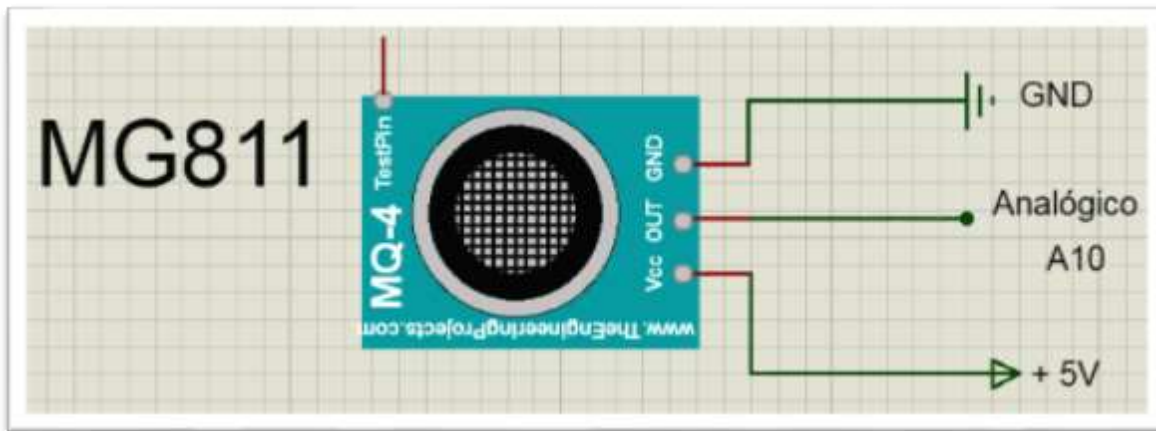


Figura 12 Esquema de conexión MG811, tomar en cuenta que para el envase dos del sensor MG811 – 2, se conecta al analógico A13.
Fuente: Elaboración propia.

3.1.1 Verificación y funcionamiento del sensor MG811.

Para la verificación de los datos obtenidos por el sensor MG811, se procedió a medir la concentración mínima de CO2 en condiciones normales; es decir, en aire limpio como se puede observar en la Figura 13. Como era de esperar sus valores fueron de 400 ppm. Esto se puede ver en la Figura 14.



Figura 13 Pruebas del sensor MG811 en aire limpio.
Fuente: Elaboración propia.

```

SEN0159:2.90V      CO2:<400ppm
=====BOOL is HIGH=====
SEN0159:2.89V      CO2:<400ppm
=====BOOL is HIGH=====
SEN0159:2.96V      CO2:<400ppm
=====BOOL is HIGH=====
SEN0159:2.93V      CO2:<400ppm
=====BOOL is HIGH=====
SEN0159:2.96V      CO2:<400ppm
=====BOOL is HIGH=====
SEN0159:2.91V      CO2:<400ppm
=====BOOL is HIGH=====
SEN0159:2.97V      CO2:<400ppm
=====BOOL is HIGH=====
SEN0159:2.97V      CO2:<400ppm
=====BOOL is HIGH=====
SEN0159:3.04V      CO2:<400ppm
=====BOOL is HIGH=====
SEN0159:2.96V      CO2:<400ppm
=====BOOL is HIGH=====
SEN0159:3.04V      CO2:<400ppm

```

Figura 14 Visualización en el monitor serie del sensor MG811 en aire limpio.
Fuente: Elaboración propia.

Después 20 minutos cuando el sensor estuvo precalentado (en aire limpio), se lo colocó en el escape de un vehículo. Se observa que automáticamente subió los rangos de concentración con la presencia de ppm de CO₂. Cuando se le retiró del escape se pudo apreciar que nuevamente redujo la presencia de ppm de CO₂ y se estabilizó llegando a un valor de 400 ppm. Esto se aprecia en la Figura 15 y 16.



Figura 15 Pruebas del sensor MG811 con la presencia de CO₂ en la salida del escape.
Fuente: Elaboración propia.

```

SEN0159:2.81V          CO2:<400ppm
-----BOOL 1s HIGH-----
SEN0159:2.74V          CO2:458ppm
-----BOOL 1s HIGH-----
SEN0159:2.68V          CO2:615ppm
-----BOOL 1s HIGH-----
SEN0159:2.60V          CO2:937ppm
-----BOOL 1s HIGH-----
SEN0159:2.57V          CO2:1127ppm
-----BOOL 1s HIGH-----
SEN0159:2.50V          CO2:1637ppm
-----BOOL 1s HIGH-----
SEN0159:2.56V          CO2:1213ppm
-----BOOL 1s HIGH-----
SEN0159:2.51V          CO2:1586ppm
-----BOOL 1s HIGH-----
SEN0159:2.54V          CO2:1355ppm
-----BOOL 1s HIGH-----
SEN0159:2.58V          CO2:1086ppm
-----BOOL 1s HIGH-----
SEN0159:2.57V          CO2:1157ppm
-----BOOL 1s HIGH-----
SEN0159:2.59V          CO2:1030ppm
-----BOOL 1s HIGH-----
SEN0159:2.63V          CO2:821ppm
-----BOOL 1s HIGH-----
SEN0159:2.68V          CO2:624ppm
-----BOOL 1s HIGH-----
SEN0159:2.70V          CO2:547ppm
-----BOOL 1s HIGH-----
SEN0159:2.68V          CO2:608ppm
-----BOOL 1s HIGH-----
SEN0159:2.71V          CO2:528ppm
-----BOOL 1s HIGH-----
SEN0159:2.78V          CO2:<400ppm

```

Figura 16 Visualización en el monitor serie del Arduino leyendo el sensor MG811 ante la presencia de CO₂.

Fuente: Elaboración propia.

3.2 Calibración del sensor MQ135 – amonio (NH₄).

El sensor MQ135 está calibrado y programado para ser más sensible al gas amonio. Esto con la idea de medir la concentración de este gas en los recipientes que van a ser analizados con desechos orgánicos.

Para lograr su correcto funcionamiento, se dejó el sensor conectado durante 12 horas. Así se logra obtener datos reales del gas amonio. Para la calibración del sensor MQ135, se tuvo que estimar la curva mediante varios puntos a partir de la gráfica del datasheet. Se puede ver en la Figura 17 las curvas de los gases que detecta el sensor MQ135.

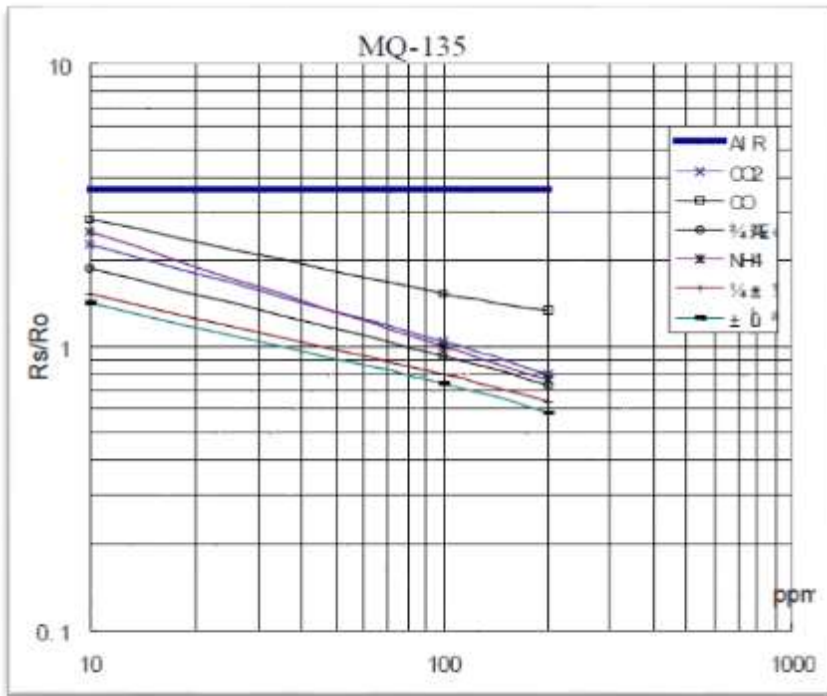


Figura 17 Curvas de los gases del sensor MQ135.
Fuente: (Datasheet, 2003).

A partir de la hoja de especificaciones técnicas como se aprecia en la Figura 17, se tomó varios puntos del gas amonio en el programa Automeris, es un software libre que se puede encontrar en la red. Así se graficó en Excel para encontrar la ecuación de la curva y los valores constantes de a y b el cuál se encuentra detallado en la gráfica 1.

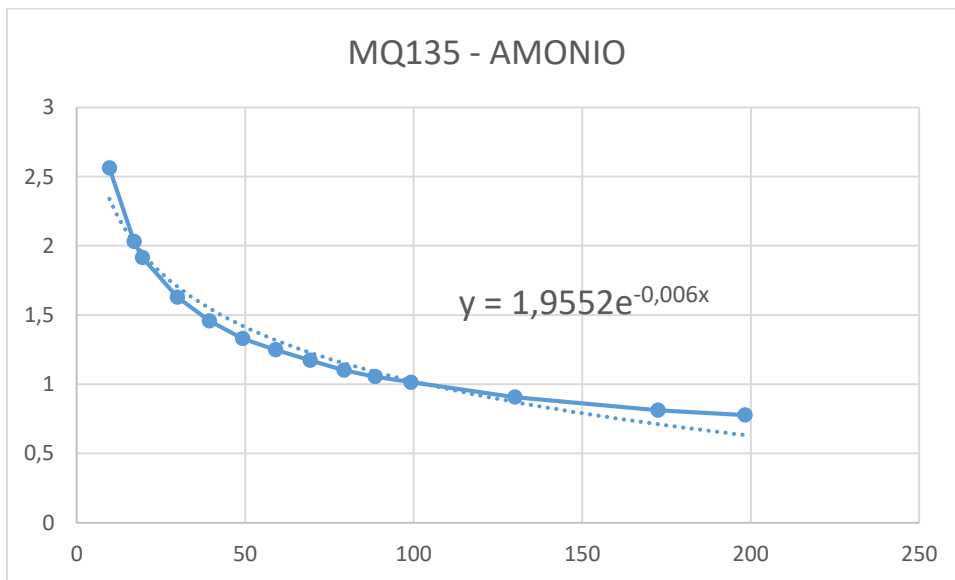


Gráfico 1 Curva del gas amonio con sus respectivos valores realizados en Excel.
Fuente: Elaboración propia.

Como se ve en el gráfico 1 los valores de a y b son:

$$a = 1,9552$$

$$b = 0,006$$

Luego de haber obtenido los valores de a y b, se procedió a medir la resistencia media del sensor durante 5 minutos cada 5 segundos de funcionamiento en aire limpio. El valor promedio de los valores medidos sirve para calcular la resistencia que se coloca en paralelo al sensor. Se puede observar en las ecuaciones (1, 2, 3, 4, 5).

$$R_s = \frac{\sum_1^n R_s}{n} \quad (1)$$

$$R_s = \frac{41.475}{47} \quad (2)$$

$$R_s = 0.88244681 \text{ M}\Omega \quad (3)$$

$$R_s = 0.88244681 * 1000 = 882.44681 \text{ K}\Omega \quad (4)$$

$$R_s = 882.44681 \text{ K}\Omega \quad (5)$$

Siendo:

$\sum_1^n R_s$ = Sumatoria de las muestras tomadas del sensor MQ135 en aire limpio.

R_s = Resistencia Media.

n = Número de muestras realizadas durante la calibración del sensor.

R_o = Resistencia del sensor.

Por último, para calcular el valor de R_o de la resistencia a colocar en paralelo al sensor MQ135. Con esto conseguimos una mayor sensibilidad al gas amonio (NH_4). Se calculó de la siguiente manera, y se puede ver en las ecuaciones (6, 7, 8).

$$R_o = \frac{R_s}{a(\text{ppm amonio})^b} \quad (6)$$

$$R_o = \frac{882.45}{1.9552(100)^{-0.006}} \quad (7)$$

$$R_o = 439.034 \text{ k}\Omega \quad (8)$$

Con el valor de R_o de 439.034 k Ω , se procede a su búsqueda en el mercado una resistencia de 470 k Ω , que es el valor estándar existente. Su alimentación es de 5V y su salida analógica se conecta directamente al puerto analógico del Arduino. Su esquema de conexión se puede observar en la Figura 18.

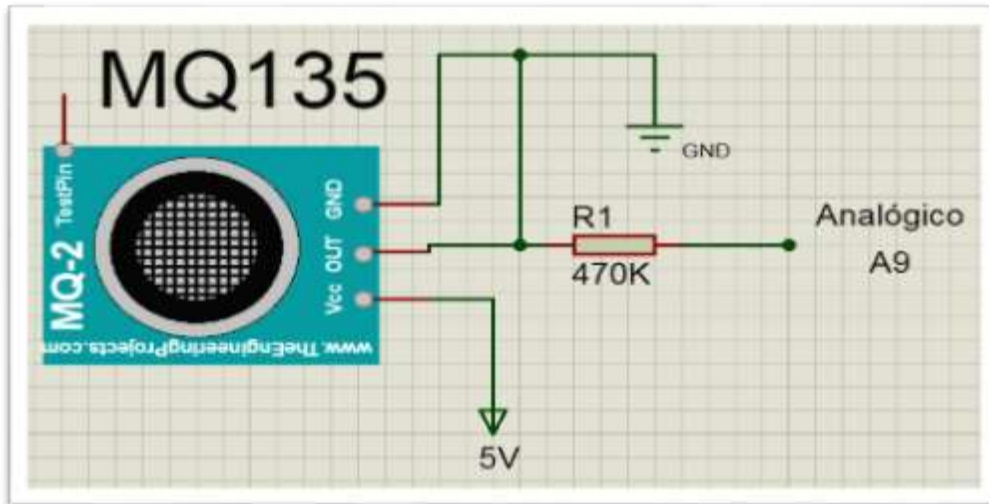


Figura 18 Esquema de conexión MQ135, tomar en cuenta que para el envase dos del sensor MQ135 – 2 se conectó al analógico A14.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.1 Verificación y funcionamiento del sensor MQ135.

El amonio (NH_4) es una sustancia química producida de forma natural a partir de la degradación de la materia orgánica.

Para la verificación de datos del sensor MQ135, se procedió a medir la concentración de gas amonio en condiciones normales, como se puede apreciar en la Figura 19 y 20 sus valores son de 0 ppm en aire limpio.



Figura 19 Pruebas del sensor MQ135 en aire limpio.

Fuente: Elaboración propia.

mq135	0.00ppm
mq135	0.00ppm
mq135	0.00ppm
mq135	0.00ppm
mq135	0.00ppm
mq135	0.00ppm
mq135	0.00ppm
mq135	0.00ppm
mq135	0.00ppm
mq135	0.00ppm
mq135	0.00ppm
mq135	0.00ppm
mq135	0.00ppm
mq135	0.00ppm
mq135	0.00ppm
mq135	0.00ppm
mq135	0.00ppm
mq135	0.00ppm
mq135	0.00ppm
mq135	0.00ppm
mq135	0.00ppm

Figura 20 Visualización en el monitor serie del sensor MQ135 en aire limpio.

Fuente: Elaboración propia.

La prueba del sensor se hizo en los laboratorios de Bioquímica de la Facultad de Ingeniería Industria y Construcción de la Universidad Católica de Cuenca. Como se sabe el gas amonio (NH_4) se puede encontrar de forma líquida o en la descomposición de la materia orgánica. El gas amonio es muy irritante y corrosivo, lo que puede causar una dificultad al respirar, por lo cual; se tomaron medidas de protección como: mascarilla y guantes para la toma de datos. Se colocó directamente en el envase que contenía amonio y se pudo ver automáticamente como subió los rangos de ppm, con la presencia de amonio puro y cuando se le retira del envase nuevamente se estabiliza llegando a 0 ppm. Esto se puede apreciar en la Figura 21 y 22.

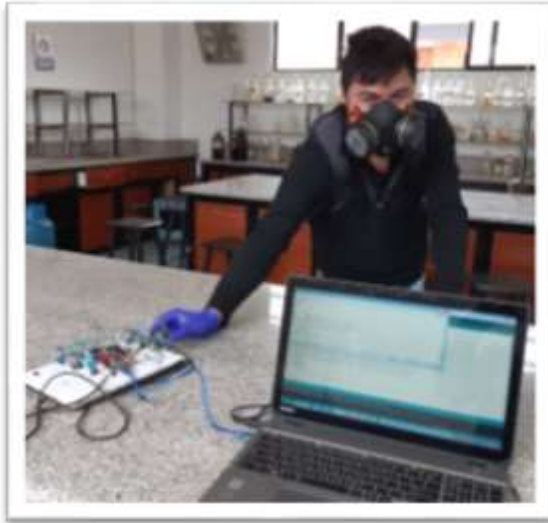


Figura 21 Pruebas del sensor MQ135 con la presencia de amonio puro.
Fuente: Elaboración propia.

mq135	:0.01ppm
mq135	:0.04ppm
mq135	323.47ppm
mq135	350.78ppm
mq135	408.00ppm
mq135	554.27ppm
mq135	687.67ppm
mq135	762.54ppm
mq135	778.81ppm
mq135	:0.73ppm
mq135	o:0.13ppm
mq135	o:0.06ppm
mq135	:0.04ppm
mq135	:0.03ppm
mq135	:0.03ppm
mq135	:0.03ppm
mq135	:0.03ppm

Figura 22 Visualización en el monitor serie del sensor MQ135 con la presencia de amonio puro.
Fuente: Elaboración propia.

3.3 Calibración del sensor MQ2 – (metano).

El sensor MQ2 está calibrado y ser sensible al gas metano (CH₄) en los recipientes que van a ser analizados con desechos orgánicos.

Para lograr su correcto funcionamiento se dejó el sensor conectado durante 12 horas. Así se logró obtener datos reales del gas metano. Para la calibración del sensor MQ2 se realizó los mismos pasos que el sensor MQ135. Comenzando con la estimación de la curva del gas metano. La cual, se observa en la Figura 23.

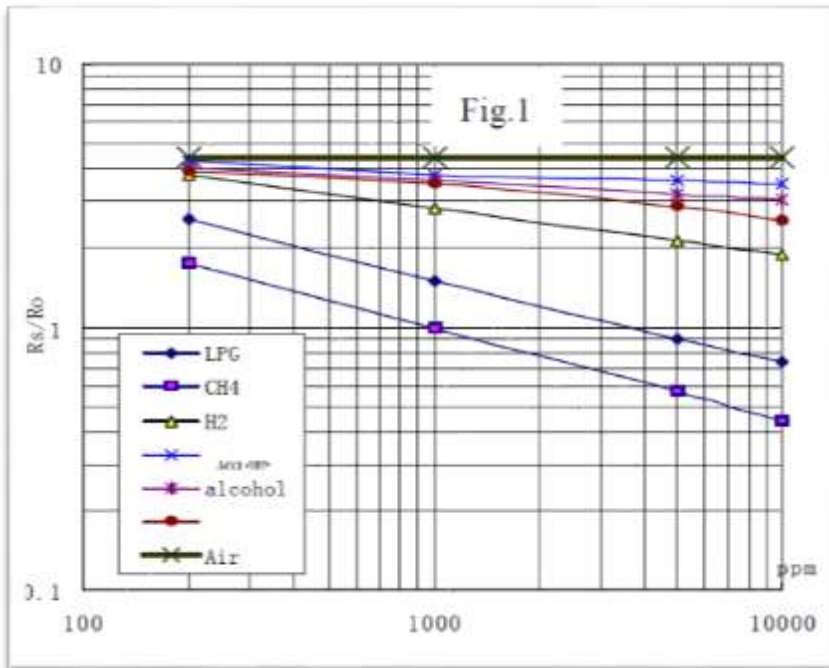


Figura 23 Curvas de los gases del sensor MQ2.
Fuente: (Datasheet, 2003).

A partir de la Figura 23, se tomaron varios puntos a la curva del gas metano para poder obtener la ecuación de la curva y así los valores de a y b. Esto se encuentra detallado en el Gráfico 2.

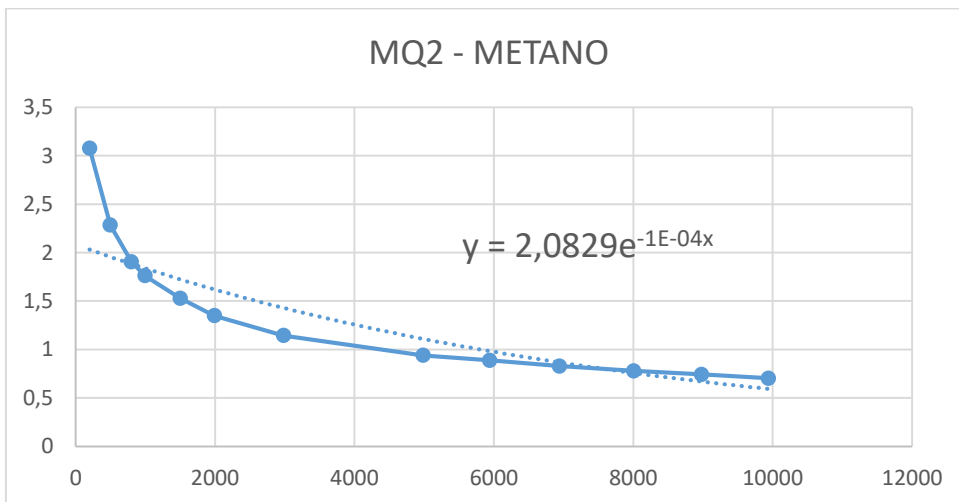


Gráfico 2 Curva del gas metano con sus respectivos valores realizados en Excel.
Fuente: Elaboración propia.

Los valores de a y b son:

$$a = 2,0829$$

$$b = 0,0001$$

Luego de haber obtenido los valores de a y b, se procedió a medir la resistencia media del sensor durante 5 minutos cada 5 segundos de funcionamiento en aire limpio. El valor promedio de los valores medidos sirve para calcular la resistencia que se coloca en paralelo al sensor. Se puede observar en las ecuaciones (9, 10, 11, 12, 13).

$$R_s = \frac{\sum_1^n R_s}{n} \quad (9)$$

$$R_s = \frac{80.832}{45} \quad (10)$$

$$R_s = 1.7962667 \text{ M}\Omega \quad (11)$$

$$R_s = 1.7962667 * 1000 = 1796.2667 \text{ K}\Omega \quad (12)$$

$$R_s = 1796.2667 \text{ K}\Omega \quad (13)$$

Siendo:

$\sum_1^n R_s$ = Sumatoria de las muestras tomadas del sensor MQ2 en aire limpio.

R_s = Resistencia Media.

n = Número de muestras realizadas durante la calibración del sensor.

R_o = Resistencia del sensor.

Por último, para calcular el valor de R_o de la resistencia a colocar en paralelo al sensor MQ2. Con esto conseguimos una mayor sensibilidad al gas metano (CH₄). Se calculó de la siguiente manera, y se puede ver en las ecuaciones (14, 15, 16).

$$R_o = \frac{R_s}{a(\text{ppm metano})^b} \quad (14)$$

$$R_o = \frac{1796.2667}{2.0829(5000)^{-0.001}} \quad (15)$$

$$R_o = 863.123803 \text{ k}\Omega \quad (16)$$

Con el valor de R_o de 863.1238 k Ω , se procede a su búsqueda en el mercado una resistencia de 910 k Ω , que es el valor estándar existente. Su alimentación es de 5V y su salida analógica se conecta directamente al puerto analógico del Arduino. Su esquema de conexión se puede observar en la Figura 24

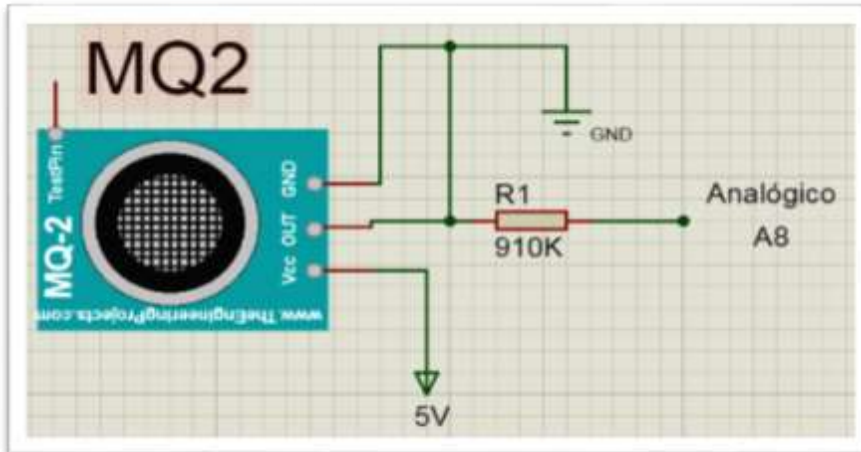


Figura 24 Esquema de conexión MQ2, tomar en cuenta que para el envase dos, el sensor MQ2 – 2 se conectó al analógico A15.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.1 Verificación y funcionamiento del sensor MQ2.

El metano (CH₄), es un gas inodoro e incoloro que está presente en la naturaleza por la descomposición de la materia orgánica, por el excremento del ganado y las fosforeras.

Para la verificación de datos del sensor se procedió a medir la concentración de gas metano en condiciones normales, como se puede apreciar en la Figura 25 y 26 sus valores son de 0 ppm en aire limpio.

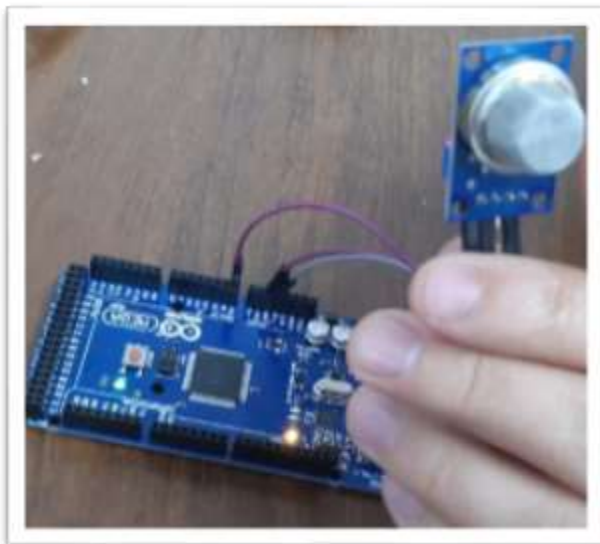


Figura 25 Pruebas del sensor MQ2 en aire limpio.

Fuente: Elaboración propia.

```
metano:0.00ppm
metano:0.00ppm
metano:0.00ppm
metano:0.00ppm
metano:0.00ppm
metano:0.00ppm
metano:0.00ppm
metano:0.00ppm
metano:0.00ppm
metano:0.00ppm
metano:0.00ppm
metano:0.00ppm
metano:0.00ppm
metano:0.00ppm
metano:0.00ppm
```

Figura 26 Visualización en el monitor serie del sensor MQ2 en aire limpio.
Fuente: Elaboración propia.

Para las pruebas del sensor se utilizó una fosforera para que el gas llegue al sensor directamente. Se pudo apreciar que automáticamente sube los rangos de ppm con la presencia de metano y cuando se deja de emitir el gas de la fosforera nuevamente se estabiliza llegando a 0 ppm. Esto se puede apreciar en la Figura 27 y 28.

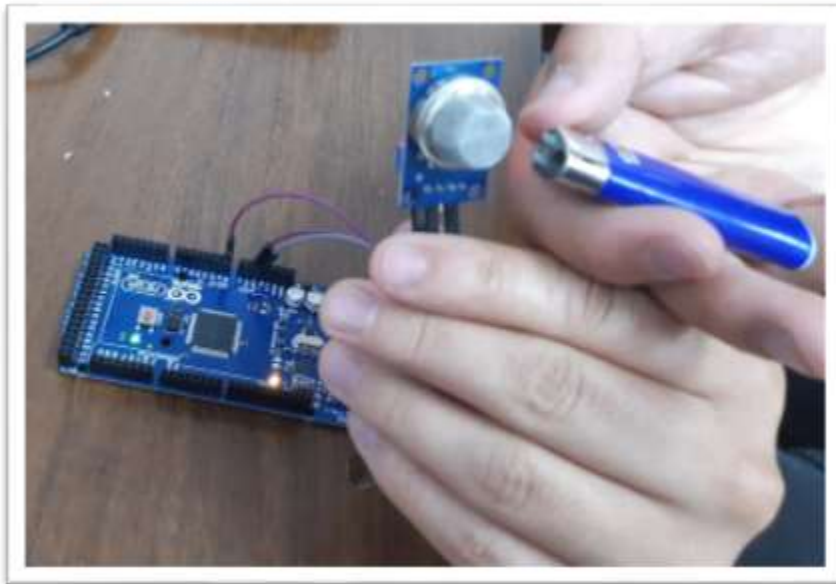


Figura 27 Pruebas del sensor MQ2 con la presencia de metano.
Fuente: Elaboración propia.

```

netano:0.00ppm
netano:0.00ppm
netano:0.00ppm
netano:0.00ppm
netano:3.60ppm
netano:188.69ppm
netano:1002.74ppm
netano:1624.79ppm
netano:3065.65ppm
netano:4154.30ppm
netano:3379.34ppm
netano:8.89ppm
netano:2.66ppm
netano:1.56ppm
netano:1.49ppm

```

Figura 28 Visualización en el monitor serie del sensor MQ2 con la presencia de metano.
Fuente: Elaboración propia.

3.4 Sensor de temperatura y humedad – DHT11.

Para el correcto funcionamiento del sensor es necesario colocar una resistencia de 10 k Ω para tener una alta sensibilidad, para así tomar muestras de formas instantáneas o rápidas dependiendo del grado de temperatura y humedad. Su conexión se puede ver en la Figura 29.

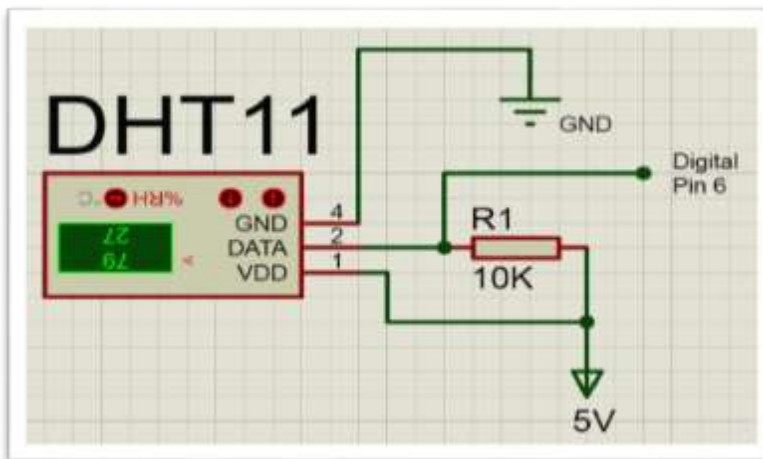


Figura 29 Esquema de conexión DHT11, tomar en cuenta que para el envase dos, el sensor DHT11 – 2 se conectó al pin 3.
Fuente: Elaboración propia.

3.5 Sensor de temperatura en líquido – DS18B20.

El sensor DS18B20 para un correcto funcionamiento se debe colocar una resistencia de 4.7 k Ω , su alimentación es de 5V y su salida digital se conecta directamente al puerto digital del Arduino. Generalmente este sensor consta de un cable para sumergirlo en envases con líquidos u otras

sustancias para su protección; además, cuenta con un blindaje para no afectar en la medición de datos. Su conexión puede observarse en la Figura 30.

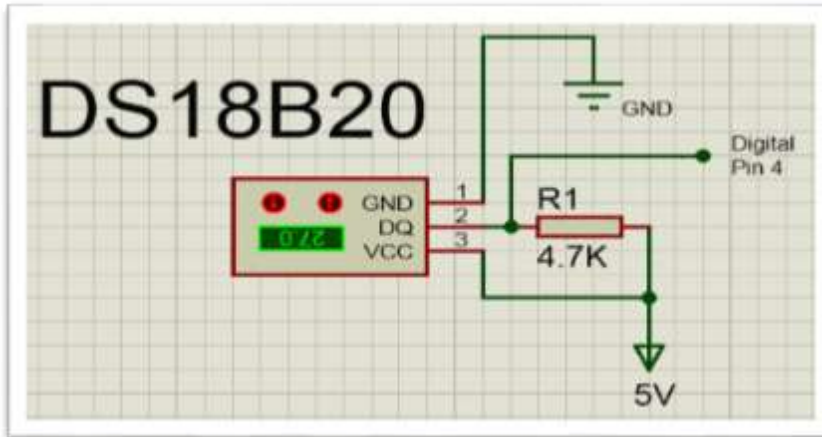


Figura 30 Esquema de conexión DS18B20, tomar en cuenta que para el envase dos, el sensor DS18B20 – 2 se conectó al pin 7.

Fuente: Elaboración propia.

3.6 Esquema de conexión final de los sensores.

El sistema final con todos los sensores, se muestra en la Figura 31. Como se observa se ocupa tres puertos analógicos, dos digitales y la alimentación.

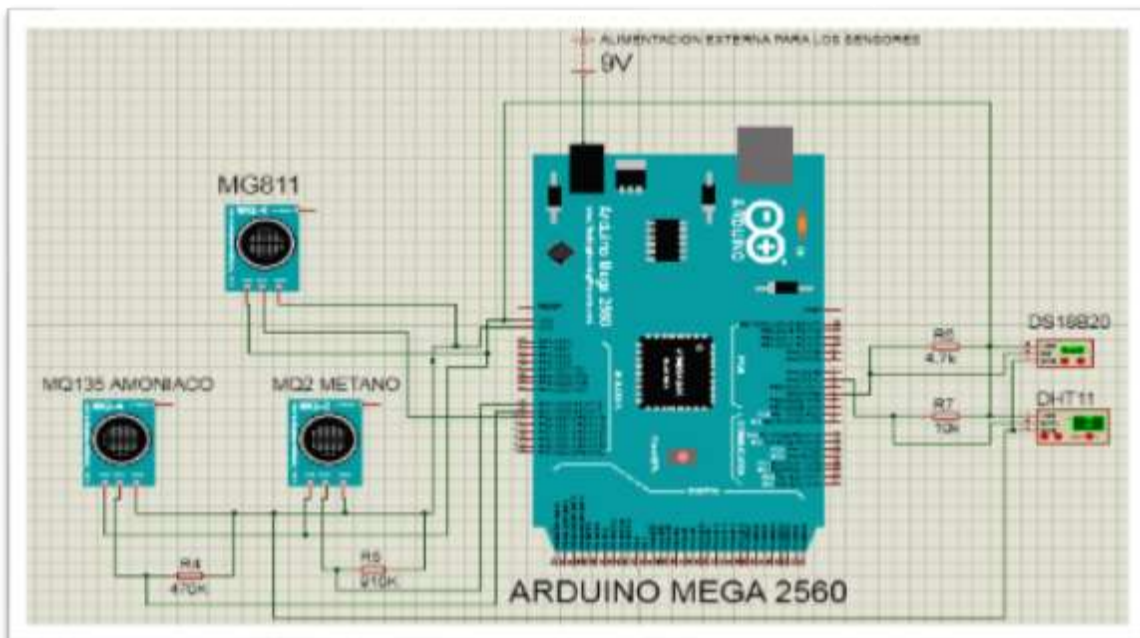


Figura 31 Esquema de conexión general de los sensores del envase 1, tomar en cuenta que para el envase dos el sensor MQ2 se conectó al pin A15, sensor MQ135 se conectó al pin A14, sensor DHT11 se conectó al pin 3, sensor MG811 se conectó al pin A13, sensor DS18B20 se conectó al pin 7.

Fuente: Elaboración propia.

3.7 Diseño general de los sensores con su respectiva placa (Eagle).

Para el diseño de la placa electrónica se lo realizó en el programa Eagle, que es una aplicación para hacer diseños electrónicos impresos PCB. Como se puede observar en la Figura 32.

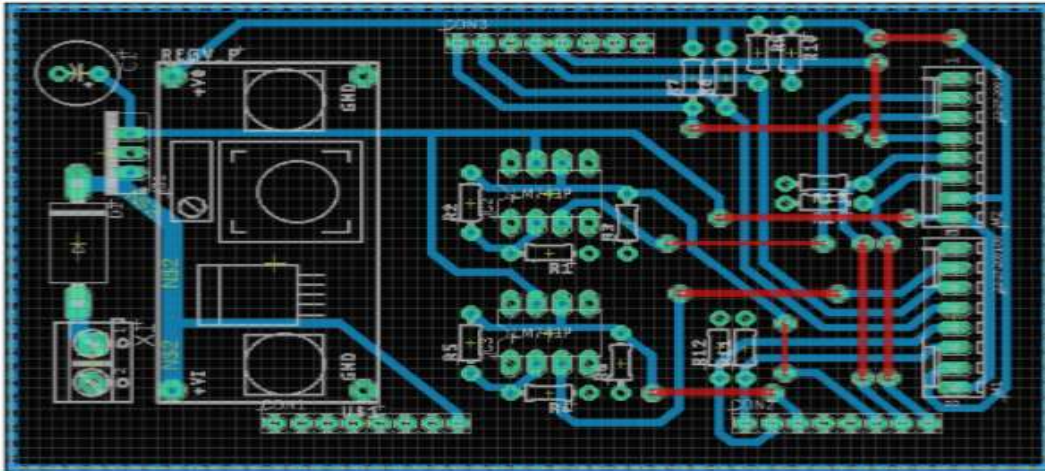
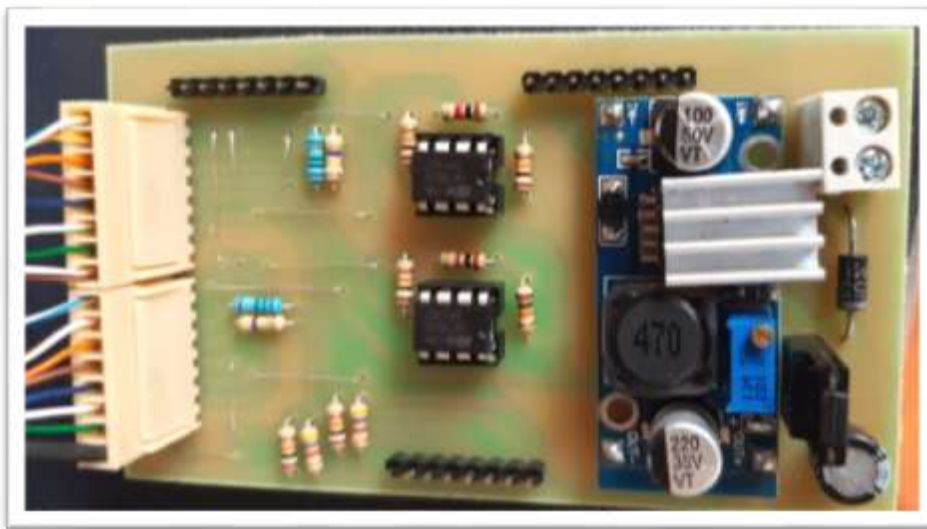
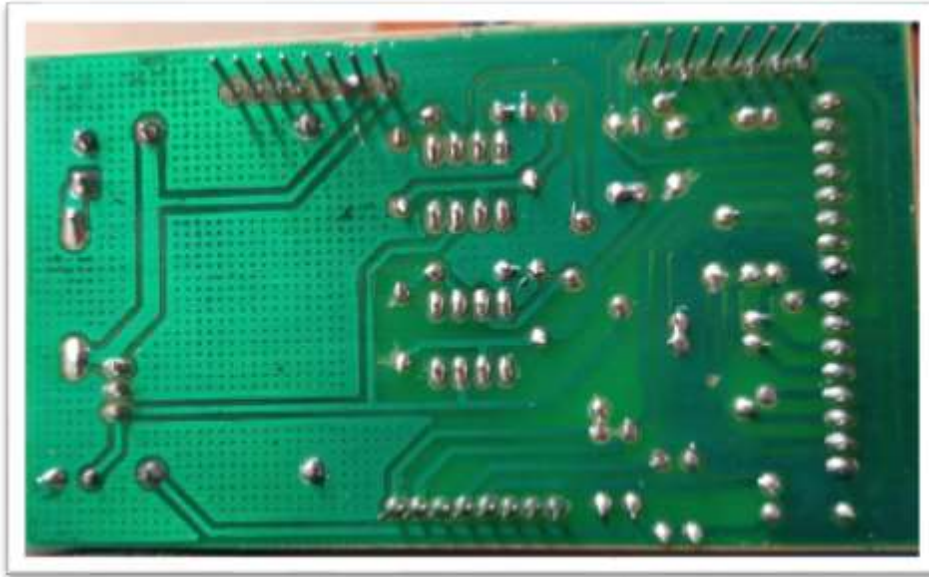


Figura 32 Diseño general de conexión de los sensores con su respectiva placa.
Fuente: Elaboración propia.

A continuación se muestra la placa ya impresa con sus respectivas pistas. A la placa se le agregó un convertidor de voltaje, para que los sensores funcionen correctamente y no varíe el voltaje de entrada a los mismos. Las necesidades energéticas de los sensores no eran abastecidos por la placa Arduino. El montaje y soldadura de los respectivos elementos se hizo de manera manual. Se puede observar esto en la Figura 33a y 33b.



a)



b)

Figura 33 a) Placa principal con sus elementos soldados parte frontal, b) Placa principal parte posterior.
Fuente: Elaboración propia.

3.8 Cámaras en los envases 1 y 2.

El desarrollo de nuestra investigación se realizó en el Campus de la Jefatura de Posgrados de la Universidad Católica de Cuenca, en la Estancia Luis Cordero “El Grande” ubicado en el sector de Uncovía.

El montaje de las cámaras se realizó en los envases de 20 litros, donde se colocó un soporte transversal en el centro del envase a una altura de 50 cm de la base del recipiente. Lo cual sirvió para posicionar las cámaras en el centro y así lograr capturar las imágenes con claridad y precisión. Esto se observa en la Figura 34a y 34b.



a)



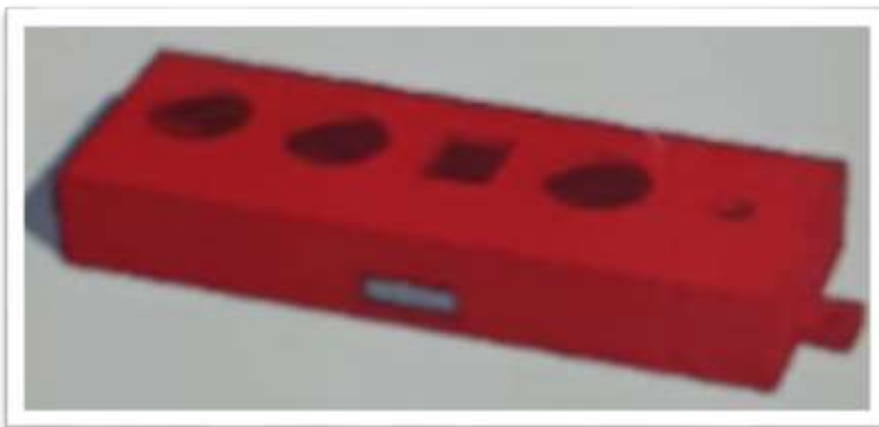
b)

Figura 34 a) Colocación de la madera en el centro del envase b) Montaje de las cámaras en el envase.
Fuente: Elaboración propia.

3.9 Diseño, construcción montaje de las cajas de protección del sistema de sensores.

Primero se elaboró las cajas en el programa TinkerCad, que es un software libre y que funciona en la nube o sirve para diseñar modelos tridimensionales. Se diseñó las cajas con las medidas de cada sensor, se debe tener en consideración que se realizó dos cajas (una para cada envase).

Las cajas se diseñaron con el propósito de proteger los circuitos de todo el sistema, dejando a la vista solo la parte que debe ir expuesta en cada sensor. A continuación en la Figura 35 a y b muestra los modelos de las cajas para el sistema.



a)



b)

Figura 35 a) Construcción de la caja para los sensores parte frontal b) Vista de la caja los sensores parte trasera.

Fuente: Elaboración propia.

Con los modelos se procedió a realizar la impresión en 3D elaboradas las cajas que contienen los sensores de las mismas que fueron fabricadas en FabLab de la Unidad Académica de Ingeniería. Se tomaron las medidas de las cajas con el objetivo de cortar las tapas de los envases esto se puede observar en la Figura 36 a y b. Con la finalidad que el sistema quede colocado en los recipientes y los sensores se encuentren expuestos al lado de la tapa del interior del envase.



a)



b)

Figura 36 a) Corte de las tapas de los envases, b) Corte final de la tapa.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se fija las cajas del sistema. Se sella de manera hermética para que no haya fuga de gases. Esto se puede apreciar en la Figura 37.



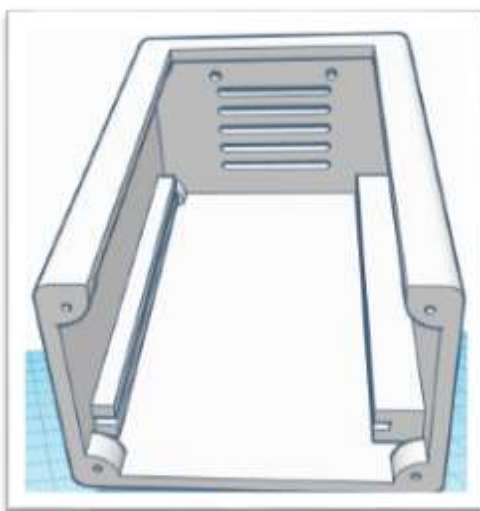
a)



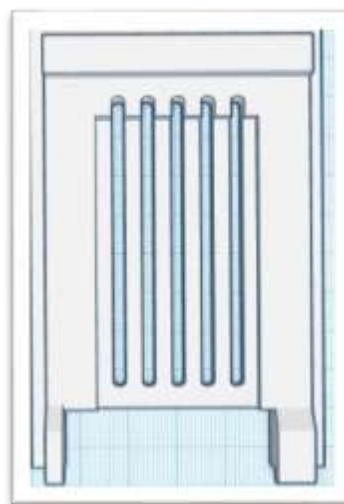
b)

Figura 37 Sensores con cajas de protección en sus respectivas tapas, a) Vista frontal, b) Vista posterior.
Fuente: Elaboración propia.

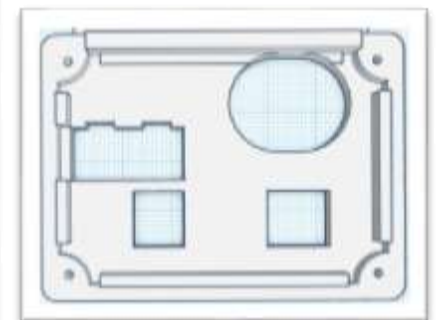
Adicionalmente, para proteger el Arduino Mega y la placa de control se elaboró otra caja con la finalidad de proteger las tarjetas. Su diseño puede apreciar en la Figura 38.



a)



b)



c)

Figura 38 Construcción de la caja para el Arduino Mega 2560 con su placa a) Vista frontal, b) Vista superior, c) Tapa de protección.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se conectó la caja de sensores a la caja de control con la ayuda de cable UTP. Esto se puede observar en la Figura 39 y 40.



Figura 39 Elaboración de las cajas de sensores y arduino con su placa.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 40 Montaje final de los sensores en sus respectivas tapas y sus conexiones a la placa Arduino.
Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV

4. PROCEDIMIENTO

La toma de datos se realizó durante el periodo de un mes. Es importante destacar que todos los sensores funcionaron sin problema alguno, no se visualizaron ruidos o valores no deseados.

Para la medición de los datos de los sensores y de las imágenes de las cámaras se realizó en su totalidad por: Arduino y Raspberry Pi. El primer subsistema es el encargado de monitorear los gases dentro del contenedor (dióxido de carbono, amonio y metano), así como la temperatura y humedad ambiental. El segundo subsistema sirve para monitorear mediante análisis de imágenes los cambios a nivel superficial de la materia en descomposición, así como de iluminar el contenedor. La esquematización del sistema se puede observar en la Figura 41.

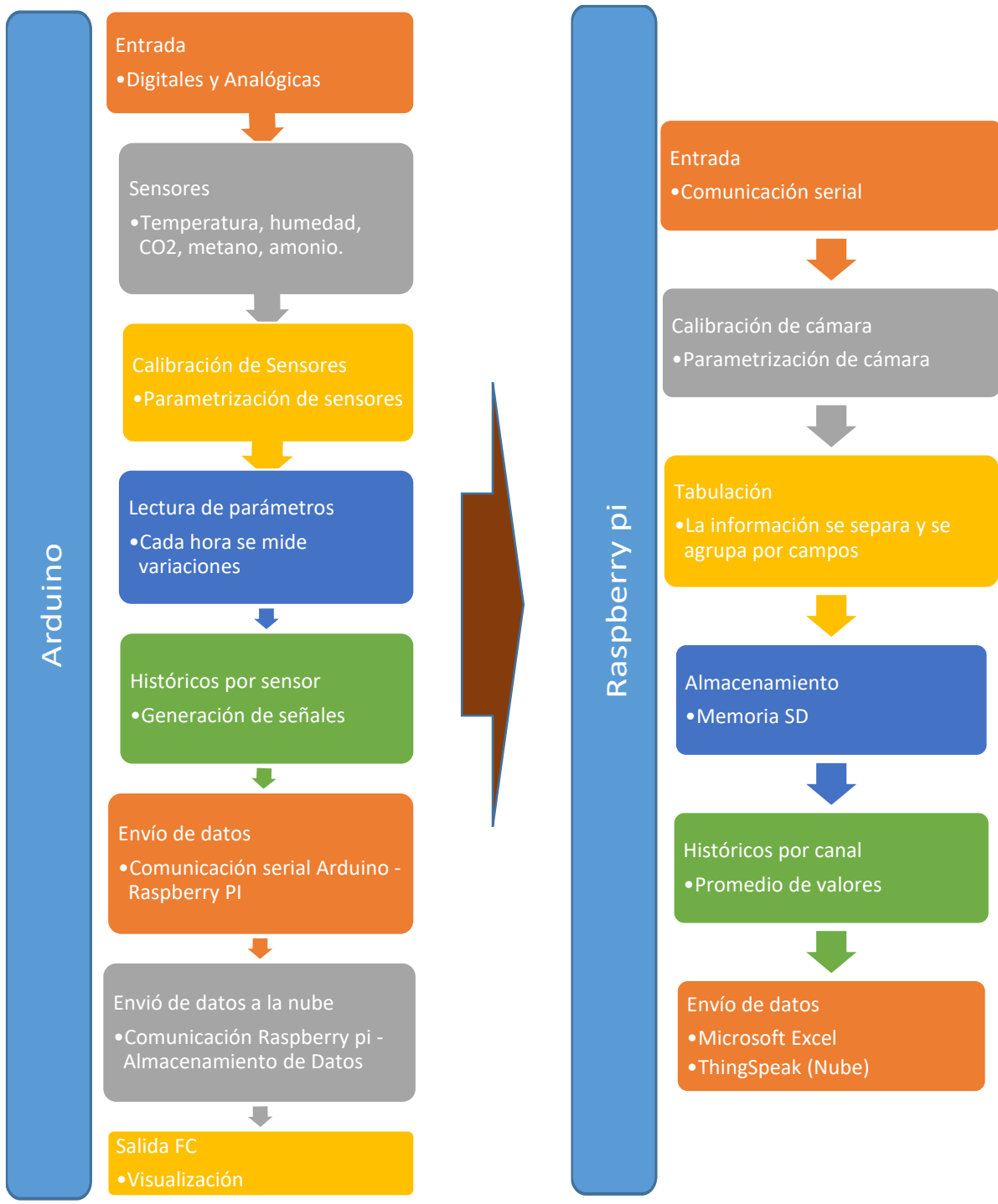


Figura 41 Esquematización del sistema.
Fuente: Elaboración propia.

Se recolectó residuos sólidos orgánicos, en su mayoría fueron restos de verduras y hortalizas, los mismos que se transportaron a la Jefatura de Posgrados. Donde se adecuo y molió de manera homogénea. Posteriormente se colocó en dos contenedores los residuos, los mismos constan

con una tapa que cierra herméticamente el contenedor. Esto además, sirvió como prevención y protección de la lluvia y de la radiación solar directa.

Con el fin de lograr mayor uniformidad en las muestras se mezclaron los residuos sólidos orgánicos. Se colocó 12 Kg en cada uno de los contenedores como se observa en la Figura 42.



Figura 42 a) Pesaje de residuos orgánicos y b) Colocación de los residuos orgánicos en los contenedores.
Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, se adecuo una caja que cubría totalmente cada contenedor, para poder realizar un análisis sin perturbaciones de luz ambiental. Cada contenedor contaba con su sistema de iluminación propia; el cual, era dotado por las cámaras web que se colocaron en los contenedores. Todo esto fue realizado con la finalidad de evitar cambios bruscos de iluminación y/o temperatura, logrando conseguir un microambiente propicio para la putrefacción. La conceptualización del sistema se puede observar en la Figura 43.

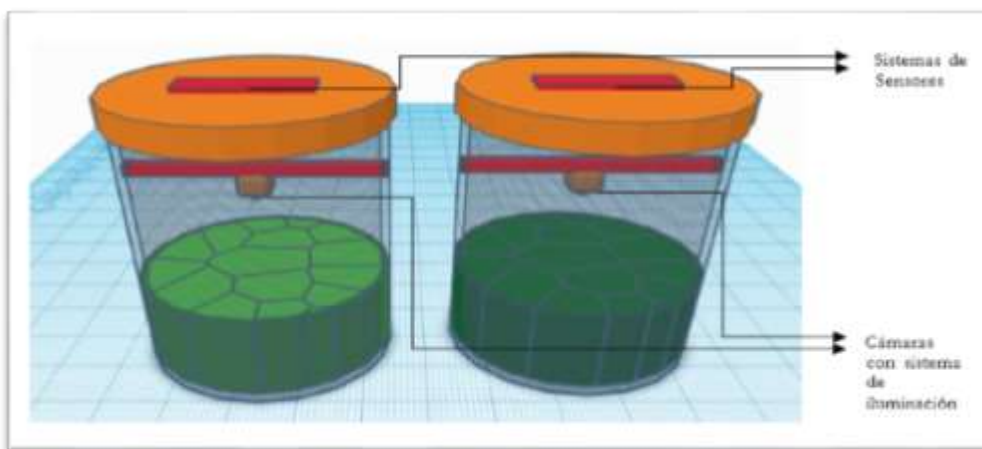


Figura 43 Conceptualización del sistema.
Fuente: Elaboración propia.

Los residuos orgánicos se colocaron durante cuatro días en los recipientes con y sin microorganismos benéficos.

4.1 Resultados.

4.1.1 Medición de temperatura.

Los sensores de temperatura monitorearon valores muy semejantes en cada uno de los envases. Existen pequeñas variaciones que vale la pena puntualizar. En el caso de la temperatura ambiental, se encuentra que la temperatura en ambos envases es casi idéntica, con un valor medio de 32.70 °C, un máximo de 40.20 °C y un mínimo de 26.50 °C para el envase no tratado y un valor medio de 32.69 °C, un máximo de 40.50 °C y un mínimo de 26.50 °C para el envase tratado. Esto se observa en la Gráfica 3.

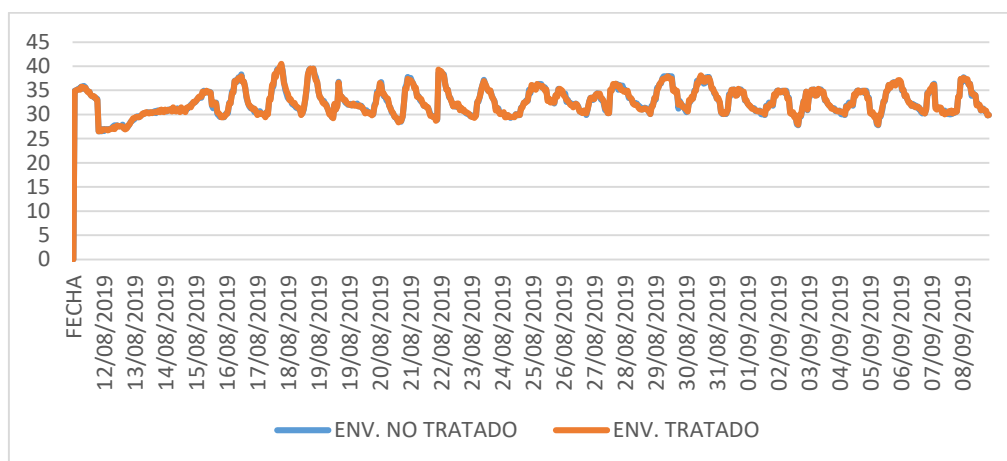


Gráfico 3 Datos obtenidos de temperatura ambiental.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2 Medición de humedad.

En el caso de la humedad, al igual que la temperatura ambiental del envase se encontró que la humedad relativa en ambos envases es casi idéntica, con un valor medio de 52.01 %, un máximo de 70.00 % y un mínimo de 40.00 % para el envase no tratado y un valor medio de 52.04 %, un máximo de 70.00 % y un mínimo de 40.00 % para el envase tratado. Esto se observa en la Gráfica 4.

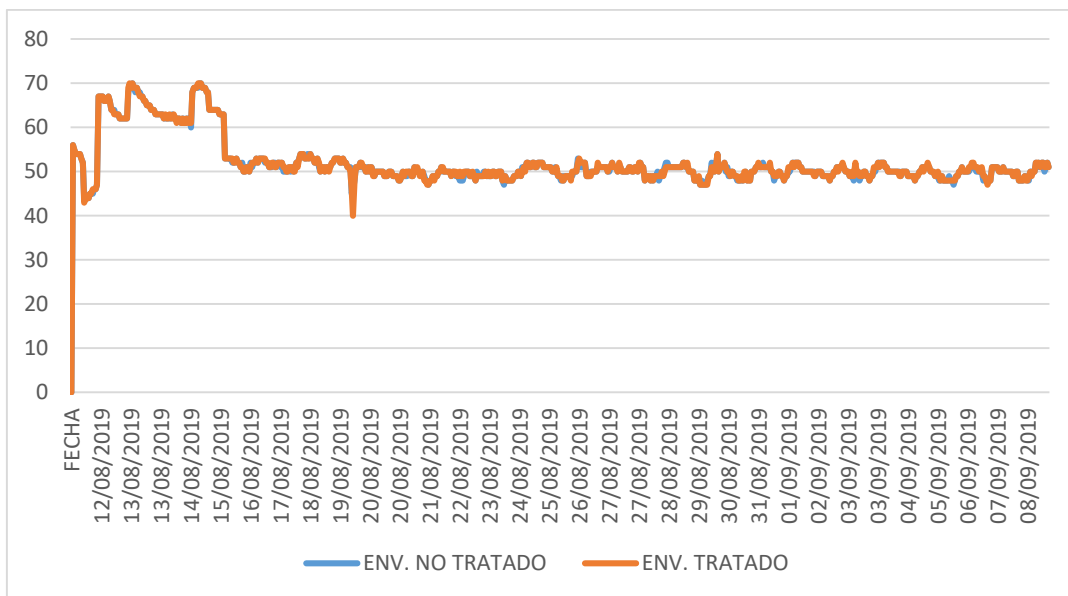


Gráfico 4 Datos obtenidos de humedad ambiental.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3 Medición de temperatura en líquido.

En el caso de la sonda que media la temperatura interna de la materia en descomposición, la temperatura sí sufrió variaciones, con un valor medio de 18.25 °C, un máximo de 21.62 °C y un mínimo de 15.69 °C para el envase no tratado y un valor medio de 18.60 °C, un máximo de 24.12 °C y un mínimo de 15.81 °C para el envase tratado. Este ascenso en la temperatura se observa que empieza después de una semana, cuando los microorganismos benéficos están generando una actividad biológica, debido a que empieza su multiplicación, pero después de cinco días desciende esta actividad. En este punto se puede observar que vuelve a equipararse la temperatura en ambos envases. Esto se observa en la Gráfica 5.

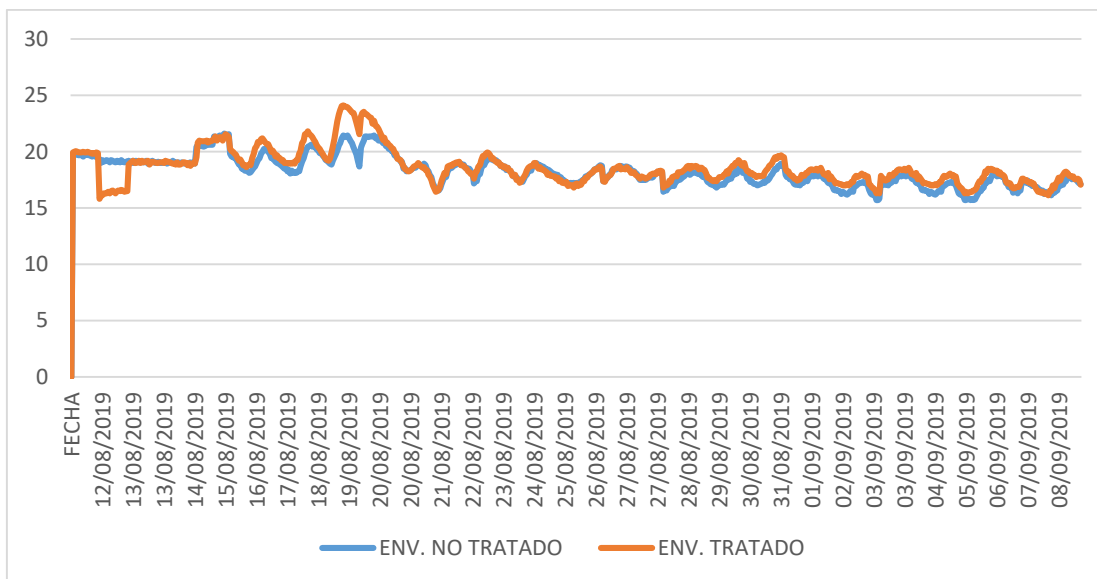


Gráfico 5 Datos obtenidos de temperatura en líquido.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4 Medición de gas metano.

En el caso de la emisión de gas metano se observa una diferencia marcada de emisiones. El metano es un problema para el medio ambiente debido a su composición fotoquímica por la luz solar. Con un valor medio de 0.45 ppm, un máximo de 2.82 ppm y un mínimo de 0.00 ppm para el envase no tratado y un valor medio de 0.02 ppm, un máximo de 0.03 ppm y un mínimo de 0.00 ppm para el envase tratado. Esto es importante para reducir uno de los principales gases de efecto invernadero como es el metano atmosférico. El metano es el segundo gas tras el CO₂, y este gas se da en la degradación de los residuos orgánicos. Se puede ver que en promedio hay una reducción del 96.48%. Ver Gráfica 6.

El manejo del metano es importante porque puede explotar si se acumula en un ambiente cerrado, es un gas de efecto invernadero y su producción en grandes volúmenes contribuye de manera importante, a la contaminación atmosférica (Bernache Perez, 2012) el metano perjudica varios cambios en la atmósfera. Las enormes cantidades de metano que se generan en los vertederos podrían mover el punto de equilibrio de la fotoquímica atmosférica, aun cuando la velocidad de reacción de este compuesto sea baja (Hernández Moreno, Dávila Gomez, & Mugica Alvarez, 2017).



Gráfico 6 Datos obtenidos del gas metano.
Fuente: Elaboración propia.

4.1.5 Medición de gas amonio.

En cuanto al gas amoniaco también se observa una reducción en las emisiones, aunque existen unos picos que hay que analizar. Con un valor medio de 0.49 ppm, un máximo de 2.27 ppm y un mínimo de 0.00 ppm para el envase no tratado y un valor medio de 0.11 ppm, un máximo de 0.82 ppm y un mínimo de 0.00 ppm para el envase tratado. El pico de 0.82 ppm es del décimo día cuando se agregó más basura y microorganismo benéficos. Al parecer, se liberó gas amonio que estuvo encapsulado como una bola de aire en la basura. De cualquier manera, se puede ver una reducción media del 77.41 % de emisiones de amoniaco, que es un gas contaminante que afecta al ambiente y calidad de vida de las personas por su incidencia en la salud. Ver Gráfica 7.

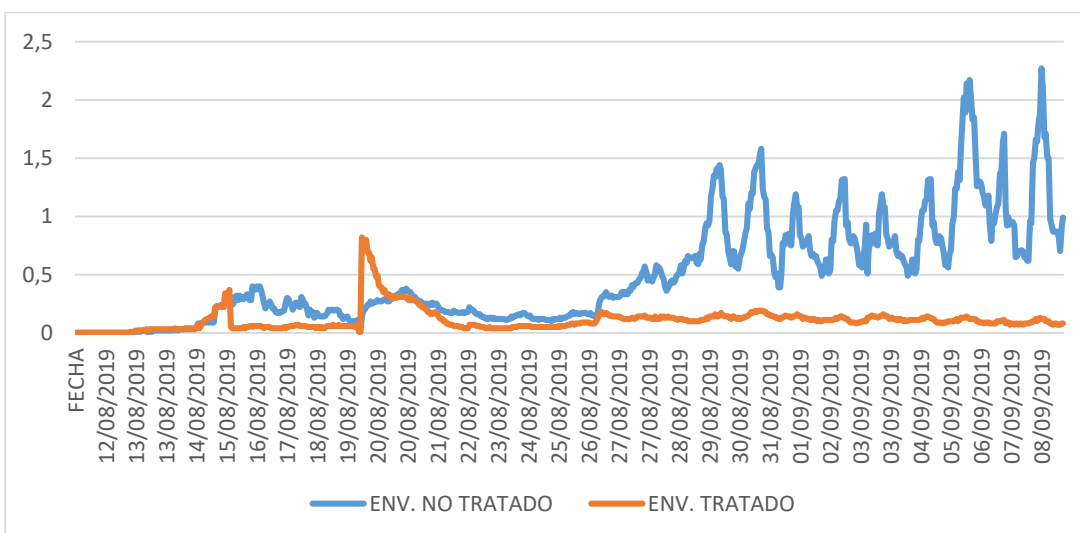


Gráfico 7 Datos obtenidos del gas amoniaco.
Fuente: Elaboración propia.

4.1.6 Medición de dióxido de carbono.

En el dióxido de carbono también se puede observar una reducción de emisiones. Con un valor medio de 5576.54 ppm, un máximo de 9912.00 ppm y un mínimo de 400.00 ppm para el envase no tratado y un valor medio de 4974.75 ppm, un máximo de 8329.00 ppm y un mínimo de 400 ppm para el envase tratado. Se obtiene una reducción media del 10.79 % de emisión de CO₂, que es un gas responsable del efecto invernadero y que su concentración se ha incrementado en los últimos años hasta más de 400 ppm. Ver Gráfica 8.

La concentración media diaria de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera alcanzó en abril un nivel récord de 415 partes por millón (ppm), un valor histórico que no se alcanzaba desde hace 3 millones de años, es decir, antes de que el hombre habitara la Tierra (Ecoavant, 2019).

En el experimento y en las curvas se pueden distinguir dos momentos muy marcados. Estos dos ciclos son coincidentes con la nueva entrada de material fresco el 19 de agosto de 2019.

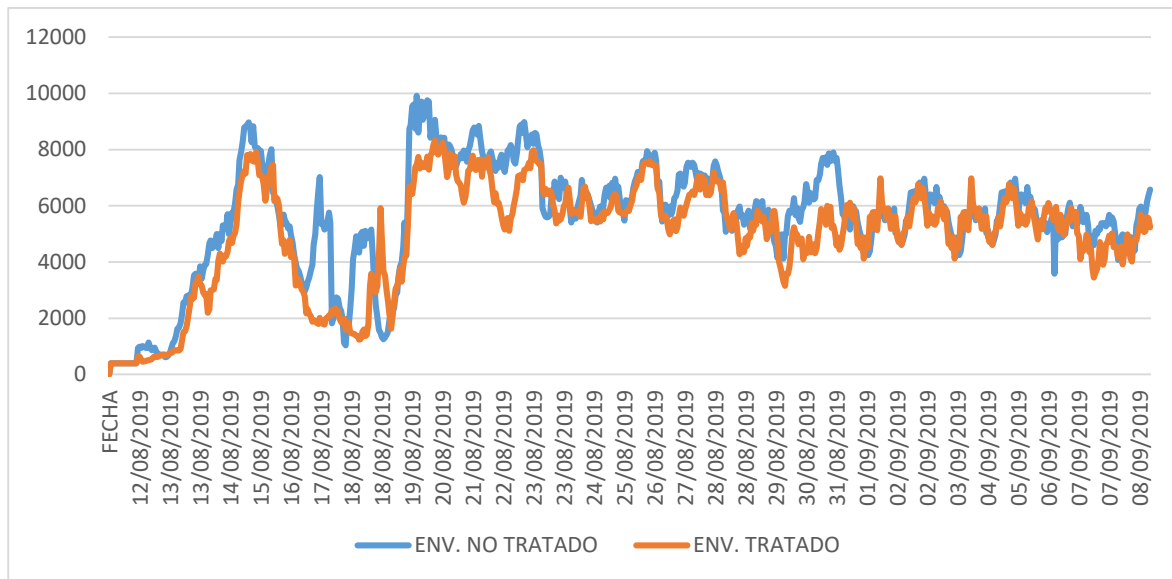


Gráfico 8 Datos obtenidos del gas dióxido de carbono.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.7 Medición de colores en visión artificial.

Para la medición de variación de colores mediante el análisis de las imágenes se realizó un script en Matlab. Este permite analizar un área dentro de cada frase o imagen (Cada imagen de las 275 imágenes se capturaron cada hora por las cámaras durante el mes de investigación). El área de análisis se separa por los canales que componen la imagen, o sea Rojo, Verde y Azul (RGB). Finalmente, estas tres áreas que contienen la componente de cada color, se promedian y se guardan en una pila de datos. Así, se logra generar una señal que permite analizar las variaciones de color en cada uno de los canales. Como se puede ver en la Gráfica 9 y 10 tenemos un análisis de área de saturación y cambio de los pixeles en los tres canales de diferentes colores de espectrometría en los canales RGB tanto en el envase tratado y no tratado.

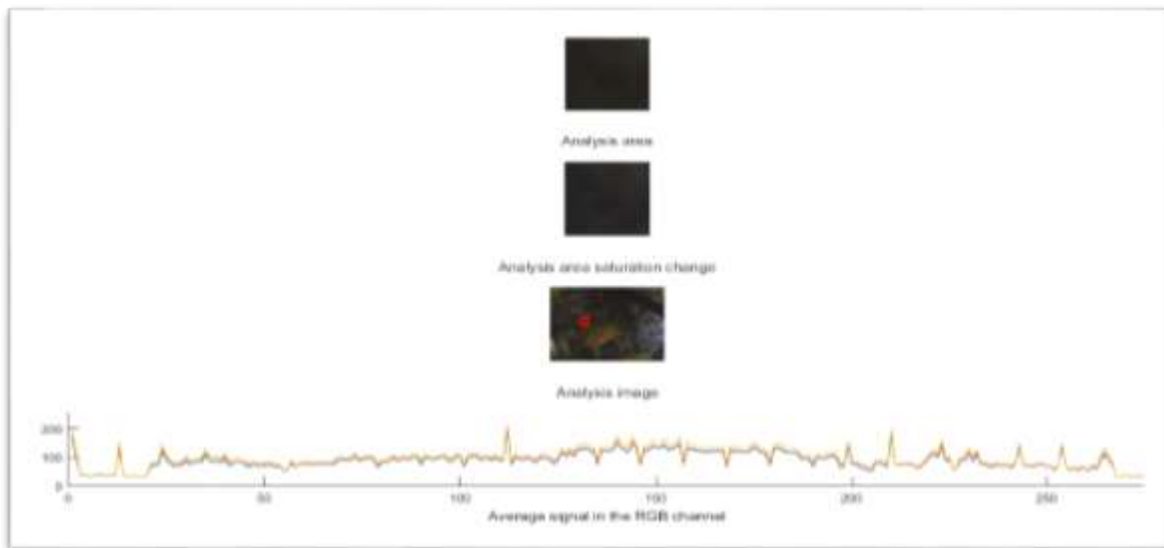


Gráfico 9 Análisis de saturación envase tratado.
Fuente: Elaboración propia.

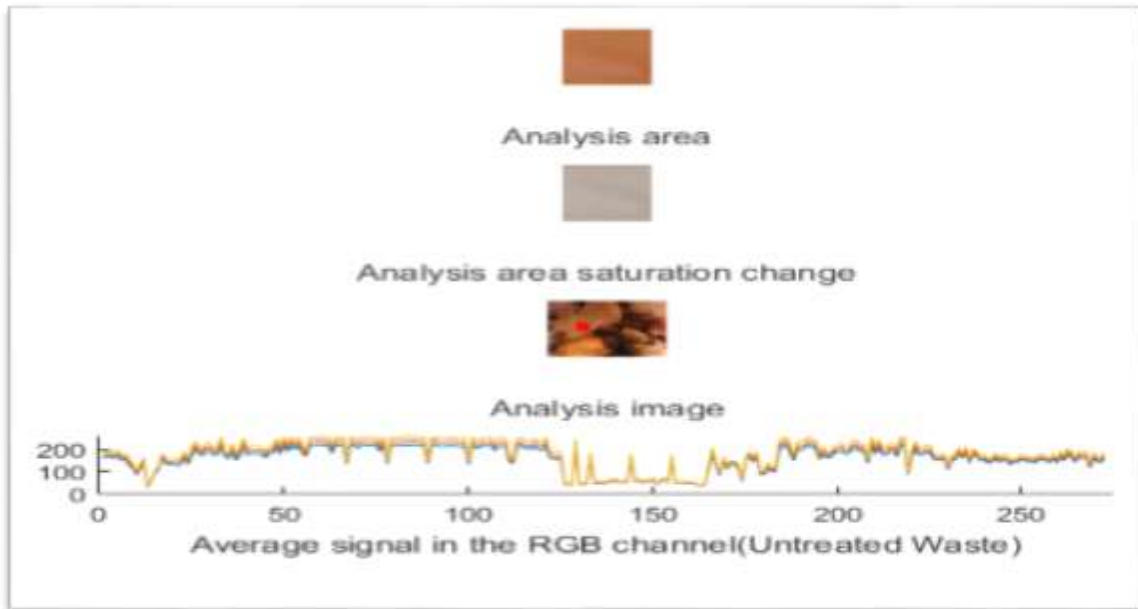


Gráfico 10 Análisis de saturación envase no tratado.
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se realizó la comparación de las dos gráficas, donde se evalúa la parte de intensidad de luz. Esta variación de luz o intensidad de luz varía desde 0 a un máximo de 255. Esto es debido a que la variación de las tonalidades de cada color es de 8 bits. En la Gráfica 11 se observa que las líneas continuas corresponden al envase tratado y las líneas entrecortadas al envase no tratado.

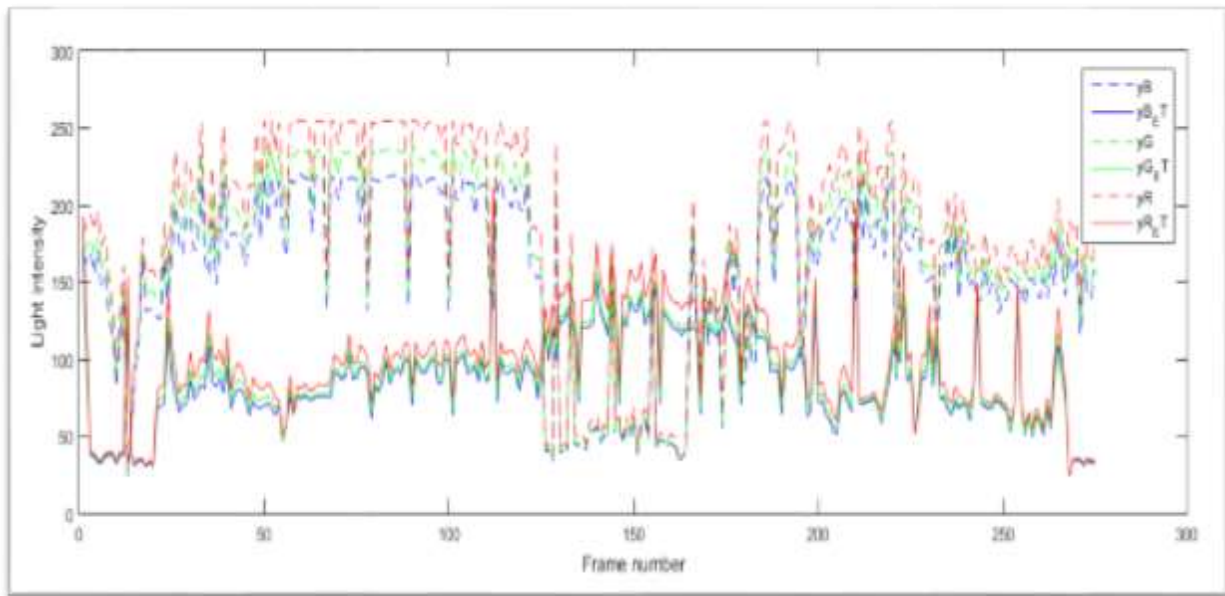


Gráfico 11 Comparación de las imágenes en los envases analizados.
Fuente: Elaboración propia.

Se observa una mayor estabilidad en las tonalidades de los envases tratados, esto permite discernir que la descomposición se ralentiza, existiendo así menos cambios a nivel de colores. Esto no es evidente en los envases no tratados, existen picos positivos y negativos en los primeros 120 frames aproximadamente. Después, se puede observar una caída abrupta que es coincidente con el día de la abertura de los envases. Se notó que los desechos molidos con el ingreso de oxígeno se transformaron rápidamente. Lo cual no ocurrió con los desechos tratados. Además, a partir del frame 180 nuevamente se evidencia un aumento en la tonalidad de los colores con pronunciados picos. Un análisis profundo y detallado debe partir de estos datos y su relación con las otras variables medidas por especialistas en la rama de tratamientos de residuos, para determinar con exactitud que procesos a nivel biológico y no biológico están ocurriendo al interior de cada recipiente.

CAPITULO V.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 Conclusiones.

Es importante recalcar que los autores no hemos encontrado otro experimento de este tipo o características similares. Los microorganismos benéficos sirven para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y su viabilidad para ser utilizados dentro del compostaje casero.

En definitiva, se ha logrado mejorar las metodologías convencionales donde el observador puede interferir en el experimento y siempre puede entrar en juego su subjetividad. Además, se amplió la resolución con un muestreo elevado realizado cada hora.

Por falta de recursos económicos y tiempo en la investigación no se pudo analizar más gases que pueden emitir la degradación de materia orgánica.

Se demostró una reducción de gases contaminantes como metano, amoníaco y dióxido de carbono en un 96.48%, 77.41% y 10.79%, respectivamente. Por lo cual, se concluye que los microorganismos benéficos ayudan a la descomposición de la materia orgánica, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero.

Los cinco sensores elegidos fueron los indicados por su calidad, pues no sufrieron ningún percance o interrupción alguna durante el mes de funcionamiento.

La elección del Raspberry Pi, es una de las mejores alternativas para el almacenamiento de los datos de sensores e imágenes de las cámaras y así poder trabajar de una manera más sencilla.

5.2 Recomendaciones.

Se recomienda dar un buen manejo de los desechos orgánicos, ya que son los principales causantes del efecto invernadero. Debido a que emiten gases como metano, amoníaco y dióxido de carbono. Lo cual es perjudicial para la naturaleza.

Los resultados obtenidos son alentadores para seguir evaluado y cuantificando la descomposición de la materia, la cual ha sido tratada con diferentes tipos y cantidades de microorganismos benéficos. Pensamos, que el presente artículo es la base para demostrar el beneficio de utilizar dentro del proceso de putrefacción de desechos.

Los autores esperamos seguir desarrollando sistemas basados en software libre y hardware libre DIY. Y con ello conseguir una gran versatilidad de dispositivos y sensores, los cuales son de precios asequibles y con valores de incertidumbre aceptables.

El presente estudio permite analizar en futuros proyectos de investigación, cuántas toneladas de desechos orgánicos emiten la ciudad de Cuenca o país, que son entregados diariamente en los vertederos de basura y así cuantificar los gases que emiten al medio ambiente.

Es recomendable utilizar los Microorganismos Benéficos, para que ayuden a la putrefacción de los residuos orgánicos, así se evita la emisión de malos olores y se reduciría la presencia de los gases en todos los hogares.

Es obligatorio revisar los Datasheet de cada uno de los sensores, para comprender el funcionamiento de cada uno, y así evitar su mala manipulación, debido a que estos sensores son muy frágiles a la hora de ponerlos en funcionamiento.

También, es recomendable colocar una caja de protección para los sensores, como también al Arduino con su placa electrónica, para evitar desconexiones o agentes externos en la toma de datos.

Todo proyecto en Arduino es recomendable trabajar directamente en Raspberry Pi para así almacenarlos en un Script realizado en Python para tabular y graficar mediante Excel o ThinSpeak.

Adicionalmente se recomienda adecuar una caja para cubrir totalmente cada contenedor, para poder realizar un análisis sin perturbaciones de luz ambiental.

Cada contenedor debe poseer su sistema de iluminación propio, para evitar cambios bruscos de iluminación y/o temperatura. Para así, conseguir un microambiente propicio para la putrefacción.

Para el proyecto se recomienda conectar todo el sistema de medición a un UPS o baterías, para así evitar que el sistema no sufra ninguna adversidad o daño por los cortes de energía que se puede presentar durante la toma de datos.

Se recomienda la utilización de Hardware y Software libre para la elaboración de las cajas de protección, placa electrónica debido a su completo uso gratuito.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

- Andrade Gutiérrez, W. (2015). Prototipo de una red sensorial inalámbrica (wsn) para la medición del nivel de CO₂ en la ciudad de Ambato. (*Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial*). Universidad Técnica de Ambato, Ambato.
- Bastidas Cevallos, D. (2016). Diseño e implementación de un prototipo de red de sensores inalámbricos para detectar incendios en el parque metropolitano guanguiltagua de Quito. (*Ingeniero electrónico y redes de información*. UDLA, Quito.
- Bautista Baca, J. (2018). Evaluación de la concentración de metano, monóxido y dióxido de carbono en el aire, mediante tecnología de drones y hardware libre en la ciudad de puerto maldonado. (*Ingeniería de sistemas e informática*). Universidad Nacional Amazónica Madre de Dios, Puerto Maldonado.
- Bernache Perez, G. (2012). Riesgo de contaminación por disposición final de residuos. *Rev. Int. Contam. Ambie. 28 Sup. (1) 97-105,2012, 97-105.*
- Bravo Granda, B., & Belduma, L. (2017). Diseño de una red de sensores inalámbricos para el monitoreo del tránsito vehicular y la contaminación CO₂ dentro de un sector urbano. (*Tesis de Ingeniería Electrónica*). Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca.
- Bravo Merchán, V. (2017). Evaluación de un sistema “VBM384” para la aplicación práctica de internet de las cosas IoT, en el monitereo automático de la humedad y temperatura del suelo. (*Maestría en agroecología ambiente*). Universidad de Cuenca, Cuenca.
- Datasheet. (22 de Agosto de 2003). *AllDatasheet.es*. Obtenido de AllDatasheet.es: <https://www.alldatasheet.es/>
- Dfrobot. (15 de junio de 2008). *Dfrobot*. Obtenido de Dfrobot: <https://www.dfrobot.com/>
- Echeverri Londoño, C. (2006). Estimación de la emisión de gases de efecto invernadero en el municipio de Montería. *Revista de Ingenierías Universidad de Medellín*, 85-96.
- Ecoavant, c. (17 de Mayo de 2019). *La concentración de CO₂ en la atmósfera es la más elevada en 3 millones de años*. Obtenido de La concentración de CO₂ en la atmósfera es la más elevada en 3 millones de años: https://www.ecoavant.com/actualidad/la-concentracion-de-co2-en-la-atmosfera-es-la-mas-elevada-en-3-millones-de-anos_4493_102.html

- González Estrada, A., & Camacho Amador, M. (2017). Emisión de gases de efecto invernadero de la fertilización nitrogenada en México . *Revista mexicana de ciencias agrícolas Vol.8 Núm.8* , 1733-1745.
- Hernández Moreno, A., Dávila Gomez, J., & Mugica Alvarez, V. (2017). Estimación de emisiones atmosféricas provenientes de vertederos de residuos sólidos urbanos. *Revista Iberoamericana de ciencias*, 57-68.
- INEC. (2017). *GAD Municipal*. Obtenido de Gestión de Residuos Sólidos: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec>
- Menéndez, A. (2015). Desarrollo de un sistema de sensores para la detección de sustancias peligrosas. (*Departamento de Tecnología Electrónica y de las Comunicaciones*). Universidad Autónoma de Madrid, Madrid.
- Millán, F. (2016). *Diseño e implementación de un sistema de medida de gases con arduino*. Universidad Zaragoza, Zaragoza.
- Murillo Noboa, A., & Monroy Guachancipa, B. (2017). Aplicación de visión artificial como posible indicador para evaluación del deterioro y cambios físicos de concretos adicionados con ceniza volante. (*Ingeniería Civil*). Universidad La Salle, Bogotá.
- Ortega Segura, D. (2017). Implementación de un prototipo para el monitoreo de Dióxido de Carbono (CO₂), Monóxido de Carbono (CO) y Metano (CH₄) en lugares residenciales utilizando el sistema operativo Android y Arduino. (*Ingeniería Eléctrica y Electrónica*). Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Ortiz Arciniega, J. (2017). Benchmark de selección de sensores para una wsn de recolección de datos para un sistema de alerta temprana de incendios forestales. (*Ingeniería electrónica y redes de comunicación*). Universidad Técnica del Norte, Ibarra.
- Saqui Valla, J. (2018). Implementación de un prototipo electrónico inalámbrico para supervisión, aviso y control de gases contaminantes en invernaderos artesanales. *Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales*. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Riobamba.
- Tilinchana Simbaña, D. (2019). Implementación de un robot móvil para medir parámetros de calidad del aire. (*Tecnólogo en electrónica y telecomunicaciones*). Escuela Politécnica Nacional, Quito.

ANEXOS

Anexo A Cantidad de desechos orgánicos colocados en los recipientes.

Cantidades de desechos orgánicos PARA EL ENVASE 1		Cantidades de desechos orgánicos PARA EL ENVASE 2	
Cáscaras	Cantidad lbs	Cáscaras	Cantidad lbs
Papas	2,5	Papas	2,5
Naranjas	4	Naranjas	4
Zanahoria	1	Zanahoria	1
Limon	1	Limon	1
Culantro	0,5	Culantro	0,5
Lechuga	0,5	Lechuga	0,5
Papaya	1	Papaya	1
Aguacate	0,5	Aguacate	0,5
Mandarina	1	Mandarina	1
Guineo	1	Guineo	1
Frutilla	0,5	Frutilla	0,5
Nabos	0,5	Nabos	0,5
Babaco	0,5	Babaco	0,5
Plátano	2	Plátano	2
Verde	2	Verde	2
Mango	0,5	Mango	0,5
Tomate	1	Tomate	1
Rábano	0,5	Rábano	0,5
Pepinillo	1,5	Pepinillo	1,5
Tomate de árbol	0,5	Tomate de árbol	0,5
Pera	0,5	Pera	0,5
Kiwi	0,5	Kiwi	0,5
Pimiento	0,5	Pimiento	0,5
Cebolla	0,5	Cebolla	0,5
Naranjilla	0,5	Naranjilla	0,5
Durazno	0,5	Durazno	0,5
Manzana	0,5	Manzana	0,5
Camote	0,5	Camote	0,5
Total	26,5	Total	26,5
Total en litros	12	Total en litros	12
		Total de Microorganismos Benéficos	0,5

Anexo B Datos obtenidos de los sensores electroquímicos del envase 1.

FECHA	HORA	ENV. NO TRATADO	ENV. NO TRATADO	ENV. NO TRATADO	ENV. NO TRATADO	ENV. NO TRATADO	ENV. NO TRATADO
		METANO (ppm)	AMONIACO (ppm)	HUMEDAD (%)	TEMPERATURA (°C)	TEMPERATURA EN LÍQUIDO (°C)	DIÓXIDO DE CARBONO (ppm)
11/08/2019	10:00:00	0	0	56	34,3	19,63	400
11/08/2019	11:00:00	0	0	55	34,3	19,75	400
11/08/2019	12:00:00	0	0	54	35,2	19,75	400
11/08/2019	13:00:00	0	0	54	35,4	19,75	400
11/08/2019	14:00:00	0	0	54	35,4	19,69	400
11/08/2019	15:00:00	0	0	54	35,8	19,75	400
11/08/2019	16:00:00	0	0	53	35,3	19,63	400
11/08/2019	17:00:00	0	0	52	35,9	19,56	400
11/08/2019	18:00:00	0	0	44	35,6	19,75	400
11/08/2019	19:00:00	0	0	44	34,3	19,75	400
11/08/2019	20:00:00	0	0	44	34,7	19,75	400
11/08/2019	21:00:00	0	0	44	34,7	19,69	400
11/08/2019	22:00:00	0	0	45	34,1	19,69	400
11/08/2019	23:00:00	0	0	45	33,8	19,56	400
11/08/2019	24:00:00	0	0	45	33,8	19,63	400
12/08/2019	1:00:00	0	0	46	33,4	19,75	400
12/08/2019	2:00:00	0	0	46	33,4	19,5	400
12/08/2019	3:00:00	0	0	47	33,2	19,56	400
12/08/2019	4:00:00	0	0	67	26,5	19,19	347
12/08/2019	5:00:00	0,01	0	67	26,6	19	393
12/08/2019	6:00:00	0	0	67	26,5	19,25	342
12/08/2019	7:00:00	0	0	67	27	19,12	1009
12/08/2019	8:00:00	0	0	66	26,6	19,19	368
12/08/2019	9:00:00	0	0	66	27	19,25	347
12/08/2019	10:00:00	0	0	66	26,9	19,19	342
12/08/2019	11:00:00	0	0	67	27	19,06	1133
12/08/2019	12:00:00	0,01	0	66	27	19,25	372
12/08/2019	13:00:00	0	0	64	27	19,19	861
12/08/2019	14:00:00	0	0	64	27,3	19,12	908
12/08/2019	15:00:00	0,01	0	64	27,6	19,06	957
12/08/2019	16:00:00	0	0	63	27,8	19,19	821
12/08/2019	17:00:00	0	0	63	27,6	19,12	735
12/08/2019	18:00:00	0	0	63	27,8	19,06	705
12/08/2019	19:00:00	0	0	62	27,6	19,25	701
12/08/2019	20:00:00	0	0	62	27,6	19,12	638
12/08/2019	21:00:00	0	0	62	27,6	19,06	716
12/08/2019	22:00:00	0	0	62	27,9	19,12	611
12/08/2019	23:00:00	0	0	62	27,1	19,12	624
12/08/2019	24:00:00	0	0	62	27,3	19,19	679
13/08/2019	1:00:00	0,01	0,01	68	27,3	19,12	767
13/08/2019	2:00:00	0,01	0,01	69	27,5	19	927
13/08/2019	3:00:00	0,01	0,01	69	27,9	19,19	1115
13/08/2019	4:00:00	0,01	0,01	70	28,5	19	1194
13/08/2019	5:00:00	0,01	0,02	69	28,6	19,19	1391
13/08/2019	6:00:00	0,01	0,01	68	28,8	19,12	1620
13/08/2019	7:00:00	0,01	0,02	69	29,1	19,06	1663
13/08/2019	8:00:00	0,01	0,02	68	29,5	19,06	1819
13/08/2019	9:00:00	0,01	0,02	68	29,6	19,12	2176
13/08/2019	10:00:00	0,01	0,01	67	29,4	19,06	2562
13/08/2019	11:00:00	0,01	0,01	67	29,6	19,12	2548
13/08/2019	12:00:00	0,01	0,01	66	29,8	19,19	2787
13/08/2019	13:00:00	0,01	0,02	66	30	18,94	2802
13/08/2019	14:00:00	0,01	0,01	65	30,3	19	2831
13/08/2019	15:00:00	0,01	0,02	65	30,3	19,12	2816
13/08/2019	16:00:00	0,01	0,02	65	30,3	19,19	3146
13/08/2019	17:00:00	0,01	0,02	64	30,5	19,12	3532
13/08/2019	18:00:00	0,01	0,02	64	30,3	19	3588
13/08/2019	19:00:00	0,01	0,02	64	30,4	19,06	3351
13/08/2019	20:00:00	0,01	0,02	63	30,3	19,12	3316
13/08/2019	21:00:00	0,01	0,02	63	30,5	19	3842
13/08/2019	22:00:00	0,01	0,02	63	30,7	19,06	3404
13/08/2019	23:00:00	0,01	0,02	63	30,3	19	3723
13/08/2019	24:00:00	0,01	0,02	63	30,8	19,06	3904
14/08/2019	1:00:00	0,01	0,02	63	30,8	19,06	3924
14/08/2019	2:00:00	0,01	0,02	62	30,7	18,94	4247
14/08/2019	3:00:00	0,01	0,02	62	30,8	19	4663
14/08/2019	4:00:00	0,01	0,03	62	30,6	19,06	4768
14/08/2019	5:00:00	0,01	0,02	62	30,6	19,06	4500
14/08/2019	6:00:00	0,01	0,03	62	30,8	19,19	4596
14/08/2019	7:00:00	0,01	0,03	62	30,6	19	4718
14/08/2019	8:00:00	0,01	0,02	63	31	19,06	4999
14/08/2019	9:00:00	0,01	0,03	62	30,9	19	4500
14/08/2019	10:00:00	0,01	0,03	62	31,1	19,06	4999
14/08/2019	11:00:00	0,01	0,03	62	31,2	18,94	4743
14/08/2019	12:00:00	0,01	0,03	62	31	19,06	5298
14/08/2019	13:00:00	0,01	0,03	62	31	19	5187
14/08/2019	14:00:00	0,01	0,03	61	30,8	18,94	5215
14/08/2019	15:00:00	0,01	0,03	62	31,3	18,94	5703
14/08/2019	16:00:00	0,01	0,03	62	31,1	18,94	4999
14/08/2019	17:00:00	0,01	0,03	61	30,8	19	5382
14/08/2019	18:00:00	0,01	0,03	62	31,3	19,06	5763
14/08/2019	19:00:00	0,01	0,03	62	31	19	5763
14/08/2019	20:00:00	0,01	0,03	62	31	19	6043

14/08/2019	21:00:00	0,01	0,04	60	30,9	18,94	6574
14/08/2019	22:00:00	0,02	0,08	68	31	20,44	6749
14/08/2019	23:00:00	0,01	0,08	69	31,4	20,56	7618
14/08/2019	24:00:00	0,02	0,08	69	31,5	20,56	7897
15/08/2019	1:00:00	0,02	0,09	69	32	20,5	8263
15/08/2019	2:00:00	0,02	0,09	69	32,3	20,5	8781
15/08/2019	3:00:00	0,02	0,09	70	32,3	20,44	8823
15/08/2019	4:00:00	0,02	0,09	70	32,7	20,5	8878
15/08/2019	5:00:00	0,02	0,09	69	32,7	20,62	8963
15/08/2019	6:00:00	0,02	0,09	69	33,2	20,62	8709
15/08/2019	7:00:00	0,03	0,09	69	33,4	20,62	8261
15/08/2019	8:00:00	0,03	0,09	68	33,7	20,62	8837
15/08/2019	9:00:00	0,02	0,09	68	33,5	20,62	8098
15/08/2019	10:00:00	0,05	0,2	64	34,6	21,37	8035
15/08/2019	11:00:00	0,05	0,23	64	34,9	21,31	8061
15/08/2019	12:00:00	0,06	0,22	64	34,5	21,19	7963
15/08/2019	13:00:00	0,07	0,23	64	34,8	21,37	7953
15/08/2019	14:00:00	0,06	0,24	64	34,5	21,44	7513
15/08/2019	15:00:00	0,07	0,22	64	34,7	21,37	7186
15/08/2019	16:00:00	0,07	0,22	64	34,6	21,44	6792
15/08/2019	17:00:00	0,08	0,3	63	31,8	21,62	7188
15/08/2019	18:00:00	0,09	0,31	63	31,3	21,44	7453
15/08/2019	19:00:00	0,09	0,32	63	32,3	21,5	7808
15/08/2019	20:00:00	0,1	0,32	63	32,5	21,56	8017
15/08/2019	21:00:00	0,25	0,31	53	30,1	19,81	6459
15/08/2019	22:00:00	0,2	0,24	53	29,8	19,56	6369
15/08/2019	23:00:00	0,2	0,26	53	29,5	19,56	6219
15/08/2019	24:00:00	0,21	0,31	53	29,5	19,44	5963
16/08/2019	1:00:00	0,22	0,32	53	29,5	19,44	5632
16/08/2019	2:00:00	0,22	0,28	52	29,4	19,12	5290
16/08/2019	3:00:00	0,2	0,32	52	30	18,87	5329
16/08/2019	4:00:00	0,21	0,29	52	30,3	18,87	5686
16/08/2019	5:00:00	0,22	0,31	53	30,3	18,5	5490
16/08/2019	6:00:00	0,29	0,29	52	32,4	18,5	5397
16/08/2019	7:00:00	0,29	0,3	52	32,3	18,31	5198
16/08/2019	8:00:00	0,24	0,33	51	34,8	18,31	5269
16/08/2019	9:00:00	0,28	0,33	52	34,5	18,25	4962
16/08/2019	10:00:00	0,26	0,28	50	37	18,12	4698
16/08/2019	11:00:00	0,27	0,28	50	37,1	18,19	4260
16/08/2019	12:00:00	0,26	0,4	51	36,8	18,37	3968
16/08/2019	13:00:00	0,31	0,37	51	37,7	18,56	3766
16/08/2019	14:00:00	0,39	0,37	50	37,1	18,69	3689

16/08/2019	15:00:00	0,37	0,4	52	38,3	19	3489
16/08/2019	16:00:00	0,34	0,38	51	36,8	19,25	3247
16/08/2019	17:00:00	0,37	0,4	52	36,8	19,44	3198
16/08/2019	18:00:00	0,28	0,37	52	35,6	19,81	2956
16/08/2019	19:00:00	0,23	0,31	53	33,5	20	3108
16/08/2019	20:00:00	0,2	0,26	52	32,3	20,25	3289
16/08/2019	21:00:00	0,16	0,21	53	31,7	20,25	3452
16/08/2019	22:00:00	0,15	0,24	53	31,3	20,12	3690
16/08/2019	23:00:00	0,17	0,25	53	31,5	20	3898
16/08/2019	24:00:00	0,16	0,27	53	31,2	19,81	4623
17/08/2019	1:00:00	0,16	0,24	52	30,5	19,44	4986
17/08/2019	2:00:00	0,14	0,21	52	30,8	19,44	5903
17/08/2019	3:00:00	0,13	0,21	52	30	19,25	6578
17/08/2019	4:00:00	0,13	0,18	51	30,4	19,12	7017
17/08/2019	5:00:00	0,12	0,17	51	30,7	19	5348
17/08/2019	6:00:00	0,11	0,18	51	30,3	18,94	5344
17/08/2019	7:00:00	0,12	0,17	52	30	18,87	5153
17/08/2019	8:00:00	0,12	0,18	52	30	18,75	5381
17/08/2019	9:00:00	0,12	0,19	51	30,2	18,62	5452
17/08/2019	10:00:00	0,12	0,19	52	30,5	18,5	5763
17/08/2019	11:00:00	0,11	0,26	52	30,3	18,56	5382
17/08/2019	12:00:00	0,13	0,3	51	33	18,25	1819
17/08/2019	13:00:00	0,13	0,29	52	33,3	18,37	2000
17/08/2019	14:00:00	0,14	0,25	50	35,4	18,06	2510
17/08/2019	15:00:00	0,14	0,24	50	35,8	18,31	2736
17/08/2019	16:00:00	0,14	0,2	50	38,2	18,12	2698
17/08/2019	17:00:00	0,14	0,24	50	38,3	18,19	2379
17/08/2019	18:00:00	0,14	0,26	51	39,4	18,12	2253
17/08/2019	19:00:00	0,14	0,26	50	38,9	18,25	1986
17/08/2019	20:00:00	0,13	0,23	51	39,4	18,25	1127
17/08/2019	21:00:00	0,12	0,22	50	40,2	18,69	1030
17/08/2019	22:00:00	0,15	0,31	51	39,1	19,12	1979
17/08/2019	23:00:00	0,13	0,29	52	36,9	19,44	1681
17/08/2019	24:00:00	0,1	0,24	52	35,2	19,81	2294
18/08/2019	1:00:00	0,1	0,25	53	34,3	20,25	3096
18/08/2019	2:00:00	0,1	0,2	54	33,5	20,44	4093
18/08/2019	3:00:00	0,08	0,15	54	33,1	20,5	4453
18/08/2019	4:00:00	0,09	0,2	54	33	20,62	4921
18/08/2019	5:00:00	0,08	0,17	53	32,2	20,44	4571
18/08/2019	6:00:00	0,07	0,18	53	32	20,62	4337
18/08/2019	7:00:00	0,07	0,13	54	32	20,44	4999
18/08/2019	8:00:00	0,07	0,14	53	31,5	20,19	5079

18/08/2019	9:00:00	0,09	0,17	54	31,3	20,12	4571
18/08/2019	10:00:00	0,08	0,15	53	31,2	19,87	5106
18/08/2019	11:00:00	0,07	0,14	53	31	19,87	4844
18/08/2019	12:00:00	0,07	0,14	52	30	19,69	4844
18/08/2019	13:00:00	0,06	0,14	52	30,3	19,5	5079
18/08/2019	14:00:00	0,07	0,14	53	31	19,25	5160
18/08/2019	15:00:00	0,08	0,15	51	33,2	19,19	4180
18/08/2019	16:00:00	0,1	0,17	50	35,1	19,06	3113
18/08/2019	17:00:00	0,12	0,2	51	38,2	18,34	2463
18/08/2019	18:00:00	0,1	0,19	51	39,3	18,87	2032
18/08/2019	19:00:00	0,11	0,2	50	39,5	19,19	1578
18/08/2019	20:00:00	0,11	0,2	51	39,3	19,5	1474
18/08/2019	21:00:00	0,11	0,19	51	39,5	19,81	1326
18/08/2019	22:00:00	0,1	0,2	51	38,3	20,12	1252
18/08/2019	23:00:00	0,11	0,2	51	37,7	20,56	1319
18/08/2019	24:00:00	0,11	0,19	52	36,5	20,75	1405
19/08/2019	1:00:00	0,09	0,15	52	34,7	21,19	1521
19/08/2019	2:00:00	0,08	0,15	53	33,6	21,44	1958
19/08/2019	3:00:00	0,09	0,12	53	33,2	21,31	2097
19/08/2019	4:00:00	0,07	0,13	53	32,8	21,37	2392
19/08/2019	5:00:00	0,08	0,13	53	32,8	21,44	2342
19/08/2019	6:00:00	0,07	0,14	52	32,1	21,19	2816
19/08/2019	7:00:00	0,07	0,11	52	32	20,94	2907
19/08/2019	8:00:00	0,06	0,1	53	31,1	20,75	3477
19/08/2019	9:00:00	0,06	0,1	52	30,5	20,37	3842
19/08/2019	10:00:00	0,06	0,1	52	30,3	20,12	3987
19/08/2019	11:00:00	0,05	0,1	51	29,4	19,75	4547
19/08/2019	12:00:00	0,05	0,09	51	29,5	19,12	5410
19/08/2019	13:00:00	0,06	0,11	51	32	18,69	4224
19/08/2019	14:00:00	0,01	0,02	45	31	20,37	6139
19/08/2019	15:00:00	0,01	0,01	46	32	20,69	8736
19/08/2019	16:00:00	0,11	0,13	48	36,8	21	8871
19/08/2019	17:00:00	0,21	0,19	51	33,8	21,37	9553
19/08/2019	18:00:00	0,22	0,2	51	33,8	21,37	9604
19/08/2019	19:00:00	0,28	0,22	51	33,5	21,31	8736
19/08/2019	20:00:00	0,28	0,24	52	33,2	21,37	9312
19/08/2019	21:00:00	0,31	0,24	51	32,5	21,37	8599
19/08/2019	22:00:00	0,31	0,27	51	32,4	21,37	9354
19/08/2019	23:00:00	0,32	0,32	51	32	21,44	9706
19/08/2019	24:00:00	0,34	0,26	50	32,1	21,19	9064
20/08/2019	1:00:00	0,33	0,26	51	32,2	21,31	9208
20/08/2019	2:00:00	0,33	0,27	50	31,9	21	9256

20/08/2019	3:00:00	0,33	0,28	51	32	21,19	9757
20/08/2019	4:00:00	0,3	0,27	51	32,1	21	9706
20/08/2019	5:00:00	0,31	0,27	50	32	20,75	8420
20/08/2019	6:00:00	0,3	0,27	49	32,3	20,81	8875
20/08/2019	7:00:00	0,29	0,28	50	31,7	20,5	8736
20/08/2019	8:00:00	0,29	0,29	50	31,8	20,5	9064
20/08/2019	9:00:00	0,28	0,28	50	31,8	20,25	8381
20/08/2019	10:00:00	0,26	0,27	50	31,3	20,31	8189
20/08/2019	11:00:00	0,27	0,27	50	30,9	20,06	8270
20/08/2019	12:00:00	0,27	0,31	50	30,8	20	8437
20/08/2019	13:00:00	0,27	0,29	49	30,9	19,69	8133
20/08/2019	14:00:00	0,27	0,31	49	30,3	19,56	8422
20/08/2019	15:00:00	0,27	0,32	49	30,5	19,44	7846
20/08/2019	16:00:00	0,27	0,31	50	30,1	19,37	7969
20/08/2019	17:00:00	0,29	0,33	50	30,1	19,12	8187
20/08/2019	18:00:00	0,29	0,33	50	30	19,12	8131
20/08/2019	19:00:00	0,32	0,35	49	32	18,5	7993
20/08/2019	20:00:00	0,32	0,37	49	32,4	18,56	7687
20/08/2019	21:00:00	0,32	0,35	49	34,7	18,25	7432
20/08/2019	22:00:00	0,35	0,35	49	34,4	18,31	7414
20/08/2019	23:00:00	0,34	0,38	48	36,3	18,31	7590
20/08/2019	24:00:00	0,36	0,36	48	36,7	18,37	7693
21/08/2019	1:00:00	0,36	0,35	49	34,4	18,5	7836
21/08/2019	2:00:00	0,39	0,35	50	33,8	18,56	7693
21/08/2019	3:00:00	0,38	0,32	49	33,8	18,56	7968
21/08/2019	4:00:00	0,34	0,31	49	32,9	18,69	7836
21/08/2019	5:00:00	0,39	0,31	49	32,9	18,81	7563
21/08/2019	6:00:00	0,32	0,28	50	31,8	18,87	7965
21/08/2019	7:00:00	0,34	0,28	50	31,4	18,75	8125
21/08/2019	8:00:00	0,33	0,27	49	30,4	18,69	8438
21/08/2019	9:00:00	0,32	0,27	49	30,3	18,34	8683
21/08/2019	10:00:00	0,29	0,23	51	29,5	18,81	8790
21/08/2019	11:00:00	0,28	0,25	50	29,4	18,44	8692
21/08/2019	12:00:00	0,28	0,25	50	28,8	18,25	8525
21/08/2019	13:00:00	0,27	0,25	50	28,8	17,94	8843
21/08/2019	14:00:00	0,26	0,23	50	29	17,75	8369
21/08/2019	15:00:00	0,25	0,25	49	28,5	17,19	7936
21/08/2019	16:00:00	0,24	0,24	50	29,5	16,34	7692
21/08/2019	17:00:00	0,28	0,26	49	32,2	16,69	7530
21/08/2019	18:00:00	0,28	0,24	48	35,5	16,62	7362
21/08/2019	19:00:00	0,33	0,25	48	36,2	16,56	7663
21/08/2019	20:00:00	0,34	0,25	47	37,8	16,75	7851

21/08/2019	21:00:00	0,33	0,23	48	36,8	17,12	7936
21/08/2019	22:00:00	0,33	0,21	48	37,6	17,5	7659
21/08/2019	23:00:00	0,32	0,2	49	36,9	17,75	7472
21/08/2019	24:00:00	0,32	0,19	49	36,4	17,75	7238
22/08/2019	1:00:00	0,31	0,19	49	35,5	18,25	7530
22/08/2019	2:00:00	0,3	0,18	49	35,2	18,44	7363
22/08/2019	3:00:00	0,25	0,18	50	33,8	18,56	7693
22/08/2019	4:00:00	0,27	0,18	50	33,8	18,56	7823
22/08/2019	5:00:00	0,24	0,17	51	33	18,75	7409
22/08/2019	6:00:00	0,24	0,17	50	32,7	18,81	7201
22/08/2019	7:00:00	0,22	0,17	50	32,4	18,87	7563
22/08/2019	8:00:00	0,19	0,19	50	31,8	19	7368
22/08/2019	9:00:00	0,2	0,18	50	31,8	18,94	8015
22/08/2019	10:00:00	0,18	0,18	50	31,5	18,94	8159
22/08/2019	11:00:00	0,18	0,17	50	31,5	18,81	7963
22/08/2019	12:00:00	0,15	0,17	49	30,8	18,87	7602
22/08/2019	13:00:00	0,14	0,17	50	29,9	18,56	7502
22/08/2019	14:00:00	0,14	0,18	50	29,8	18,56	7863
22/08/2019	15:00:00	0,13	0,17	49	29,5	18,5	8354
22/08/2019	16:00:00	0,13	0,17	49	29,6	18,5	8828
22/08/2019	17:00:00	0,12	0,18	49	29,1	18,25	8886
22/08/2019	18:00:00	0,13	0,18	48	28,9	18,06	8598
22/08/2019	19:00:00	0,12	0,22	48	38,6	17,19	8984
22/08/2019	20:00:00	0,13	0,2	48	38,8	17,5	8553
22/08/2019	21:00:00	0,12	0,2	49	38,9	17,37	8080
22/08/2019	22:00:00	0,11	0,19	50	38,3	18,06	8316
22/08/2019	23:00:00	0,11	0,17	50	38,3	18	8422
22/08/2019	24:00:00	0,1	0,16	50	36,3	18,5	8532
23/08/2019	1:00:00	0,09	0,16	49	35,1	18,94	8202
23/08/2019	2:00:00	0,09	0,16	49	35,2	18,81	8596
23/08/2019	3:00:00	0,08	0,14	49	33,6	19,12	8547
23/08/2019	4:00:00	0,07	0,14	49	33,5	19,25	8160
23/08/2019	5:00:00	0,07	0,13	48	32,5	19,44	7960
23/08/2019	6:00:00	0,05	0,13	50	31,7	19,56	7555
23/08/2019	7:00:00	0,06	0,12	49	32	19,31	5917
23/08/2019	8:00:00	0,06	0,12	49	31,6	19,25	5733
23/08/2019	9:00:00	0,06	0,13	49	31,8	19,19	5613
23/08/2019	10:00:00	0,06	0,13	49	31,9	19,25	5584
23/08/2019	11:00:00	0,06	0,12	50	31	19,12	5613
23/08/2019	12:00:00	0,05	0,13	50	31,1	19	5673
23/08/2019	13:00:00	0,05	0,12	49	30,8	18,75	6437
23/08/2019	14:00:00	0,05	0,12	49	30,7	18,81	6270
23/08/2019	15:00:00	0,06	0,12	49	30,5	18,56	6857
23/08/2019	16:00:00	0,05	0,12	49	30,2	18,69	6369
23/08/2019	17:00:00	0,06	0,12	50	30,1	18,37	6437
23/08/2019	18:00:00	0,06	0,12	50	30	18,56	6237
23/08/2019	19:00:00	0,06	0,12	49	29,6	18,37	7003
23/08/2019	20:00:00	0,06	0,11	49	29,8	18,19	6821
23/08/2019	21:00:00	0,05	0,11	50	29,5	18,06	6643
23/08/2019	22:00:00	0,06	0,12	50	29,6	17,81	6857
23/08/2019	23:00:00	0,06	0,12	50	29,8	17,75	6381
23/08/2019	24:00:00	0,06	0,14	48	32,6	17,75	6237
24/08/2019	1:00:00	0,06	0,13	47	32,7	17,56	5948
24/08/2019	2:00:00	0,07	0,14	49	33,7	17,37	5410
24/08/2019	3:00:00	0,08	0,15	48	35,1	17,37	5856
24/08/2019	4:00:00	0,09	0,15	48	36	17,31	5620
24/08/2019	5:00:00	0,1	0,16	48	37,2	17,56	5547
24/08/2019	6:00:00	0,1	0,15	48	36,4	17,87	5914
24/08/2019	7:00:00	0,1	0,16	48	35,6	17,94	6158
24/08/2019	8:00:00	0,11	0,17	49	35	18,25	6348
24/08/2019	9:00:00	0,11	0,17	49	34,8	18,44	6324
24/08/2019	10:00:00	0,1	0,16	49	34,9	18,31	6500
24/08/2019	11:00:00	0,11	0,15	50	33,9	18,75	6269
24/08/2019	12:00:00	0,11	0,14	50	33,2	18,87	6476
24/08/2019	13:00:00	0,11	0,15	49	32,8	19	6383
24/08/2019	14:00:00	0,09	0,13	51	31,3	18,94	6187
24/08/2019	15:00:00	0,08	0,12	51	31,1	18,81	5996
24/08/2019	16:00:00	0,08	0,12	51	31,3	18,81	5852
24/08/2019	17:00:00	0,08	0,12	52	30,3	18,56	5698
24/08/2019	18:00:00	0,08	0,12	52	30,2	18,69	5570
24/08/2019	19:00:00	0,08	0,11	51	30,3	18,56	5410
24/08/2019	20:00:00	0,07	0,12	51	30	18,44	5763
24/08/2019	21:00:00	0,07	0,12	52	29,7	18,44	5980
24/08/2019	22:00:00	0,07	0,12	52	29,6	18,37	5584
24/08/2019	23:00:00	0,07	0,12	51	29,8	18,25	5980
24/08/2019	24:00:00	0,08	0,11	51	29,6	18,12	6369
25/08/2019	1:00:00	0,07	0,11	52	29,3	18,06	6643
25/08/2019	2:00:00	0,07	0,11	52	29,5	18	6336
25/08/2019	3:00:00	0,08	0,11	52	29,5	17,94	6714
25/08/2019	4:00:00	0,07	0,1	52	29,5	17,94	6270
25/08/2019	5:00:00	0,07	0,12	51	30,1	17,62	6821
25/08/2019	6:00:00	0,08	0,11	51	29,8	17,75	6403
25/08/2019	7:00:00	0,09	0,12	51	29,9	17,56	6966
25/08/2019	8:00:00	0,08	0,12	51	29,9	17,5	6539

25/08/2019	9:00:00	0,09	0,12	51	31,4	17,37	6679
25/08/2019	10:00:00	0,09	0,13	51	31,6	17,25	6204
25/08/2019	11:00:00	0,1	0,12	50	32,4	17,25	5913
25/08/2019	12:00:00	0,1	0,13	50	32,5	17,12	5813
25/08/2019	13:00:00	0,11	0,13	51	33	17,25	5468
25/08/2019	14:00:00	0,11	0,13	50	32,8	17,19	6204
25/08/2019	15:00:00	0,13	0,14	49	35,1	17,25	5906
25/08/2019	16:00:00	0,12	0,15	49	34,4	17,19	5895
25/08/2019	17:00:00	0,13	0,15	48	35,5	17,25	6171
25/08/2019	18:00:00	0,13	0,17	49	36	17,12	6320
25/08/2019	19:00:00	0,16	0,18	48	35,7	17,31	6644
25/08/2019	20:00:00	0,16	0,16	49	35,3	17,37	6870
25/08/2019	21:00:00	0,16	0,17	49	36,1	17,5	7024
25/08/2019	22:00:00	0,16	0,17	49	36,3	17,56	7206
25/08/2019	23:00:00	0,17	0,16	49	36,3	17,81	7158
25/08/2019	24:00:00	0,17	0,16	49	36,3	17,75	7136
26/08/2019	1:00:00	0,2	0,17	49	35,5	17,94	7571
26/08/2019	2:00:00	0,2	0,17	50	35,7	18	7615
26/08/2019	3:00:00	0,19	0,17	50	35,6	18,06	7524
26/08/2019	4:00:00	0,19	0,17	50	34,9	18,25	7945
26/08/2019	5:00:00	0,19	0,16	53	33,2	18,44	7815
26/08/2019	6:00:00	0,19	0,16	52	32,8	18,44	7758
26/08/2019	7:00:00	0,17	0,17	51	32,6	18,56	7524
26/08/2019	8:00:00	0,19	0,15	51	32,8	18,69	7793
26/08/2019	9:00:00	0,17	0,15	52	32,7	18,81	7883
26/08/2019	10:00:00	0,17	0,15	52	32,3	18,75	7629
26/08/2019	11:00:00	0,22	0,13	49	33,9	17,37	6679
26/08/2019	12:00:00	0,26	0,14	49	34,1	17,37	6857
26/08/2019	13:00:00	0,4	0,25	49	35,3	17,69	5886
26/08/2019	14:00:00	0,45	0,28	50	35,1	17,69	5439
26/08/2019	15:00:00	0,52	0,31	50	34,9	17,94	5555
26/08/2019	16:00:00	0,53	0,31	50	34,4	17,94	6043
26/08/2019	17:00:00	0,53	0,33	50	34,2	18,37	5917
26/08/2019	18:00:00	0,51	0,35	50	34,3	18,44	5643
26/08/2019	19:00:00	0,45	0,32	51	32,6	18,44	5980
26/08/2019	20:00:00	0,47	0,31	51	33,1	18,44	5703
26/08/2019	21:00:00	0,45	0,32	51	32,5	18,62	5855
26/08/2019	22:00:00	0,4	0,32	51	32,2	18,62	6270
26/08/2019	23:00:00	0,36	0,3	51	32,3	18,75	6336
26/08/2019	24:00:00	0,37	0,31	51	31,9	18,69	6539
27/08/2019	1:00:00	0,33	0,31	51	31,8	18,56	7114
27/08/2019	2:00:00	0,34	0,31	50	32,3	18,69	7152
27/08/2019	3:00:00	0,35	0,31	50	32	18,69	6857
27/08/2019	4:00:00	0,34	0,32	51	31,6	18,62	6679
27/08/2019	5:00:00	0,38	0,35	52	30,7	18,56	6821
27/08/2019	6:00:00	0,33	0,35	51	30,4	18,31	7381
27/08/2019	7:00:00	0,32	0,33	51	30,7	18,31	7538
27/08/2019	8:00:00	0,31	0,35	51	30,6	18,25	7499
27/08/2019	9:00:00	0,32	0,33	50	30,8	18,12	7381
27/08/2019	10:00:00	0,29	0,37	51	29,9	18	7538
27/08/2019	11:00:00	0,28	0,36	51	31	17,69	7459
27/08/2019	12:00:00	0,35	0,41	50	32,7	17,5	7227
27/08/2019	13:00:00	0,36	0,39	50	33,5	17,56	6929
27/08/2019	14:00:00	0,34	0,42	50	33,5	17,5	7159
27/08/2019	15:00:00	0,37	0,43	50	33	17,5	7152
27/08/2019	16:00:00	0,36	0,43	50	33,3	17,5	7114
27/08/2019	17:00:00	0,41	0,46	51	34,1	17,62	7003
27/08/2019	18:00:00	0,46	0,47	51	34,4	17,69	7077
27/08/2019	19:00:00	0,54	0,51	50	34,3	17,87	6893
27/08/2019	20:00:00	0,5	0,53	50	33,9	17,69	6980
27/08/2019	21:00:00	0,53	0,57	51	33,1	17,75	6505
27/08/2019	22:00:00	0,49	0,52	51	33,3	18	6609
27/08/2019	23:00:00	0,39	0,45	50	32,4	18,06	6857
27/08/2019	24:00:00	0,38	0,46	51	30,9	18,19	7420
28/08/2019	1:00:00	0,4	0,48	52	31,7	18,25	7574
28/08/2019	2:00:00	0,36	0,44	51	30,3	18,12	7420
28/08/2019	3:00:00	0,36	0,47	51	30,3	18,19	7227
28/08/2019	4:00:00	0,4	0,5	48	35	16,44	7043
28/08/2019	5:00:00	0,39	0,58	49	34,9	16,62	6763
28/08/2019	6:00:00	0,47	0,56	49	36	16,56	5824
28/08/2019	7:00:00	0,47	0,56	49	36,1	16,75	5886
28/08/2019	8:00:00	0,53	0,53	48	36,3	16,87	5079
28/08/2019	9:00:00	0,58	0,49	49	36,3	16,94	5468
28/08/2019	10:00:00	0,61	0,46	48	35,1	17,12	5298
28/08/2019	11:00:00	0,59	0,4	49	36,1	16,94	5242
28/08/2019	12:00:00	0,63	0,36	49	35,6	17,25	5106
28/08/2019	13:00:00	0,62	0,38	50	36	17,37	5496
28/08/2019	14:00:00	0,6	0,41	48	35	17,5	5733
28/08/2019	15:00:00	0,64	0,44	49	35,1	17,5	5555
28/08/2019	16:00:00	0,58	0,45	49	34,9	17,62	5852
28/08/2019	17:00:00	0,61	0,43	50	34,4	17,75	5980
28/08/2019	18:00:00	0,41	0,45	51	33,4	17,81	5613
28/08/2019	19:00:00	0,42	0,49	52	33,5	17,94	5673
28/08/2019	20:00:00	0,38	0,5	52	33	18,06	5326

28/08/2019	21:00:00	0,47	0,52	51	32,3	18,06	5613
28/08/2019	22:00:00	0,45	0,58	51	32,5	17,94	5584
28/08/2019	23:00:00	0,45	0,51	51	32,3	18,06	5624
28/08/2019	24:00:00	0,45	0,56	51	32,3	18,12	5187
29/08/2019	1:00:00	0,41	0,62	51	31,7	18,19	5733
29/08/2019	2:00:00	0,4	0,6	51	31,7	18,19	5703
29/08/2019	3:00:00	0,37	0,66	51	31,3	18,06	5855
29/08/2019	4:00:00	0,35	0,65	51	31	18	6171
29/08/2019	5:00:00	0,37	0,64	51	31,2	18,06	6139
29/08/2019	6:00:00	0,34	0,64	51	31,4	17,87	5855
29/08/2019	7:00:00	0,33	0,65	52	31,3	17,75	5980
29/08/2019	8:00:00	0,34	0,66	52	31	17,94	6171
29/08/2019	9:00:00	0,33	0,6	51	30,4	17,56	5555
29/08/2019	10:00:00	0,27	0,59	51	30,1	17,31	5673
29/08/2019	11:00:00	0,29	0,68	50	31,8	17,25	5584
29/08/2019	12:00:00	0,3	0,63	50	31,8	17,12	5855
29/08/2019	13:00:00	0,36	0,76	50	33,5	17,06	5525
29/08/2019	14:00:00	0,35	0,78	50	33,1	17	5410
29/08/2019	15:00:00	0,55	0,9	48	35,5	17	4973
29/08/2019	16:00:00	0,54	0,94	48	35,6	16,81	4693
29/08/2019	17:00:00	0,57	0,92	48	36,3	17	4596
29/08/2019	18:00:00	0,58	0,96	48	36,4	17	4158
29/08/2019	19:00:00	0,93	1,17	47	37,5	17,06	4476
29/08/2019	20:00:00	0,84	1,23	48	37,9	17,12	4345
29/08/2019	21:00:00	0,93	1,35	47	37,9	17,06	4387
29/08/2019	22:00:00	1,03	1,34	47	37,8	17,25	4115
29/08/2019	23:00:00	1,14	1,41	47	37,9	17,5	4387
29/08/2019	24:00:00	1,2	1,35	48	38	17,5	5008
30/08/2019	1:00:00	1,27	1,44	49	37,9	17,69	5645
30/08/2019	2:00:00	1,35	1,4	49	37,9	17,62	5822
30/08/2019	3:00:00	1,17	1,17	52	35,1	18	5762
30/08/2019	4:00:00	1,18	1,15	51	35,2	17,94	5842
30/08/2019	5:00:00	0,85	0,86	50	34,8	18,25	6269
30/08/2019	6:00:00	0,8	0,85	51	34,7	18,06	5669
30/08/2019	7:00:00	0,75	0,7	54	31,2	18,5	5324
30/08/2019	8:00:00	0,71	0,65	50	32,8	18,5	5571
30/08/2019	9:00:00	0,72	0,59	51	32,3	18,37	5429
30/08/2019	10:00:00	0,8	0,7	51	31,8	18,12	5844
30/08/2019	11:00:00	0,85	0,7	51	31,7	18,25	5347
30/08/2019	12:00:00	0,71	0,57	52	31,1	18	6158
30/08/2019	13:00:00	0,75	0,59	50	30,5	17,62	6768
30/08/2019	14:00:00	0,73	0,55	51	31	17,69	6500
30/08/2019	15:00:00	0,85	0,64	49	32,6	17,31	6115
30/08/2019	16:00:00	0,79	0,68	49	32,6	17,37	6453
30/08/2019	17:00:00	0,81	0,72	50	33,3	17,19	6383
30/08/2019	18:00:00	0,8	0,78	50	33,3	17,12	6224
30/08/2019	19:00:00	1,17	0,86	49	35	17,12	6269
30/08/2019	20:00:00	1,2	0,9	49	34,9	17	6324
30/08/2019	21:00:00	1,57	1,11	48	37	17,06	6304
30/08/2019	22:00:00	1,52	1,06	48	37	17,12	7115
30/08/2019	23:00:00	1,91	1,2	48	37,3	17,19	7495
30/08/2019	24:00:00	1,89	1,19	48	37,8	17,31	7703
31/08/2019	1:00:00	2,13	1,38	48	37,5	17,25	7532
31/08/2019	2:00:00	2,43	1,41	49	36,4	17,56	7723
31/08/2019	3:00:00	2,38	1,44	50	36,5	17,44	7458
31/08/2019	4:00:00	2,46	1,44	48	37,7	17,62	7863
31/08/2019	5:00:00	2,82	1,53	49	37,2	17,87	7588
31/08/2019	6:00:00	2,73	1,58	48	37,8	18	7743
31/08/2019	7:00:00	2,43	1,23	50	36,7	18,25	7893
31/08/2019	8:00:00	1,95	1,17	50	35,4	18,5	7588
31/08/2019	9:00:00	1,93	1,14	50	35,3	18,44	7703
31/08/2019	10:00:00	1,69	0,9	51	34,3	18,75	7333
31/08/2019	11:00:00	1,37	0,86	51	34,1	18,75	6723
31/08/2019	12:00:00	1,07	0,66	51	33,3	18,34	6283
31/08/2019	13:00:00	1,08	0,67	51	33,2	18,75	5703
31/08/2019	14:00:00	1,03	0,65	51	32,4	18,34	5665
31/08/2019	15:00:00	1,11	0,51	52	30,4	17,94	5423
31/08/2019	16:00:00	0,99	0,48	51	30,1	17,75	5269
31/08/2019	17:00:00	1,03	0,51	51	30,2	17,75	5743
31/08/2019	18:00:00	0,83	0,39	51	30,3	17,56	5158
31/08/2019	19:00:00	0,81	0,39	51	30,1	17,62	5883
31/08/2019	20:00:00	1,04	0,51	51	30,9	17,37	5387
31/08/2019	21:00:00	1,29	0,77	50	34,2	17,12	5665
31/08/2019	22:00:00	1,35	0,76	50	33,8	17,06	5802
31/08/2019	23:00:00	1,59	0,84	48	35,1	17,06	5404
31/08/2019	24:00:00	1,52	0,82	49	35,1	17,12	5146
01/09/2019	1:00:00	1,43	0,85	49	35,2	17	4962
01/09/2019	2:00:00	1,14	0,76	50	34,3	17,25	4458
01/09/2019	3:00:00	1,12	0,75	50	34	17,25	4351
01/09/2019	4:00:00	1,5	1,02	49	35,1	17,37	4869
01/09/2019	5:00:00	1,55	1,11	49	35,1	17,44	4440
01/09/2019	6:00:00	1,72	1,19	48	35,2	17,37	4247
01/09/2019	7:00:00	1,52	1,08	49	34,7	17,75	4386
01/09/2019	8:00:00	1,47	1,08	49	34,3	17,81	4851

01/09/2019	9:00:00	1,18	0,84	50	32,9	17,87	5422
01/09/2019	10:00:00	1,17	0,81	50	32,9	17,81	5782
01/09/2019	11:00:00	1,14	0,74	51	32,3	17,34	5569
01/09/2019	12:00:00	0,91	0,76	52	32	17,34	5440
01/09/2019	13:00:00	0,89	0,76	52	31,6	17,81	5645
01/09/2019	14:00:00	0,94	0,78	52	31,4	17,34	5703
01/09/2019	15:00:00	0,89	0,83	52	31,2	18	5645
01/09/2019	16:00:00	0,86	0,7	52	31,3	17,87	5883
01/09/2019	17:00:00	0,81	0,66	51	30,7	17,62	5486
01/09/2019	18:00:00	0,73	0,68	51	30,7	17,62	5743
01/09/2019	19:00:00	0,66	0,65	50	30,7	17,44	5904
01/09/2019	20:00:00	0,71	0,66	50	30,8	17,25	5626
01/09/2019	21:00:00	0,61	0,62	50	30,1	17,19	5723
01/09/2019	22:00:00	0,63	0,59	50	30	17,19	5383
01/09/2019	23:00:00	0,57	0,57	50	30,5	16,34	5904
01/09/2019	24:00:00	0,54	0,49	50	29,9	16,62	5029
02/09/2019	1:00:00	0,58	0,52	50	31,8	16,56	5136
02/09/2019	2:00:00	0,65	0,52	50	31,6	16,62	4743
02/09/2019	3:00:00	0,69	0,63	50	32,5	16,5	4684
02/09/2019	4:00:00	0,65	0,63	49	32,2	16,5	4607
02/09/2019	5:00:00	0,56	0,51	50	32,2	16,25	4782
02/09/2019	6:00:00	0,58	0,54	50	31,8	16,44	4982
02/09/2019	7:00:00	0,88	0,8	50	34,1	16,37	5477
02/09/2019	8:00:00	0,89	0,79	50	34,1	16,25	5513
02/09/2019	9:00:00	0,99	0,96	49	34,9	16,19	5935
02/09/2019	10:00:00	1,06	1,05	49	34,9	16,31	6477
02/09/2019	11:00:00	1,07	1,05	49	34,6	16,5	6458
02/09/2019	12:00:00	1,18	1,13	49	34,7	16,56	6513
02/09/2019	13:00:00	1,26	1,15	49	34,9	16,44	6298
02/09/2019	14:00:00	1,3	1,31	48	34,7	17,06	6551
02/09/2019	15:00:00	1,37	1,32	49	34,4	16,34	6404
02/09/2019	16:00:00	1,43	1,32	49	34,9	17,06	6825
02/09/2019	17:00:00	0,94	0,92	50	33,3	17,19	6645
02/09/2019	18:00:00	0,93	0,95	50	33,5	17,25	6563
02/09/2019	19:00:00	0,85	0,81	51	30,5	17,25	6366
02/09/2019	20:00:00	0,7	0,77	51	30,5	17,31	6360
02/09/2019	21:00:00	0,59	0,77	51	29,9	17,25	5782
02/09/2019	22:00:00	0,48	0,83	51	29,8	17,19	6158
02/09/2019	23:00:00	0,47	0,81	51	29,5	17	6406
02/09/2019	24:00:00	0,46	0,75	51	28	16,62	6337
03/09/2019	1:00:00	0,49	0,69	50	27,8	16,31	6158
03/09/2019	2:00:00	0,47	0,58	50	29,5	16,19	6093

03/03/2019	3:00:00	0,59	0,61	50	29,6	16,31	6669
03/03/2019	4:00:00	0,62	0,56	49	31	16,06	6180
03/03/2019	5:00:00	0,65	0,67	49	32,8	15,69	6314
03/03/2019	6:00:00	0,65	0,71	49	32,8	15,69	5863
03/03/2019	7:00:00	0,78	0,93	48	34,7	15,81	5924
03/03/2019	8:00:00	1,04	0,51	51	30,9	17,37	5987
03/03/2019	9:00:00	1,29	0,77	50	34,2	17,12	5665
03/03/2019	10:00:00	1,35	0,76	50	33,8	17,06	5802
03/03/2019	11:00:00	1,59	0,84	48	35,1	17,06	5404
03/03/2019	12:00:00	1,52	0,82	49	35,1	17,12	5146
03/03/2019	13:00:00	1,43	0,85	49	35,2	17	4962
03/03/2019	14:00:00	1,14	0,76	50	34,3	17,25	4458
03/03/2019	15:00:00	1,12	0,75	50	34	17,25	4351
03/03/2019	16:00:00	1,5	1,02	49	35,1	17,37	4869
03/03/2019	17:00:00	1,55	1,11	49	35,1	17,44	4440
03/03/2019	18:00:00	1,72	1,19	48	35,2	17,37	4247
03/03/2019	19:00:00	1,52	1,08	49	34,7	17,75	4386
03/03/2019	20:00:00	1,47	1,08	49	34,3	17,81	4851
03/03/2019	21:00:00	1,18	0,84	50	32,9	17,87	5422
03/03/2019	22:00:00	1,17	0,81	50	32,9	17,81	5782
03/03/2019	23:00:00	1,14	0,74	51	32,3	17,34	5569
03/03/2019	24:00:00	0,91	0,76	52	32	17,34	5440
04/03/2019	1:00:00	0,89	0,76	52	31,6	17,81	5645
04/03/2019	2:00:00	0,94	0,78	52	31,4	17,34	5703
04/03/2019	3:00:00	0,89	0,83	52	31,2	18	5645
04/03/2019	4:00:00	0,86	0,7	52	31,3	17,87	5883
04/03/2019	5:00:00	0,81	0,66	51	30,7	17,62	5486
04/03/2019	6:00:00	0,73	0,68	51	30,7	17,62	5743
04/03/2019	7:00:00	0,66	0,65	50	30,7	17,44	5904
04/03/2019	8:00:00	0,71	0,66	50	30,8	17,25	5626
04/03/2019	9:00:00	0,61	0,62	50	30,1	17,19	5723
04/03/2019	10:00:00	0,63	0,59	50	30	17,19	5383
04/03/2019	11:00:00	0,57	0,57	50	30,5	16,34	5904
04/03/2019	12:00:00	0,54	0,49	50	29,9	16,62	5029
04/03/2019	13:00:00	0,58	0,52	50	31,8	16,56	5136
04/03/2019	14:00:00	0,65	0,52	50	31,6	16,62	4743
04/03/2019	15:00:00	0,69	0,63	50	32,5	16,5	4684
04/03/2019	16:00:00	0,65	0,63	49	32,2	16,5	4607
04/03/2019	17:00:00	0,56	0,51	50	32,2	16,25	4782
04/03/2019	18:00:00	0,58	0,54	50	31,8	16,44	4982
04/03/2019	19:00:00	0,88	0,8	50	34,1	16,37	5477
04/03/2019	20:00:00	0,89	0,79	50	34,1	16,25	5513

04/09/2019	21:00:00	0,99	0,96	49	34,9	16,19	5995
04/09/2019	22:00:00	1,06	1,05	49	34,9	16,31	6477
04/09/2019	23:00:00	1,07	1,05	49	34,6	16,5	6458
04/09/2019	24:00:00	1,18	1,13	49	34,7	16,56	6513
05/09/2019	1:00:00	1,26	1,15	49	34,9	16,44	6298
05/09/2019	2:00:00	1,3	1,31	48	34,7	17,06	6551
05/09/2019	3:00:00	1,37	1,32	49	34,4	16,94	6404
05/09/2019	4:00:00	1,43	1,32	49	34,9	17,06	6625
05/09/2019	5:00:00	0,94	0,92	50	33,3	17,19	6645
05/09/2019	6:00:00	0,93	0,95	50	33,5	17,25	6569
05/09/2019	7:00:00	0,85	0,81	51	30,5	17,25	6366
05/09/2019	8:00:00	0,7	0,77	51	30,5	17,31	6360
05/09/2019	9:00:00	0,59	0,77	51	29,9	17,25	5782
05/09/2019	10:00:00	0,48	0,83	51	29,8	17,19	6158
05/09/2019	11:00:00	0,47	0,81	51	29,5	17	6406
05/09/2019	12:00:00	0,46	0,75	51	28	16,62	6337
05/09/2019	13:00:00	0,49	0,69	50	27,8	16,31	6158
05/09/2019	14:00:00	0,47	0,58	50	29,5	16,19	6093
05/09/2019	15:00:00	0,59	0,61	50	29,6	16,31	6669
05/09/2019	16:00:00	0,62	0,56	49	31	16,06	6180
05/09/2019	17:00:00	0,65	0,67	49	32,8	15,69	6314
05/09/2019	18:00:00	0,65	0,71	49	32,8	15,69	5863
05/09/2019	19:00:00	0,78	0,93	48	34,7	15,81	5924
05/09/2019	20:00:00	0,76	1	48	34,8	15,81	5863
05/09/2019	21:00:00	0,86	1,24	49	36,1	15,69	5458
05/09/2019	22:00:00	0,88	1,24	48	35,6	15,81	5213
05/09/2019	23:00:00	0,95	1,38	48	36,3	15,69	5368
05/09/2019	24:00:00	1	1,31	48	36,6	15,75	5290
06/09/2019	1:00:00	1,08	1,58	48	36,7	16	5477
06/09/2019	2:00:00	1,21	1,83	49	36,9	16,25	5247
06/09/2019	3:00:00	1,45	2,02	48	36,5	16,5	5398
06/09/2019	4:00:00	1,38	1,89	48	36,9	16,5	5064
06/09/2019	5:00:00	1,65	2,14	47	36,8	16,75	5333
06/09/2019	6:00:00	1,61	2,08	48	36,5	16,81	5281
06/09/2019	7:00:00	1,45	2,17	49	34,9	17,31	5569
06/09/2019	8:00:00	1,42	2	49	35,1	17,25	5458
06/09/2019	9:00:00	1,21	1,83	50	33,8	17,5	3588
06/09/2019	10:00:00	1,24	1,85	50	33,7	17,37	5477
06/09/2019	11:00:00	0,88	1,58	51	33	17,69	4802
06/09/2019	12:00:00	0,72	1,26	50	32,6	18	4324
06/09/2019	13:00:00	0,71	1,26	50	32,3	17,94	4883
06/09/2019	14:00:00	0,64	1,3	50	31,8	17,94	4880

06/09/2019	15:00:00	0,63	1,28	50	32,2	17,81	4987
06/09/2019	16:00:00	0,49	1,2	50	31,6	17,87	5008
06/09/2019	17:00:00	0,47	1,17	51	31,9	17,87	5562
06/09/2019	18:00:00	0,45	1,09	51	31,7	17,81	5904
06/09/2019	19:00:00	0,42	1,09	51	31,2	17,75	6115
06/09/2019	20:00:00	0,4	1,18	51	31,4	17,69	5665
06/09/2019	21:00:00	0,39	0,94	50	30,6	17,25	5263
06/09/2019	22:00:00	0,32	0,79	50	30,2	17,19	5360
06/09/2019	23:00:00	0,39	0,98	50	30,5	16,87	5314
06/09/2019	24:00:00	0,34	0,94	50	30,2	16,81	5337
07/09/2019	1:00:00	0,39	1,02	50	31,1	16,81	5571
07/09/2019	2:00:00	0,52	1,08	48	34,5	16,37	5966
07/09/2019	3:00:00	0,59	1,11	49	34,9	16,5	5703
07/09/2019	4:00:00	0,68	1,37	48	35,1	16,5	5422
07/09/2019	5:00:00	0,7	1,35	48	34,9	16,31	5440
07/09/2019	6:00:00	0,8	1,63	48	36,1	16,5	5684
07/09/2019	7:00:00	0,88	1,71	48	36,4	16,56	5316
07/09/2019	8:00:00	0,41	1,06	51	31,8	17,5	4693
07/09/2019	9:00:00	0,36	0,92	51	31,2	17,5	4921
07/09/2019	10:00:00	0,37	0,99	51	31,1	17,5	4844
07/09/2019	11:00:00	0,34	0,93	51	31,3	17,25	4596
07/09/2019	12:00:00	0,34	0,94	51	31,3	17,44	5106
07/09/2019	13:00:00	0,31	0,95	50	30,8	17,12	4999
07/09/2019	14:00:00	0,29	0,92	50	30,5	17,12	5215
07/09/2019	15:00:00	0,29	0,65	50	30,8	16,94	5160
07/09/2019	16:00:00	0,24	0,66	51	30,3	17,06	5382
07/09/2019	17:00:00	0,27	0,7	50	30,1	16,87	5382
07/09/2019	18:00:00	0,31	0,7	50	30,1	16,87	5382
07/09/2019	19:00:00	0,29	0,71	50	30	16,75	5270
07/09/2019	20:00:00	0,29	0,7	50	30,1	16,62	5410
07/09/2019	21:00:00	0,4	0,65	50	30,3	16,5	5673
07/09/2019	22:00:00	0,39	0,66	50	30,3	16,56	5354
07/09/2019	23:00:00	0,37	0,62	49	30,5	16,25	5584
07/09/2019	24:00:00	0,36	0,62	49	30,7	16,44	5439
08/09/2019	1:00:00	0,51	0,96	50	33,6	16,25	4973
08/09/2019	2:00:00	0,53	0,94	50	33,8	16,19	4620
08/09/2019	3:00:00	0,66	1,45	48	37,3	16,31	4071
08/09/2019	4:00:00	0,65	1,5	48	36,7	16,12	4224
08/09/2019	5:00:00	0,81	1,66	48	37,7	16,37	4904
08/09/2019	6:00:00	0,79	1,64	48	37,5	16,37	4987
08/09/2019	7:00:00	1,07	1,82	49	36,9	16,5	4896
08/09/2019	8:00:00	0,99	1,87	49	36,8	16,56	4469

08/03/2019	9:00:00	1,14	2,27	48	36,2	17	4623
08/03/2019	10:00:00	1,12	2,1	48	36,4	16,34	4750
08/03/2019	11:00:00	0,95	1,68	50	33,3	17,19	4895
08/03/2019	12:00:00	0,88	1,71	50	34,5	17,06	4693
08/03/2019	13:00:00	0,77	1,5	50	34	17,37	4718
08/03/2019	14:00:00	0,88	1,5	50	34	17,37	4406
08/03/2019	15:00:00	0,84	0,98	52	32	17,87	5298
08/03/2019	16:00:00	0,68	0,33	51	32,2	17,81	5525
08/03/2019	17:00:00	0,53	0,87	52	31,8	17,69	5895
08/03/2019	18:00:00	0,49	0,87	51	30,8	17,56	5960
08/03/2019	19:00:00	0,39	0,87	52	31,3	17,62	5468
08/03/2019	20:00:00	0,33	0,87	52	31,2	17,56	5763
08/03/2019	21:00:00	0,29	0,82	50	30,7	17,56	5733
08/03/2019	22:00:00	0,24	0,7	51	30,6	17,31	6139
08/03/2019	23:00:00	0,3	0,91	52	29,8	17,19	6369
08/03/2019	24:00:00	0,34	0,39	51	29,3	17,12	6574

Promedio	0,45	0,49	52,01	32,70	18,25	5576,54
Máximo	2,82	2,27	70	40,20	21,62	9912
Mínimo	0	0	44	26,50	15,69	400

Anexo C Datos obtenidos de los sensores electroquímicos del envase 2.

ENV. TRATADO METANO (ppm)	ENV. TRATADO AMONIACO (ppm)	ENV. TRATADO HUMEDAD (%)	ENV. TRATADO TEMPERATURA (°C)	ENV. TRATADO TEMPERATURA EN LÍQUIDO (°C)	ENV. TRATADO DIÓXIDO DE CARBONO (ppm)
0	0	56	34,8	19,34	400
0	0	55	35	20	400
0	0	54	35,1	20,06	400
0	0	54	35,2	20	400
0	0	54	35,1	19,34	400
0	0	54	35,7	19,34	400
0	0	53	35,7	19,34	400
0	0	52	35,4	20	400
0	0	43	35,5	19,34	400
0	0	44	34,3	19,34	400
0	0	44	34,6	20	400
0	0	44	34,7	19,34	400
0	0	45	34,1	19,87	400
0	0	45	33,8	19,81	400
0	0	46	33,8	19,87	400
0	0	46	33,7	19,81	400
0	0	46	33,2	19,34	400
0	0	47	33	19,87	400
0	0	67	26,5	15,81	638
0	0	67	26,7	16,06	638
0	0	67	26,6	16,12	525
0	0	67	26,3	16,31	450
0	0	66	26,3	16,31	465
0	0	66	26,3	16,31	480
0	0	66	26,3	16,44	500
0	0	67	26,7	16,31	510
0	0	66	27	16,5	526
0	0	64	27	16,56	540
0	0	64	27,1	16,44	610
0	0	63	27,4	16,31	645
0	0	63	27	16,5	620
0	0	63	27,5	16,56	620
0	0	63	27,7	16,5	655
0	0	62	27,5	16,62	630
0	0	62	27,6	16,56	680
0	0	62	27,6	16,44	685
0	0	62	27,5	16,5	680
0	0,01	62	27,1	16,5	700
0	0,01	62	26,3	18,87	720
0	0,01	69	27,1	19	756
0	0,01	70	27,8	19,12	760
0	0,02	69	27,9	19,19	800
0	0,02	70	28,4	19	858
0	0,02	69	28,8	19	862
0	0,02	69	29,2	19,06	851
0	0,02	69	29,3	19,19	848
0	0,02	68	29,5	19	906
0	0,02	67	29,5	19,19	1232
0	0,03	67	29,4	19,06	1513
0	0,02	67	29,5	19,12	1537
0	0,03	66	29,8	19,12	1717
0	0,03	66	30,2	19,19	2000
0	0,03	65	30,1	18,87	2367
0	0,03	65	30,4	19	2772
0	0,03	65	30,5	19,12	2700
0	0,03	64	30,3	19,06	2729
0	0,03	64	30,2	19,06	3264
0	0,03	64	30,5	19	3337
0	0,03	63	30,3	19	3482
0	0,03	63	30,4	19,06	3222
0	0,03	63	30,5	19,06	3160
0	0,03	63	30,5	19,06	2917
0	0,03	63	30,5	19	2824
0	0,03	63	30,8	19,19	2869
0	0,03	62	30,5	19,12	2189
0	0,03	63	31	19,12	2303
0	0,03	62	30,8	19,06	2368
0	0,03	62	30,5	19	3000
0	0,04	63	31	18,34	3030
0	0,03	62	30,7	18,34	3404
0	0,03	62	30,8	18,87	3354
0	0,03	63	31	19,06	4039
0	0,03	62	31	18,87	4306
0	0,03	61	30,6	18,87	4129
0	0,03	62	31,5	18,34	4013
0	0,04	62	31	19,06	4236
0	0,04	61	30,6	19,06	4198
0	0,04	62	31,1	19	4366
0	0,04	61	30,8	18,81	4738
0	0,04	61	30,5	19	4854
0	0,04	62	31,5	18,75	4671
0	0,04	61	30,3	18,34	4920
0	0,04	61	30,8	19	5031

0	0,04	61	30,5	18,94	5345
0	0,07	68	31,4	19,52	6127
0	0,04	69	31,5	20,81	6487
0	0,06	69	31,7	21	6878
0	0,08	69	31,5	20,94	7086
0	0,1	70	32	20,94	7243
0	0,11	70	32,6	20,94	7152
0	0,12	70	32,5	20,94	7808
0	0,12	69	32,3	21	7628
0	0,13	69	33,1	20,81	7836
0	0,14	69	33,6	20,94	7652
0	0,14	68	33,8	20,94	7581
0	0,14	68	33,7	21	7569
0	0,22	64	34,7	21,19	7915
0	0,22	64	34,4	21,37	7630
0	0,23	64	34,5	21	7092
0	0,23	64	34,3	21,19	7086
0	0,23	64	34,7	21,31	7051
0	0,24	64	34,5	21,25	6735
0	0,22	64	34,5	21	6176
0	0,34	63	32	21,37	6564
0	0,33	63	32,3	21,56	6964
0	0,34	63	32,5	21,44	7142
0	0,37	63	32,3	21,31	7405
0,01	0,05	53	30,5	20,25	7459
0,01	0,04	53	30,2	20,06	6171
0,01	0,04	53	30	20	6303
0,01	0,04	53	29,4	19,81	6237
0,01	0,04	53	29,4	19,75	5980
0,01	0,04	53	29,5	19,44	5215
0,01	0,04	52	29,3	19,19	4644
0,01	0,04	52	30	19,31	4768
0,01	0,04	53	30,8	19,06	4292
0,01	0,05	52	32,3	18,81	4453
0,01	0,04	52	32,3	18,81	4383
0,01	0,05	51	34,4	18,62	4793
0,01	0,05	51	34,6	18,81	4180
0,01	0,06	50	36,3	18,87	4360
0,01	0,06	50	36,7	18,81	4115
0,01	0,05	51	37,1	19,44	3162
0,01	0,06	51	37,5	19,81	3298
0,01	0,06	50	37,4	20,31	3386

0,01	0,06	51	37,9	20,5	3179
0,01	0,06	52	36,8	20,87	3016
0,01	0,06	52	36,8	20,81	2953
0,01	0,06	52	35,5	21,12	2787
0,01	0,05	53	33,8	21,19	2176
0,01	0,04	52	32,4	21	2318
0,01	0,05	53	31,8	20,81	2164
0,01	0,05	53	31,7	20,69	2064
0,01	0,05	53	31,2	20,69	1878
0,01	0,05	53	31	20,37	1928
0,01	0,04	53	31,2	20	1897
0,01	0,04	52	30,6	20,12	1829
0,01	0,04	52	29,3	19,87	1800
0,01	0,04	51	30,1	19,56	2011
0,01	0,04	51	30,3	19,69	1838
0,01	0,04	52	30,3	19,44	1791
0,01	0,04	52	30,1	19,44	1772
0,01	0,04	51	30	19,19	1990
0,01	0,04	51	29,4	19,25	2011
0,01	0,05	52	30,5	19	2108
0,01	0,04	52	30	19	2075
0,01	0,05	52	33,3	19	2281
0,01	0,05	52	33	18,94	2187
0,01	0,06	51	36,1	19	2355
0,01	0,06	51	36,1	18,94	2153
0,01	0,06	50	38,4	19,06	2258
0,01	0,06	50	37,8	18,94	1979
0,01	0,07	51	39,1	19,25	1858
0,01	0,07	51	39,3	19,25	1938
0,01	0,07	51	39,8	19,81	1979
0,01	0,06	50	40,5	20,06	1586
0,01	0,06	50	38,8	20,75	1690
0,01	0,06	52	36,5	21	1838
0,01	0,06	51	35,8	21,56	1497
0,01	0,06	53	34,8	21,62	1451
0,01	0,05	54	34,3	21,81	1458
0,01	0,05	54	33	21,56	1428
0,01	0,05	54	33,2	21,44	1376
0,01	0,05	53	32,6	21,31	1369
0,01	0,05	53	32,3	21,06	1239
0,01	0,05	53	32,4	20,87	1258
0,01	0,04	53	31,8	20,56	1513

0,01	0,05	54	31,5	20,37	1603
0,01	0,05	53	31,4	20,25	1362
0,01	0,04	53	31,1	20	1413
0,01	0,05	52	29,9	19,81	1810
0,01	0,04	52	30,3	19,56	3146
0,01	0,04	53	31,3	19,37	3588
0,01	0,05	52	33,3	19,25	3440
0,01	0,06	50	35,6	19,19	3298
0,02	0,06	51	38,3	19,37	2922
0,02	0,06	51	39,2	19,94	3146
0,02	0,06	50	39,5	20,44	4247
0,02	0,07	51	39,3	21,12	5917
0,02	0,06	51	39,5	22	4863
0,02	0,06	50	37,9	22,69	3670
0,02	0,06	51	37	23,31	3518
0,02	0,07	52	36,8	23,69	2964
0,01	0,06	52	34,7	24,06	2628
0,01	0,06	53	33,6	24,12	2113
0,01	0,06	53	33,3	24	1620
0,01	0,06	53	32,5	24	2092
0,01	0,06	53	32,2	23,94	2569
0,01	0,06	52	32,3	23,81	3043
0,01	0,06	52	31,7	23,62	3164
0,01	0,06	53	31,2	23,5	3363
0,01	0,06	52	30	23,44	3770
0,01	0,06	52	29,9	23,06	3299
0,01	0,05	51	29,5	22,56	3874
0,01	0,06	51	29,2	22	4143
0,01	0,07	50	32,2	21,56	4268
0,01	0,01	46	31	23,12	5200
0,01	0,01	40	31,7	23,44	6681
0,02	0,82	48	36,6	23,56	6592
0,02	0,75	51	33,9	23,37	6419
0,02	0,76	51	33,8	23,31	6871
0,02	0,8	51	33,4	23,19	7394
0,02	0,69	52	33	23,06	7444
0,02	0,69	52	33	23	7741
0,02	0,62	51	32,4	22,5	7325
0,02	0,65	51	32,2	22,75	7537
0,02	0,55	50	32	22,31	7442
0,02	0,55	50	32	22,25	7380
0,02	0,48	51	31,9	22	7420

0,02	0,49	50	32,3	21,75	7747
0,01	0,41	51	31,8	21,44	7284
0,02	0,39	49	31,9	21,06	7768
0,01	0,39	49	31,8	21,25	7911
0,01	0,35	50	31,7	20,75	8163
0,02	0,37	50	31,9	20,81	8329
0,01	0,33	50	31,5	20,62	7900
0,01	0,32	50	31,4	20,5	7816
0,01	0,33	50	30,8	20,31	7928
0,01	0,32	50	30,2	20,25	8021
0,01	0,3	49	30,5	19,94	8250
0,01	0,31	49	30,5	19,81	7993
0,01	0,3	49	30,2	19,37	7561
0,01	0,3	50	30,2	19,31	7021
0,01	0,31	50	29,8	19,25	7250
0,01	0,32	50	30,1	19	7861
0,01	0,31	49	31,7	18,69	7388
0,01	0,31	49	32,3	18,5	7477
0,01	0,31	49	34,3	18,37	7765
0,01	0,31	49	34,3	18,25	7110
0,01	0,3	48	36,5	18,25	6871
0,01	0,29	48	36,1	18,37	6822
0,01	0,28	49	34,3	18,5	6713
0,02	0,31	50	34,3	18,69	6389
0,01	0,28	49	33,8	18,75	6110
0,01	0,28	50	33,4	18,81	6295
0,01	0,28	50	33,3	19	6747
0,01	0,27	50	31,9	18,87	7250
0,01	0,26	50	31,2	18,69	7284
0,01	0,24	49	30,7	18,56	7588
0,01	0,24	49	30,3	18,62	7780
0,01	0,22	51	29,5	18,37	7380
0,01	0,22	50	29,4	18,37	7268
0,01	0,21	51	29,1	17,94	7630
0,01	0,2	50	28,4	17,81	7525
0,01	0,18	49	28,8	17,5	7653
0,01	0,18	49	28,6	17	7036
0,01	0,16	50	29,6	16,75	7628
0,01	0,16	48	32,3	16,44	7390
0,01	0,17	48	35,3	16,5	7416
0,01	0,18	47	35,3	16,62	7714
0,01	0,17	47	37,4	17	7255

0,01	0,15	48	36,7	17,44	7063
0,01	0,13	48	37,1	17,81	6562
0,01	0,12	49	36,7	18,12	6123
0,01	0,12	48	36,4	18	6453
0,02	0,1	49	35,4	18,69	6075
0,01	0,1	49	35,6	18,75	6107
0,01	0,08	50	33,7	18,81	5887
0,01	0,08	50	33,7	18,75	5626
0,01	0,07	51	33,3	18,94	5337
0,01	0,07	51	33,2	18,94	5158
0,01	0,07	50	32,4	19,06	5422
0,01	0,06	50	31,8	19,06	5569
0,01	0,06	50	32	19,12	5113
0,01	0,06	50	31,5	18,81	5553
0,02	0,06	50	31,5	18,81	5700
0,01	0,05	49	30,5	18,75	5935
0,01	0,05	50	29,7	18,56	6269
0,01	0,05	50	29,7	18,5	6599
0,01	0,04	50	29,5	18,25	7053
0,01	0,04	49	29,5	18,19	7075
0,01	0,04	49	28,7	18	7117
0,01	0,04	50	29	18,06	6907
0,02	0,07	49	39,3	17,62	7269
0,01	0,07	49	39	18,19	7306
0,02	0,07	50	39	18,25	7380
0,01	0,07	50	38,5	18,69	7535
0,02	0,07	50	38	18,81	7342
0,02	0,06	50	36,3	19,25	7918
0,01	0,06	49	35,1	19,62	7979
0,02	0,06	49	35,1	19,56	7690
0,01	0,05	50	33,9	19,81	7586
0,01	0,05	49	33,3	19,94	7562
0,01	0,05	48	32,5	19,87	7466
0,01	0,04	49	31,7	19,69	7481
0,01	0,04	49	32,1	19,37	6586
0,01	0,04	49	31,7	19,44	6398
0,01	0,05	49	32,3	19,25	6595
0,01	0,04	49	32,3	19,12	6521
0,01	0,04	49	30,9	19	6405
0,01	0,04	50	31,4	19,06	6545
0,01	0,04	49	30,8	18,75	6405
0,01	0,04	50	31	18,81	6051

0,01	0,04	49	30,5	18,62	5819
0,01	0,04	49	30,5	18,69	5369
0,01	0,04	50	30,3	18,5	5655
0,01	0,04	50	30,1	18,56	5474
0,01	0,04	49	29,7	18,31	5521
0,01	0,04	49	29,5	18,31	5690
0,01	0,04	50	29,5	17,87	5997
0,01	0,04	50	29,3	17,94	6051
0,01	0,04	50	29,7	17,94	6481
0,01	0,04	48	32,4	17,5	6646
0,01	0,05	49	33	17,56	6255
0,01	0,05	49	33,7	17,25	5717
0,01	0,05	48	34,8	17,31	5838
0,01	0,05	48	36	17,62	5781
0,01	0,06	48	36,9	17,75	5763
0,01	0,06	48	36,4	18	5800
0,01	0,06	48	35,8	18,31	5717
0,02	0,06	49	35,1	18,56	5612
0,01	0,06	49	34,7	18,69	6095
0,01	0,06	49	35	18,75	6629
0,02	0,06	50	33,6	18,75	6681
0,01	0,06	50	33,3	19	6347
0,02	0,06	49	32,6	19	6362
0,01	0,05	50	30,8	18,62	5991
0,01	0,05	51	31,4	18,5	5451
0,01	0,05	50	30,8	18,62	5505
0,01	0,05	52	30,1	18,44	5521
0,01	0,05	52	30,1	18,44	5435
0,01	0,05	51	30,1	18,31	5553
0,01	0,05	51	30,5	18,25	5489
0,01	0,05	52	29,4	17,94	5435
0,01	0,05	52	29,4	18,06	5726
0,01	0,05	51	29,9	17,87	5521
0,01	0,05	51	29,5	17,87	5805
0,01	0,05	52	29,5	17,81	5735
0,01	0,05	52	29,5	17,81	5744
0,01	0,05	52	29,5	17,62	5858
0,01	0,05	52	29,4	17,69	5938
0,01	0,05	51	30	17,37	6226
0,01	0,05	51	29,9	17,5	6385
0,01	0,05	51	29,9	17,25	6417
0,01	0,05	51	29,9	17,25	6317

0,01	0,06	51	31,3	17,19	5819
0,01	0,05	51	31,4	17,31	5753
0,01	0,06	50	32,5	16,94	5763
0,01	0,06	50	32,4	17,06	5726
0,02	0,06	50	32,6	17	5688
0,01	0,06	51	33	17	5772
0,01	0,07	49	34,6	16,81	5848
0,02	0,07	49	34,7	17,12	5819
0,02	0,07	49	36,1	17,19	6019
0,02	0,08	48	35,8	16,94	6178
0,02	0,08	48	35,4	17,06	6484
0,01	0,07	49	35,1	17,06	6617
0,01	0,08	49	36,3	17,44	6744
0,02	0,08	49	36,2	17,37	6972
0,02	0,08	49	36	17,69	7081
0,01	0,08	48	35,7	17,69	6917
0,02	0,09	50	35,9	17,87	7332
0,02	0,09	50	35,4	18	7508
0,02	0,09	50	34,9	18,12	7562
0,02	0,09	50	35,2	18,19	7521
0,02	0,09	52	32,8	18,44	7481
0,02	0,09	53	33,3	18,44	7591
0,02	0,08	52	32,5	18,44	7451
0,02	0,08	52	33	18,62	7489
0,02	0,08	52	32,5	18,69	7398
0,02	0,08	52	32,5	18,5	7428
0,02	0,1	49	34	17,37	6613
0,02	0,12	49	33,7	17,31	6468
0,02	0,15	49	35,2	17,56	5703
0,02	0,17	49	35,3	17,75	5525
0,02	0,18	50	35,1	17,87	5653
0,03	0,16	50	34,9	17,94	5644
0,02	0,16	50	34	18,19	5557
0,02	0,17	50	33,6	18,5	5171
0,02	0,16	52	33	18,5	4981
0,02	0,15	51	32,8	18,56	5241
0,02	0,15	51	32,5	18,69	5452
0,02	0,14	51	32	18,75	5523
0,02	0,14	51	32	18,44	5102
0,02	0,14	51	31,5	18,5	5241
0,02	0,14	51	32	18,5	5611
0,02	0,14	50	32,2	18,44	5945

0,02	0,14	51	32,1	18,62	5867
0,02	0,13	51	31,4	18,44	5644
0,02	0,13	52	30,6	18,37	5831
0,02	0,12	51	30,6	18,12	6044
0,02	0,12	51	30,3	18,12	6246
0,02	0,12	51	30,8	18,19	6391
0,02	0,12	50	30,5	17,94	6423
0,02	0,12	52	30,2	17,87	6515
0,02	0,12	51	31,1	17,75	6386
0,02	0,13	50	32,6	17,62	6558
0,02	0,13	50	33,4	17,81	6896
0,02	0,12	50	33,5	17,75	7068
0,02	0,13	50	33,5	17,69	6575
0,02	0,14	50	33,2	17,62	7065
0,03	0,14	51	34,1	17,69	6880
0,02	0,14	51	34,3	17,75	6915
0,03	0,14	50	34	17,94	6380
0,03	0,14	50	34,3	18	6611
0,02	0,15	51	33,5	18,06	6370
0,02	0,13	51	33,2	18,06	6455
0,02	0,13	50	32,8	18	6816
0,02	0,13	52	31,3	18,25	7197
0,02	0,13	52	31	18,12	6947
0,02	0,12	51	30,3	18,31	6861
0,03	0,12	51	30,3	18,25	6910
0,03	0,14	48	35,1	16,81	6838
0,03	0,12	49	34,9	17,06	6544
0,03	0,12	49	36,3	17	6830
0,03	0,12	49	36	17,06	6397
0,02	0,14	48	36,4	17,44	5733
0,03	0,13	49	36	17,31	5502
0,02	0,14	48	35,7	17,75	5309
0,03	0,13	49	36	17,81	5152
0,03	0,13	49	35,1	17,87	5502
0,03	0,14	49	35,1	17,81	5733
0,02	0,13	49	34,7	18,19	5510
0,02	0,13	49	34,9	18,19	5444
0,02	0,13	50	34,6	18,19	4810
0,02	0,13	49	34,9	18,25	4281
0,03	0,12	50	33,8	18,37	4569
0,02	0,12	51	33,4	18,5	4348
0,02	0,11	51	33,2	18,69	4359

0,03	0,12	51	32,3	18,75	4844
0,02	0,12	51	32	18,5	4563
0,03	0,12	51	32	18,75	4936
0,02	0,11	51	32	18,62	4877
0,02	0,11	51	31,4	18,69	5397
0,03	0,11	51	31,1	18,75	5107
0,02	0,1	51	31	18,69	5353
0,02	0,1	51	31	18,44	5327
0,02	0,1	51	31,2	18,56	5822
0,02	0,1	51	31,3	18,56	5741
0,02	0,1	52	31	18,44	5647
0,03	0,1	52	31	18,37	5444
0,02	0,1	51	30,6	18,06	5612
0,02	0,1	52	30,1	17,69	5315
0,03	0,1	50	31,5	17,69	4809
0,03	0,11	50	31,8	17,56	5352
0,03	0,11	50	33,4	17,44	5043
0,03	0,11	50	33,4	17,37	5327
0,03	0,12	48	35	17,5	5801
0,03	0,13	48	35,5	17,37	5818
0,03	0,12	48	36,3	17,56	5435
0,02	0,14	49	36,6	17,75	4801
0,03	0,14	47	37,3	17,75	4020
0,03	0,14	47	37,4	17,75	3801
0,03	0,14	47	37,5	17,94	3573
0,03	0,16	47	37,5	18	3308
0,03	0,14	47	37,9	18,25	3148
0,03	0,14	47	37,7	18,06	3584
0,03	0,15	49	37,3	18,44	3573
0,03	0,17	49	37,4	18,56	3844
0,03	0,15	51	34,9	18,75	4455
0,02	0,15	51	35,3	18,75	4974
0,03	0,14	50	34,5	19	5233
0,02	0,14	51	34,9	19	5020
0,02	0,14	54	32	19,25	4974
0,02	0,13	50	32,5	19,12	4626
0,02	0,12	51	32,3	18,81	4818
0,02	0,14	51	31,6	18,75	4838
0,02	0,14	51	31,5	19	4101
0,02	0,13	52	31,3	18,5	4352
0,02	0,12	51	31	18,25	4308
0,02	0,13	50	30,6	18,25	4332

0,02	0,12	50	33	18,06	4892
0,02	0,12	49	32,8	18,12	4352
0,02	0,13	50	33,7	17,94	4397
0,02	0,13	50	33,3	17,94	4626
0,02	0,14	49	34,7	17,75	4316
0,02	0,14	49	34,9	17,81	4510
0,02	0,15	49	36,5	17,87	5038
0,02	0,16	48	36,4	17,81	5455
0,02	0,16	48	37,5	17,87	5887
0,03	0,17	49	38,1	17,87	5639
0,03	0,18	48	37,8	18,19	5741
0,03	0,19	50	36,8	18,37	5327
0,03	0,18	50	36,8	18,5	5997
0,03	0,19	48	37,5	18,75	5874
0,03	0,19	48	37,3	18,87	5962
0,02	0,19	48	37,6	19	5215
0,02	0,19	50	37	19,31	5293
0,03	0,18	50	35,4	19,5	5038
0,02	0,18	50	35,3	19,37	4582
0,02	0,16	51	34,5	19,62	4874
0,02	0,16	51	34,3	19,5	4437
0,02	0,15	52	33,3	19,69	4573
0,02	0,15	51	33,5	19,56	4974
0,02	0,14	51	32,6	19,52	5250
0,02	0,14	51	30,5	18,5	5733
0,02	0,13	51	30,2	18,25	6027
0,02	0,13	51	30,1	18,25	5704
0,02	0,12	51	30,5	18	6107
0,02	0,12	51	30,2	17,87	5604
0,02	0,13	52	31	17,87	5522
0,02	0,13	50	33,8	17,62	5892
0,02	0,14	50	34,2	17,62	5348
0,02	0,15	49	35,1	17,44	4647
0,02	0,14	49	35,1	17,5	4830
0,02	0,14	49	35,1	17,56	4502
0,03	0,14	50	33,9	17,94	4895
0,02	0,13	50	34	17,87	4118
0,03	0,14	49	35,3	17,87	4604
0,03	0,14	49	35,1	18,12	4764
0,03	0,15	48	34,9	18,12	4502
0,03	0,16	49	34,4	18,31	5612
0,03	0,15	49	34,7	18,44	5183

0,03	0,14	51	33	18,44	5768
0,03	0,14	51	33	18,37	5303
0,02	0,12	51	32,3	18,37	5299
0,03	0,13	52	31,9	18,5	5130
0,03	0,13	51	31,8	18,31	5910
0,03	0,12	52	31,2	18,44	6976
0,03	0,12	52	31,2	18,56	6130
0,02	0,11	52	31	18,31	5840
0,03	0,12	51	30,8	18	5896
0,02	0,11	51	30,8	18	5537
0,02	0,12	50	30,6	17,87	5896
0,02	0,11	50	30,6	18,12	5595
0,02	0,1	50	30,6	17,56	5179
0,02	0,11	50	30,4	17,81	5632
0,02	0,1	50	30,4	17,62	5537
0,02	0,1	50	30	17,44	5618
0,02	0,11	50	31,6	17,19	4908
0,02	0,11	50	31,3	17,25	4713
0,03	0,11	49	31,9	17,19	4858
0,02	0,11	49	32,3	17,12	4618
0,02	0,11	50	32	17,12	5017
0,02	0,11	50	32,1	17	5101
0,02	0,11	50	34,2	17	5266
0,03	0,11	50	33,8	17	5613
0,03	0,12	49	34,8	17,12	5266
0,02	0,13	49	35	17	5631
0,03	0,12	49	34,6	17,12	5974
0,03	0,13	49	34,6	17,31	6271
0,03	0,14	49	34,7	17,31	6118
0,03	0,14	48	34,9	17,69	6271
0,03	0,13	49	34,9	17,87	6768
0,03	0,13	49	34,5	17,75	6632
0,02	0,12	50	33,2	17,81	6266
0,03	0,12	50	33,2	17,94	6632
0,02	0,1	51	30,3	18,06	6384
0,02	0,09	50	30,1	17,87	5844
0,03	0,09	51	30,5	17,94	5293
0,03	0,09	51	29,4	17,75	5765
0,03	0,09	52	29,8	17,81	5408
0,02	0,08	51	28,3	17,12	5638
0,02	0,09	50	27,9	17	5374
0,02	0,09	50	29,9	16,81	5329

0,02	0,09	50	29,8	16,75	5444
0,02	0,1	49	31,5	16,56	5939
0,02	0,1	49	32,7	16,31	5844
0,02	0,1	50	33	16,44	6152
0,02	0,1	49	34,7	16,31	5696
0,02	0,13	52	31	17,87	5522
0,02	0,13	50	33,8	17,62	5892
0,02	0,14	50	34,2	17,62	5348
0,02	0,15	49	35,1	17,44	4647
0,02	0,14	49	35,1	17,5	4830
0,02	0,14	49	35,1	17,56	4502
0,03	0,14	50	35,9	17,94	4895
0,02	0,13	50	34	17,87	4118
0,03	0,14	49	35,3	17,87	4604
0,03	0,14	49	35,1	18,12	4764
0,03	0,15	48	34,9	18,12	4502
0,03	0,16	49	34,4	18,31	5612
0,03	0,15	49	34,7	18,44	5183
0,03	0,14	51	33	18,44	5768
0,03	0,14	51	33	18,37	5303
0,02	0,12	51	32,3	18,37	5299
0,03	0,13	52	31,9	18,5	5130
0,03	0,13	51	31,8	18,31	5910
0,03	0,12	52	31,2	18,44	6976
0,03	0,12	52	31,2	18,56	6130
0,02	0,11	52	31	18,31	5840
0,03	0,12	51	30,8	18	5896
0,02	0,11	51	30,8	18	5537
0,02	0,12	50	30,6	17,87	5896
0,02	0,11	50	30,6	18,12	5595
0,02	0,1	50	30,6	17,56	5179
0,02	0,11	50	30,4	17,81	5632
0,02	0,1	50	30,4	17,62	5537
0,02	0,1	50	30	17,44	5618
0,02	0,11	50	31,6	17,19	4908
0,02	0,11	50	31,3	17,25	4713
0,03	0,11	49	31,9	17,19	4858
0,02	0,11	49	32,3	17,12	4618
0,02	0,11	50	32	17,12	5017
0,02	0,11	50	32,1	17	5101
0,02	0,11	50	34,2	17	5266
0,03	0,11	50	33,8	17	5613

0,03	0,12	49	34,8	17,12	5266
0,02	0,13	49	35	17	5631
0,03	0,12	49	34,6	17,12	5974
0,03	0,13	49	34,6	17,31	6271
0,03	0,14	49	34,7	17,31	6118
0,03	0,14	48	34,9	17,69	6271
0,03	0,13	49	34,9	17,87	6768
0,03	0,13	49	34,5	17,75	6632
0,02	0,12	50	33,2	17,81	6266
0,03	0,12	50	33,2	17,94	6632
0,02	0,1	51	30,3	18,06	6384
0,02	0,09	50	30,1	17,87	5844
0,03	0,09	51	30,5	17,94	5293
0,03	0,09	51	29,4	17,75	5765
0,03	0,09	52	29,8	17,81	5408
0,02	0,08	51	28,3	17,12	5638
0,02	0,09	50	27,9	17	5374
0,02	0,09	50	29,9	16,81	5329
0,02	0,09	50	29,8	16,75	5444
0,02	0,1	49	31,5	16,56	5939
0,02	0,1	49	32,7	16,31	5844
0,02	0,1	50	33	16,44	6152
0,02	0,1	49	34,7	16,31	5636
0,03	0,1	48	34,9	16,37	5389
0,03	0,11	49	36,1	16,44	5037
0,03	0,12	48	35,5	16,44	4806
0,03	0,1	48	36,3	16,56	5408
0,03	0,11	48	36,6	16,62	5483
0,03	0,13	48	36,5	16,75	5171
0,02	0,13	48	36	17,12	5620
0,03	0,13	48	36,8	17,37	5943
0,03	0,13	48	37,1	17,31	5793
0,03	0,14	48	37,1	17,69	6101
0,03	0,13	48	36,8	17,69	5908
0,03	0,12	49	35,2	18,25	5793
0,03	0,12	49	35,1	18,12	5483
0,02	0,12	50	33,8	18,5	5631
0,03	0,12	50	34	18,37	5962
0,03	0,12	51	33	18,5	5253
0,03	0,1	50	32,4	18,44	5104
0,03	0,1	50	32,4	18,31	5678
0,03	0,09	50	31,8	18,31	5388
---	---	---	---	---	---
0,03	0,09	50	32	18,31	4947
0,03	0,09	51	31,8	18,06	5150
0,03	0,08	51	31,5	18,19	5361
0,03	0,09	52	31,6	17,94	5625
0,03	0,09	52	31,6	17,94	5444
0,02	0,09	51	31,2	17,81	5928
0,02	0,08	51	31	17,37	5663
0,02	0,08	51	30,5	17,19	5576
0,03	0,08	50	30,5	17,25	5780
0,02	0,08	50	30,2	17,19	5021
0,02	0,08	51	31	16,87	4928
0,02	0,1	49	34,3	16,75	4095
0,02	0,1	49	34,6	16,75	4477
0,03	0,1	48	35,3	16,87	4388
0,02	0,1	47	35,4	16,87	4561
0,02	0,11	48	36,1	16,87	4970
0,02	0,11	48	36,1	17,19	4861
0,02	0,08	51	31,3	17,62	4344
0,02	0,09	51	31	17,62	4469
0,03	0,09	51	31,5	17,44	3738
0,02	0,07	51	31,5	17,5	3442
0,02	0,08	51	31,4	17,31	3616
0,02	0,08	50	30,3	17,25	3738
0,02	0,07	50	30,7	17,31	4111
0,02	0,08	50	30	17,12	4709
0,02	0,08	51	30,3	17,19	4261
0,02	0,07	50	30,3	16,87	3905
0,02	0,08	50	30,7	16,62	4111
0,02	0,08	50	30,4	16,44	4630
0,02	0,07	50	30,8	16,5	4709
0,02	0,08	50	30,2	16,37	4944
0,02	0,08	50	30,7	16,44	4709
0,02	0,08	49	30,5	16,31	5013
0,02	0,08	49	30,6	16,25	4525
0,02	0,09	50	33,7	16,31	4560
0,02	0,09	50	33,7	16,12	4460
0,02	0,1	48	37,4	16,56	4152
0,02	0,1	48	37,1	16,5	4254
0,02	0,12	48	37,6	17	4561
0,02	0,1	48	37,2	16,75	3910
0,02	0,12	49	37,3	17,12	4329
0,02	0,13	48	37,3	17,37	4477

0,02	0,12	48	36,2	17,69	4384
0,02	0,12	49	36,3	17,44	4633
0,02	0,12	50	34,3	17,81	4152
0,02	0,1	49	34,3	17,94	4021
0,02	0,1	50	34	18,19	4703
0,02	0,1	50	34	18,22	4816
0,02	0,08	52	31,9	18,12	4768
0,02	0,08	52	31,8	17,87	5065
0,02	0,07	52	32	17,87	5219
0,02	0,08	51	30,9	17,75	5632
0,02	0,08	52	31,2	17,81	5216
0,02	0,07	52	31,1	17,56	5065
0,02	0,07	51	30,8	17,56	5102
0,02	0,07	51	30,8	17,62	5596
0,02	0,08	52	29,8	17,5	5558
0,02	0,08	51	29,9	17,06	5237

Promedio	0,02	0,11	52,04	32,69	18,60	4974,75
Máximo	0,03	0,82	70	40,50	24,12	8329
Mínimo	0	0	40	26,50	15,81	400

CO2	89,20865657
	10,79134343
AMONIACO	22,58460985
	77,41539015
METANO	3,515369523
	96,48463048

Anexo D Artículo científico del proyecto de investigación.

Evaluación de la degradación de materia orgánica mediante técnicas de visión artificial y sensores.

Humberto Raúl Reyes Ordóñez
hrreyeso15@est.ucacue.edu.ec
Universidad Católica de Cuenca

Jonnathan Ismael Ortiz Torres
jiortizt76@est.ucacue.edu.ec
Universidad Católica de Cuenca

Manuel Salvador Álvarez-Vera
malvarezv@ucacue.edu.ec
Universidad Católica de Cuenca

Juan-Carlos Cobos-Torres
juan.cobos@ucacue.edu.ec
Universidad Católica de Cuenca

Resumen

El monitoreo de gases, temperatura y humedad es importante para cuantificar el beneficio de microorganismos dentro de la descomposición de la materia orgánica. Debido a la dificultad de conseguir dispositivos automatizados y sus elevados costos, este tipo de monitoreo generalmente se lo hace de manera manual y con una resolución diaria para muestreo. Basados en esta problemática el presente estudio buscó desarrollar un sistema automático de monitoreo mediante software libre y hardware DIY, capaz de monitorear la temperatura y humedad ambiental, la temperatura dentro de la materia en descomposición, así como los gases que se emiten durante la degradación de la materia orgánica (metano, amonio y dióxido de carbono). Esto, en dos contenedores diferentes. Uno de los envases tratados con microorganismos benéficos, mientras el otro envase no fue tratado. Se ha demostrado una reducción de gases contaminantes como metano, amonio y dióxido de carbono en un 93.09 %, 35.17% y 13.63%, respectivamente.

Palabras Clave: Residuos orgánicos; Microorganismo benéficos, Automatización, Hardware DIY, Software libre.

Abstract

The monitoring of gases, temperature, and humidity is important to quantify the benefit of microorganisms within the decomposition of organic matter. Due to the difficulty of obtaining automated devices and their high costs, this type of monitoring is usually done manually and with a daily resolution for sampling. Based on this problem, the present study sought to develop an automatic monitoring system using free software

and DIY hardware. The device measures the ambient temperature and humidity, the temperature inside the decomposing matter, as well as the gases that are emitted during the degradation of the organic matter (methane, ammonia and carbon dioxide). This, in two different containers. One of the packages treated with beneficial microorganisms, while the other package was not treated. A reduction of polluting gases such as methane, ammonia and carbon dioxide has been demonstrated by 93.09%, 35.17% and 13.63%, respectively.

Key Words: Organic waste; Benefic microorganism, Automation, DIY hardware, Open software.

Introducción

Cada día somos más habitantes en el planeta, conforme se incrementa la población a la par crece la generación de residuos. El aumento de la población, el auge de la economía, la rápida urbanización y el aumento del nivel de vida de la comunidad han acelerado significativamente la generación de desechos sólidos en el mundo (Song, Li, & Zeng, 2015)

La eliminación correcta de los desechos generados por las actividades humanas es uno de los desafíos prevalecientes que enfrenta el mundo hacia un desarrollo sostenible (Oliveira, Oliveira, Bezerra, Pereira, & Battistell, 2017). A nivel mundial el manejo de los residuos sólidos ha representado un problema debido, entre otras cosas, a los altos volúmenes generados por los ciudadanos; cuando el manejo de éstos no es el adecuado, puede afectar la salud de los ciudadanos y al medio ambiente (Sáez & G, 2014), debido a la generación de gases contaminantes particularmente los causantes del calentamiento global, así como por la presencia de lixiviados y vectores. En América Latina y el Caribe (ALC) las viviendas continúan siendo la fuente principal de generación de los residuos sólidos urbanos (RSU) (Hernández-Berriel et al., 2016).

Los desechos están directamente relacionados con los humanos, tanto tecnológicamente como socialmente, algunos componentes de los residuos tienen un valor económico y puede ser reciclado una vez recuperados correctamente (Joshua 2013) sin afectar al medioambiente.

A partir de la información proporcionada por los GADM, se determinó que cada habitante del Ecuador en el sector urbano, produce en promedio 0,86 kg de residuos sólidos por día (INEC, 2017), de los cuales la materia orgánica es su mayor constituyente llegando a ocupar hasta el 60% de la generación per cápita.

La materia orgánica doméstica poco tiempo después de su generación comienza a degradarse, lo que trae consigo olores desagradables y presencia de organismos no deseados, por lo tanto, se han realizado investigaciones tendientes a evitar la putrefacción de la materia, para lo cual se aplica sobre estos microorganismos benéficos obtenidos de especies vegetales e inmovilizados en un material inerte, que conlleva a la fermentación de los residuos y no a una descomposición por lo tanto evitando la generación de gases, posteriormente son transformados en un material estable denominado compost que es una conversión biológica autocalentable, que genera productos finales adecuados, como fertilizantes, sustratos para el cultivo de hongos y biogás (metano) (Sarkar, Pal, & Chanda, 2016), en este proceso los microorganismos descomponen los materiales orgánicos en sustancias orgánicas estables y utilizables,

consumen oxígeno y libera calor, agua y CO₂ (Mahmud, Mehmood, Hussain, & Ahmad, 2015), el compostaje es un proceso que se está extendiendo por todo el mundo para reducir la eliminación de residuos en vertederos (Muscolo et al. 2018) y se ajusta a la visión de bioeconomía (Viaene et al. 2016).

No se conoce con certeza la concentración de los gases generados en la degradación de los residuos orgánicos domiciliarios ni la variación de la temperatura y humedad, frente a los que reciben aplicación de consorcios microbianos benéficos como una alternativa para reducir severamente la contaminación ambiental, que conlleva al calentamiento del planeta y afecta a la calidad de vida de las personas.

En los países en desarrollo la gestión de residuos sólidos es un gran desafío, urge la necesidad de buscar soluciones tecnológicas amigables con el ambiente para evaluar la contaminación generada. Mediante sensores de CO₂, CH₄, NH₄, temperatura y humedad es posible identificar la concentración de estos gases altamente contaminantes en la degradación de la materia orgánica con aplicación de microorganismos benéficos y sin aplicación de estos.

El objetivo principal de esta investigación fue evaluar la degradación de la materia orgánica domiciliar utilizando técnicas de visión artificial para conocer la concentración de amonio, dióxido de carbono, metano, en este proceso, así como el comportamiento de la temperatura y variación de la humedad.

Importancia del Problema

La degradación de la materia orgánica reviste fundamental importancia debido a que en el proceso generan gases contaminantes responsables del calentamiento del planeta, que además afectan a la salud y bienestar de las personas.

Si bien se sabe de ciertos gases que son emitidos en la descomposición de los residuos orgánicos no se conoce con certeza cuál es su concentración, por lo tanto, no es posible cuantificar la contaminación total emitida por los habitantes en una ciudad.

Dentro de las alternativas tecnológicas para tratar los residuos orgánicos generados en el hogar se encuentra la aplicación de microorganismos benéficos que evitan que la materia orgánica se degrade y pase a un proceso de fermentación. Tanto en la degradación, así como en la fermentación se liberan gases los mismos que no han sido cuantificados, por lo tanto, se desconoce su concentración.

En los procesos biológicos de transformación de los residuos sólidos orgánicos se liberan básicamente amoníaco, dióxido de carbono y metano, gases altamente contaminantes y responsables del calentamiento del planeta que trae consigo afecciones a la población debido a efectos sobre el clima (inundaciones y sequías) así como también sobre la salud y calidad de vida de la población.

Por lo tanto, las técnicas de visión artificial y sensores electroquímicos permiten evaluar el proceso de putrefacción y su generación de gases en la degradación de la materia orgánica, para de esta manera conocer el tipo de gas y la concentración, para tomar medidas inherentes a tratar los gases emitidos así

como también a disminuir su emisión con la finalidad de precautelar la salud de las personas y el cuidado medio ambiental, para gozar de ciudades sostenibles y altamente amigables con el ambiente.

Metodología

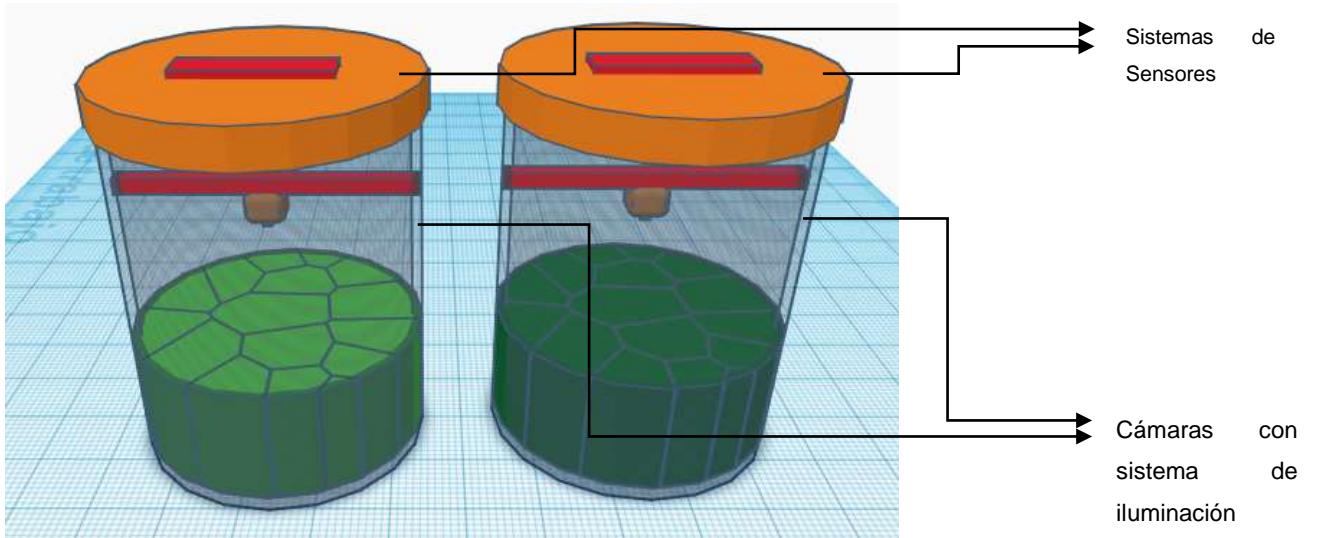
La Jefatura de Posgrados de la Universidad Católica de Cuenca se encuentra ubicada a 2510 msnm, 2°52'15.9"S 78°58'54.0"W. La temperatura es muy estable casi durante todo el año, con variaciones de 7 °C a 17 °C, sin embargo, las mayores variaciones se evidencian entre el día y la noche con variaciones que rara vez pueden alcanzar en las horas nocturnas los 5 °C y las horas de más sol los 19 °C . Se buscó realizar el estudio en los meses de agosto y septiembre por ser la temporada fresca. En estos meses durante el año 2019 cuando se elaboró el estudio hubieron temperaturas promedio mensuales de 12.4 °C, 13.6 °C, respectivamente (estación meteorológica UCACUE e informe INAMHI.)

Se recolectó residuos sólidos orgánicos en su mayoría fueron restos de verduras y hortalizas, los mismos que se transportaron a la Jefatura de Posgrados, campus de la Universidad Católica de Cuenca (Estancia Cordero), donde se adecuo y molió de manera homogénea. Posteriormente se colocó en dos contenedores los residuos, los mismos constan de una tapa que cierra herméticamente el contenedor. Esto además, sirvió como prevención y protección de la lluvia y de la radiación solar directa. Con el fin de lograr mayor uniformidad en las muestras se mezclaron los residuos sólidos orgánicos, procediéndose a colocar 12 Kg en cada uno de los contenedores. Adicionalmente se adecuo una caja que cubría totalmente cada contenedor, para poder realizar un análisis sin perturbaciones de luz ambiental. Cada contenedor contaba con su sistema de iluminación propio, el cual era dotado por las cámaras web que se colocaron en los contenedores. Todo esto fue realizado con la finalidad de evitar cambios bruscos de iluminación y/o temperatura, logrando conseguir un microambiente propicio para la putrefacción.

Los consorcios microbianos están constituidos por *Bacillus*, *Lactobacillus*, Levaduras, Actinomicetos y *Pseudomonas*, que evitan la putrefacción de la materia orgánica.

La parte del sistema de medición fue fabricado en su totalidad en Arduino y Raspberry pi. Este sistema está formado por subsistemas. El primero el encargado de monitorear los gases dentro del contenedor (dióxido de carbono, Amonio y Metano), así como la temperatura y humedad ambiental dentro del contenedor. Adicionalmente, se adecuo una sonda para medir la temperatura interna de los residuos. El segundo subsistema sirve para monitorear mediante análisis de imágenes los cambios a nivel superficial de la materia en descomposición, así como de iluminar el contenedor. La conceptualización del sistema se puede observar en el Grafico 1.

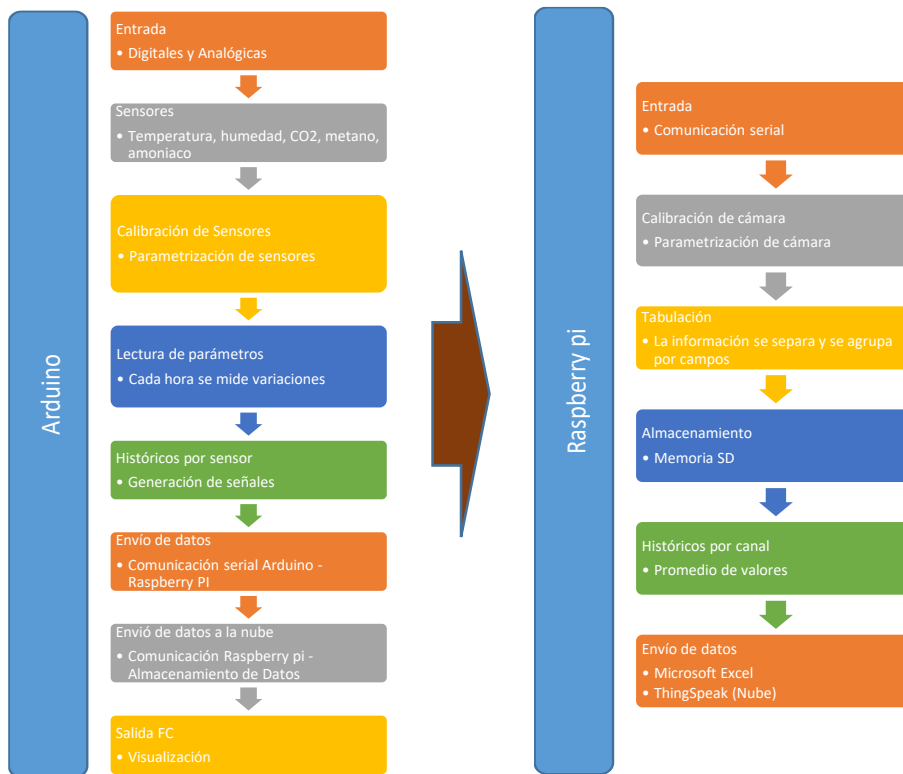
Gráfico 1. Conceptualización del sistema



Fuente: Cobos-Torres, Juan y Alvarez Vera, Ecuador, 2019.

La estructura general utilizada para la obtención de datos para la evaluación de la descomposición de desechos humanos se detalla en Gráfico 2.

Gráfico 2. Esquemmatización del sistema



Fuente: Cobos-Torres, Juan y Alvarez Vera, Ecuador, 2019.

Los sensores electroquímicos para la medición de dióxido de carbono, humedad, temperatura, metano y amonio fueron seleccionados en base a precio y a su disponibilidad. Existe una múltiple gama de sensores pero estas dos variables limitan mucho una libre elección. En la Tabla 1 se detalla los sensores seleccionados.

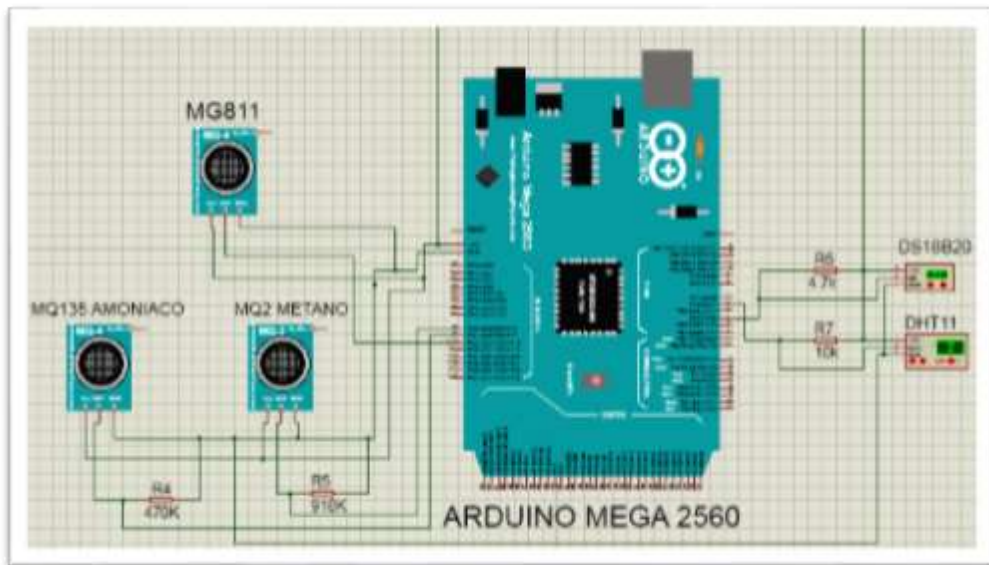
Tabla 1. Lista de sensores electroquímicos.

SENSORES	CARACTERÍSTICAS A MEDIR	ESPECIFICACIONES MÍNIMAS
MG-811	Dióxido de carbono	Señal Analógica y digital de nivel, detecta el CO2 con una alta precisión, 350 – 10000 ppm de CO2.
MQ135	Amonio	Señal Analógica y digital de nivel, detecta un amplio rango de gases como son: amonio, NH3, Humo, CO2, entre otros con una alta sensibilidad.
MQ2	Metano	Señal Analógica y digital de nivel, detecta un amplio rango de gases como son: metano, propano, hidrógeno, humo, entre otros, con una alta fiabilidad, 20 – 10000 ppm de Amoniaco.
DHT11	Temperatura y humedad	Señal digital de temperatura y humedad relativa en un área específica. Posee una alta fiabilidad y estabilidad a distancias no mayores a 20 metros
DS18B20	Temperatura Relativa	Señal digital de temperatura, en forma de sonda que permite una fácil medición o pruebas en líquidos.

Fuente: Cobos-Torres, Juan y Álvarez Vera, Ecuador, 2019.

El sistema de sensores final se puede observar en la Grafica 3 donde se observa las respectivas conexiones.

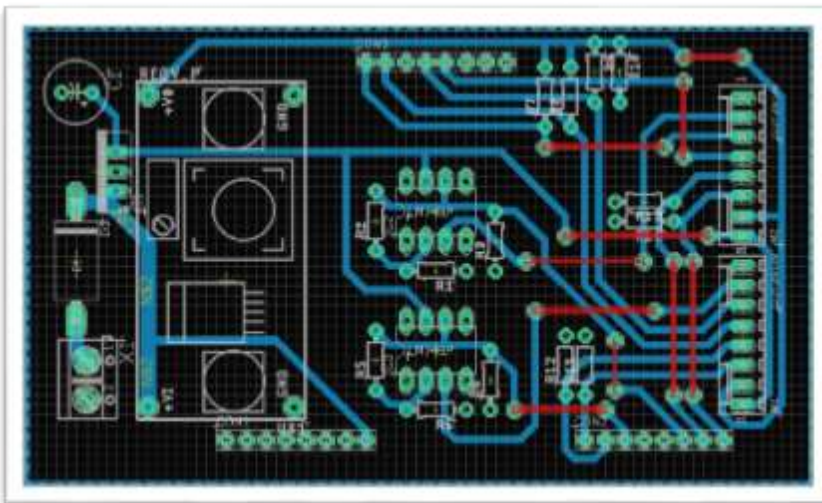
Grafico 3. Esquematización de conexión general de los sensores para el envase 1 y 2.



Fuente: Reyes Ordoñez, Humberto y Ortiz Torres Jonnathan, Ecuador, 2019.

De igual manera, se realizó el diseño de placa de circuito impreso mediante la aplicación Eagle que permite el diseño de circuitos electrónicos impresos como se puede observar en la Grafica 4.

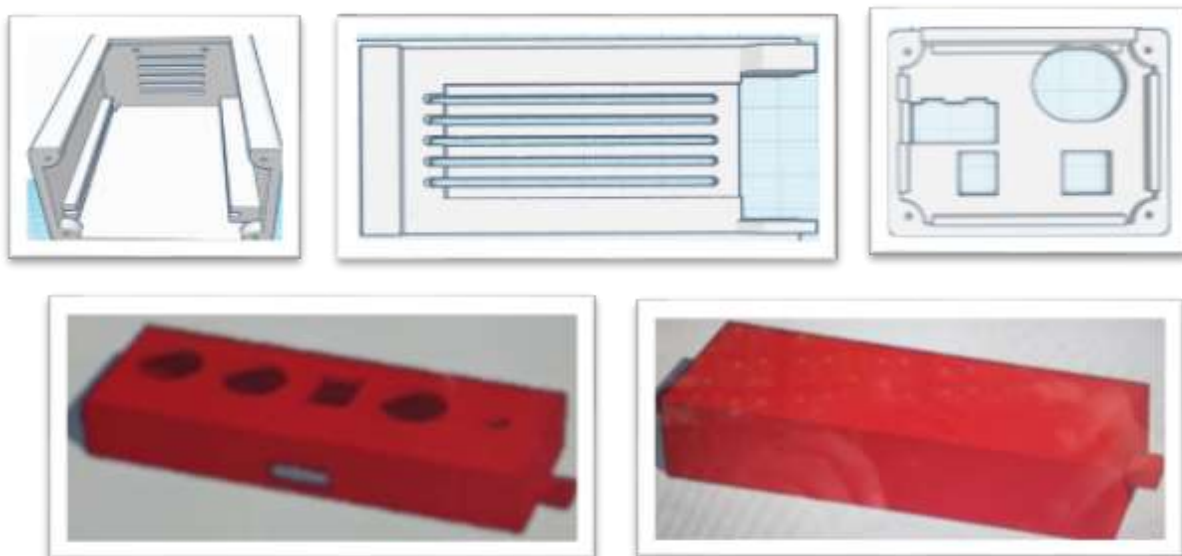
Grafico 4. Diseño de la placa de circuito impreso.



Fuente: Reyes Ordoñez, Humberto y Ortiz Torres Jonnathan, Ecuador, 2019.

Finalmente se diseñó las cajas para proteger tanto el sistema de sensores. La caja se diseñó mediante la aplicación en línea ThinkerCad, para contar con los modelos para su posterior impresión en una impresora 3D. Los diseños se pueden observar en la Grafica 5.

Grafico 5. Diseño de cajas ara sistema de adquisición y censado.



Fuente: Reyes Ordoñez, Humberto y Ortiz Torres Jonnathan, Ecuador, 2019.

Resultados

Como se expuso en la Tabla 1, los sensores MQ135 y MQ2 son sensibles a varios gases. Por lo mismo, se calibro dichos sensores para que aumente su sensibilidad a Amonio y Metano. En el caso del sensor MG811 de la marca *dfrobot* su señal ya se encuentra adecuada para trabajar directamente con Arduino. Únicamente, utilizando el script del fabricante se calibro sin ningún inconveniente el sensor. De igual manera, el sensor DHT11 para un correcto funcionamiento se le instalo una resistencia de 10 k Ω a su salida digital.

A continuación, en el Grafico 6 se presenta imágenes del ensamblaje del sistema y del mismo funcionando.

Grafico 7. a) Subsistemas de censado, b) Sistema de control, c) Contenedores con basura, d) Pesaje de residuos orgánicos.



a)

b)



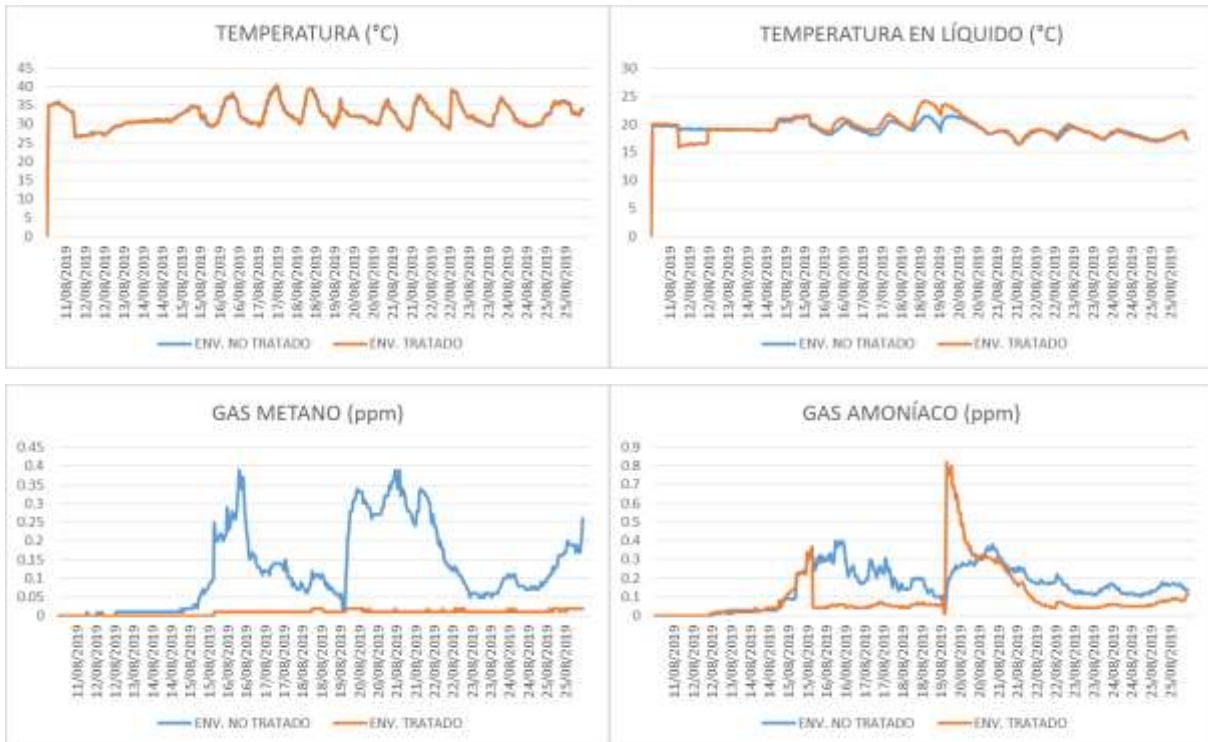
c)

d)

Fuente: Reyes Ordoñez, Humberto y Ortiz Torres Jonnathan, Ecuador, 2019.

Finalmente, se puede ver en el Grafico 7 las mediciones de los distintos gases, durante el tiempo de dos semanas. Estos datos fueron tabulados y graficados de los datos almacenados mediante el Script realizado en Python y que se encuentra ejecutando dentro de la Raspberry Pi.

Grafico 8. Serie temporal de los datos obtenidos mediante los sensores electroquímicos.





Fuente: Cobos-Torres, Juan y Alvarez Vera, Ecuador, 2019.

Discusión

La disposición de residuos de origen doméstico o industrial contribuye a la emisión de metano, CO₂ y compuestos orgánicos volátiles, como resultado de la degradación de la materia orgánica (Echeverri Londoño, 2006). La prueba presentada en este artículo es una presentación preliminar del estudio de campo que duro dos meses. Es importante destacar que todos los sensores funcionaron sin problema alguno, no se visualizan ruidos o valores no deseados (Figura 8). Los sensores de temperatura monitorearon valores muy semejantes. Existen pequeñas variaciones que vale la pena puntualizar. En el caso de la temperatura ambiental se encuentra que la temperatura en ambos envases es casi idéntica, con un valor medio de 32.36 °C, un máximo de 40.20 °C y un mínimo de 26.50 °C para el envase no tratado y un valor medio de 32.34 °C, un máximo de 40.50 °C y un mínimo de 26.50 °C para el envase tratado. En el caso de la sonda que media la temperatura interna de la materia en descomposición la temperatura, sí sufrió variaciones, con un valor medio de 19.10 °C, un máximo de 21.62 °C y un mínimo de 16.56 °C para el envase no tratado y un valor medio de 19.32 °C, un máximo de 24.12 °C y un mínimo de 15.81 °C para el envase tratado. Este ascenso en la temperatura se observa que empieza después de una semana, cuando los microorganismos benéficos están generando una actividad biológica, ya que empieza su multiplicación, pero después de cinco días desciende esta actividad. En este punto se puede observar que vuelve a equipararse la temperatura en ambos envases.

El bióxido de carbono (CO₂) y el metano (CH₄), son gases de efecto invernadero (González-Estrada & Camacho, 2017). En el caso de la emisión de gas metano se observa una diferencia marcada de emisiones. El metano representa un problema debido a su reactividad fotoquímica en presencia de la luz solar (Badii et al., 2015). Con un valor medio de 0.12 ppm, un máximo de 0.39 ppm y un mínimo de 0.00 ppm para el envase no tratado y un valor medio de 0.01 ppm, un máximo de 0.02 ppm y un mínimo de 0.00 ppm para el envase tratado. Esto es importante para reducir uno de los principales gases de efecto invernadero como es el metano atmosférico. El metano es el segundo gas en orden de importancia, tras el CO₂, y entre sus principales fuentes están los residuos (vertido) (Maqueda, Carbonell, Martínez, & Flórez, 2005). Se puede ver que en promedio hay una reducción del 93.09%. El manejo del metano es importante porque puede explotar si se acumula en un ambiente cerrado es un gas de efecto invernadero

y su producción en grandes volúmenes contribuye, de manera importante, a la contaminación atmosférica (Bernache, 2012), el metano ocasiona cambios en los balances energéticos de la atmósfera (Equihua Zamora, Hernández Huerta, Pérez Maqueo, Benítez Badillo, & Ibáñez Bernal, 2016). Las enormes cantidades de metano que se generan en los vertederos podrían mover el punto de equilibrio de la fotoquímica atmosférica aún, cuando la velocidad de reacción de este compuesto sea baja (Hernández-Moreno, Dávila-Gómez, & Mugica-Álvarez, 2017).

En cuanto al gas amonio también se observa una reducción en las emisiones, aunque existen unos picos que hay que analizar. Con un valor medio de 0.15 ppm, un máximo de 0.40 ppm y un mínimo de 0.00 ppm para el envase no tratado y un valor medio de 0.10 ppm, un máximo de 0.82 ppm y un mínimo de 0.00 ppm para el envase tratado. El pico de 0.82 ppm es del décimo día cuando se agregó más basura y microorganismo benéficos. Al parecer, se liberó gas amonio que estuvo encapsulado como una bola de aire en la basura. De cualquier manera, se puede ver una reducción media del 35.17% de emisiones de amonio que es un gas contaminante que afecta al ambiente y calidad de vida de las personas por su incidencia en la salud.

En el caso de la humedad, al igual que la temperatura ambiental del envase se encuentra que la humedad relativa en ambos envases es casi idéntica, con un valor medio de 53.88, un máximo de 70.00 y un mínimo de 40.00 para el envase no tratado y un valor medio de 53.90, un máximo de 70.00 y un mínimo de 40.00 para el envase tratado. Finalmente, el dióxido de carbono también se observa una reducción de emisiones. Con un valor medio de 5388.09 ppm, un máximo de 9912.00 ppm y un mínimo de 400.00 ppm para el envase no tratado y un valor medio de 4666.00 ppm, un máximo de 8329.00 ppm y un mínimo de 400 ppm para el envase tratado. Se obtiene una reducción media del 13.63% de emisión de CO₂ que es un gas responsable del efecto invernadero y que su concentración se ha incrementado en los últimos años hasta más de 400 ppm. La concentración media diaria de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera alcanzó en abril un nivel récord de 415 partes por millón (ppm), un valor histórico que no se alcanzaba desde hace 3 millones de años, es decir, antes de que el hombre habitara la Tierra (ECOAVANT.COM, 2019).

En el experimento y en las curvas se pueden distinguir dos momentos muy marcados. Estos dos ciclos son coincidentes con la nueva entrada de material fresco el 19 de agosto de 2019.

Conclusión

Es importante recalcar que los autores no hemos sido capaces de encontrar otro experimento de este tipo y características. Los resultados obtenidos son alentadores a seguir evaluado y cuantificando la descomposición de la materia, la cual ha sido tratada con diferente tipos y cantidades de microorganismo benéficos. Pensamos, que el presente artículo es la base para demostrar el beneficio de utilizar dentro del proceso de putrefacción de desechos microorganismos benéficos para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y su viabilidad para ser utilizados dentro del compostaje casero. Los autores

esperamos seguir desarrollando sistemas basados en software libre y hardware libre DIY. Con esto se consigue una gran versatilidad de dispositivos y sensores, los cuales son de precios asequibles y con valores de incertidumbre aceptables. En definitiva, se ha logrado mejorar las metodologías convencionales donde el observador puede interferir en el experimento y siempre puede entrar en juego su subjetividad. Además, se amplió la resolución con un muestreo elevado realizado cada hora.

Referencias

ECOAVANT.COM. (2019). La concentración de CO2 en la atmósfera es la más elevada en 3 millones de años. Retrieved from https://www.ecoavant.com/actualidad/la-concentracion-de-co2-en-la-atmosfera-es-la-mas-elevada-en-3-millones-de-anos_4493_102.html.

Badii, M., Guillen, A., Rodríguez, C., Lugo, O., Aguilar, J., & Acuña, M. (2015). Pérdida de Biodiversidad: Causas y Efectos. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 10(2), 156–174.

Bernache, G. (2012). Riesgo de contaminación por disposición final de residuos. *Rev. Int. Contam. Ambie.*, 28(1), 97–105.

Echeverri Londoño, C. (2006). Estimación de la emisión de gases de efecto invernadero en el municipio de Montería (Córdoba, Colombia). *Revista de Ingenierías Universidad de Medellín*, 5(9), 85–96.

Equihua Zamora, M., Hernández Huerta, A., Pérez Maqueo, O., Benítez Badillo, G., & Ibáñez Bernal, S. (2016). Cambio Global: El Antropoceno. *CIENCIA Ergo-Sum*, 23(1), 67–75.

González-Estrada, A., & Camacho, M. (2017). Emisión de gases de efecto invernadero de la fertilización nitrogenada en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(8), 1733–1745. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i8.698>

Hernández-Berriel, M. del C., Aguilar-Virgen, Q., Taboada-González, P., Lima-Morra, R., Eljaiek-Urzola, M., Márquez-Benavides, L., & Buenrostro-Delgado, O. (2016). Generación y composición de los residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 32(1), 11–22. <https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.05.02>

Hernández-Moreno, A., Dávila-Gómez, J. A., & Mugica-Álvarez, V. (2017). Estimación de emisiones atmosféricas provenientes de vertederos de residuos sólidos urbanos. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 4(1), 57–68.

INEC. (2017). Boletín Técnico N° 01-2017-GAD MUNICIPALES Gestión de Residuos Sólidos (pp. 1–14). pp. 1–14. Retrieved from <http://www.ecuadorencifras.gob.ec>

Joshua, O. O. (2013). Solid Waste Management for Sustainable Development and Public health: A Case Study of Lagos State in Nigeria. *Universal Journal of Public Health*, 1(3), 33–39. <https://doi.org/10.13189/ujph.2013.010301>

Mahmud, A., Mehmood, S., Hussain, J., & Ahmad, S. (2015). Composting of poultry dead birds and litter. *World's Poultry Science Journal*, 71(4), 621–629. <https://doi.org/10.1017/S0043933915002408>

Maqueda, M. R., Carbonell, M. V., Martínez, E., & Flórez, M. (2005). Fuentes de emisión de gases de efecto invernadero en la agricultura. *Ingeniería de Recursos Naturales y Del Ambiente*, 2(2), 14–18.

Muscolo, A., Papalia, T., Settineri, G., Mallamaci, C., & Jeske-Kaczanowska, A. (2018). Are raw materials or composting conditions and time that most influence the maturity and/or quality of composts? Comparison of obtained composts on soil properties. *Journal of Cleaner Production*, 195(10), 93–101. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.204>

Oliveira, L. S. B. L., Oliveira, D. S. B. L., Bezerra, B. S., Pereira, B. de S., & Battistell, R. A. G. (2017). Environmental analysis of organic waste treatment focusing on composting scenarios. *Journal of Cleaner Production*, 155(1), 229–237. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.093>

Sáez, A., & G, J. A. U. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Omnia*, 20(03), 121–135. <https://doi.org/10.5860/choice.44-1347>

Sarkar, S., Pal, S., & Chanda, S. (2016). Optimization of a vegetable waste composting process with a significant thermophilic phase. *Procedia Environmental Sciences*, 35, 435–440. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.026>

Song, Q., Li, J., & Zeng, X. (2015). Minimizing the increasing solid waste through zero waste strategy. *Journal of Cleaner Production*, 104, 199–210. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.027>

Viaene, J., Van Lancker, J., Vandecasteele, B., Willekens, K., Bijttebier, J., Ruyschaert, G., ... Reubens, B. (2016). Opportunities and barriers to on-farm composting and compost application: A case study from northwestern Europe. *Waste Management*, 48, 181–192. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.09.021>

Anexo E Certificados de ponentes del artículo científico.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UTC

Educación Continua

Universidad Técnica de Cotopaxi
Dirección de Educación Continua
Centro de Investigación y Desarrollo Ecuador
Confieren el presente **Certificado**:

HUMBERTO RAUL REYES ORDOÑEZ
Por su participación en calidad de **PONENTE** con el tema:
Evaluación de la degradación de materia orgánica mediante técnicas de visión artificial y sensores

VI CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍAS

Carga horaria: 40 horas académicas

ING. MBA. CRISTIAN TINAJERO
Rector UTC

ING. ANGEL LEÓN
Dirección de Educación Continua

LIC. MAX OLIVARES
Director General CIDE

ISBN: 978-9942-802-39-2

4, 5, 6 de diciembre de 2019
Salinas - Ecuador

FOLIO: 808-EDC-2019-03-23625



UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE
COTOPAXI



Educación
Continua



Universidad Técnica de Cotopaxi
Dirección de Educación Continua
Centro de Investigación y Desarrollo Ecuador
Confieren el presente **Certificado**:

JONNATHAN ISMAEL ORTIZ TORRES

Por su participación en calidad de **PONENTE** con el tema:

Evaluación de la degradación de materia orgánica mediante técnicas de visión artificial y sensores

VI CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍAS

Carga horaria: 40 horas académicas

ING. MBA. CRISTIAN TINAJERO
Rector UTC

ING. ANGEL LEON

Dirección de Educación Continua

LIC. MAX OLIVARES

Director General CIDE

ISBN: 978-9942-802-39-2

4, 5, 6 de diciembre de 2019
Salinas - Ecuador

FOLIO: 808-EDC-2019-03-23626

Anexo F Presupuesto del proyecto de investigación.

Nº	Descripción	Cantidad	Valor unitario (USD)	Valor Total (USD)
1	SENSOR MQ2	2	\$10	\$20.00
2	SENSOR MQ135	2	\$10	\$20.00
3	SENSOR MG811	6	\$100	\$600.00
4	SENSOR DHT11	4	\$5	\$20.00
5	SENSOR DS18B20	3	\$7	\$21.00
6	CÁMARAS WEB	4	\$12	\$48
7	ARDUINO	1	\$25	\$25
8	RECIPIENTES	2	\$15	\$30
9	RASPHERY PI	1	\$100	\$100
10	PLACA DE CONTROL	1	\$50	\$50
11	IMPRESIONES EN 3D	8	\$30	\$240
12	FUENTES DE ALIMENTACIÓN	2	\$20	\$40
TOTAL				\$1214.00

Anexo G Código para el funcionamiento del Sistema en Arduino.

```
programa_final_tomar_datos Arduino 1.8.8
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

programa_final_tomar_datos $
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include "DHT.h" //Libreria para el sensor DHT11
#include <OneWire.h> //Libreria para el sensor DS18B20
#include <DallasTemperature.h> //Libreria para el sensor DS18B20
#define DHTPIN 8 //Pin digital del sensor DHT11
#define DHTPIN2 6 //Pin digital del sensor DHT11-2
#define DHTTYPE DHT11 //Selección del sensor DHT11 dentro de la libreria
#define DHTTYPE2 DHT11 //Selección del sensor DHT11-2 dentro de la libreria Q

char estado;
int value;
int contador;

////////////////////////////////// MG811 DIÓXIDO DE CARBONO //////////////////////////////////

/*****Hardware Related Macros*****/

#define MG_PIN (A10) //Entrada analogica del sensor MG811
#define BOOL_PIN (2) //Pin al umbral del comparador
#define DC_GAIN (8.5) //Ganancia del amplificador

/*****Software Related Macros*****/

#define READ_SAMPLE_INTERVAL (50) //Cuantas muestras se tomaran
#define READ_SAMPLE_TIMES (5) //Definir intervalo entre cada muestra

/*****Application Related Macros*****/

#define ZERO_POINT_VOLTAGE (0.325) //Define la salida del sensor en voltios cuando la concentracion de c02 es de 400 ppm

#define REACTION_VOLTAGE (0.020) //Define la caida de tension cuando se mueve el sensor a 1000 ppm

/***** PARA LA DETECCIÓN DE LAS CURVAS MG811 *****/

float CO2Curve[3] = {2.602,ZERO_POINT_VOLTAGE,(REACTION_VOLTAGE/(2.602-3))};
//dos puntos se toman de la curva.
//con estos dos puntos, se forma una línea que es
//'aproximadamente equivalente' a la curva original.
//data format:{ x, y, slope}; point1: (lg400, 0.324), point2: (lg4000, 0.280)
//slope = ( reaction voltage ) / (log400 -log1000)

////////////////////////////////// MG811 - 2 DIOXIDO DE CARBONO //////////////////////////////////

/*****Hardware Related Macros*****/

#define MG_PIN2 (A13) //ENtrada analogica del sensor MG811-2
#define BOOL_PIN2 (2) //Pin al umbral del comparador
#define DC_GAIN (8.5) //ganancia del amplificador

/*****Software Related Macros*****/

#define READ_SAMPLE_INTERVAL2 (50) //Cuantas muestras se tomaran
#define READ_SAMPLE_TIMES2 (5) //Definir intervalo entre cada muestra

/*****Application Related Macros*****/

#define ZERO_POINT_VOLTAGE2 (0.325) //Define la salida del sensor en voltios cuando la concentracion de c02 es de 400 ppm
#define REACTION_VOLTAGE2 (0.020) //Define la caida de tension cuando se mueve el sensor a 1000 ppm
```

```

/***** PARA LA DETECCIÓN DE LAS CURVAS *****/

float CO2Curve2[3] = {2.602,ZERO_POINT_VOLTAGE, (REACTION_VOLTAGE/(2.602-3))};
//dos puntos se toman de la curva.
//con estos dos puntos, se forma una linea que es
//'aproximadamente equivalente' a la curva original.
//data format:{ x, y, slope}; point1: (lg400, 0.324), point2: (lg4000, 0.280)
//slope = ( reaction voltage ) / (log400 -log1000)

////////////////////////////////// INICIO DEL PROGRAMA //////////////////////////////////

DHT dht(DHTPIN, DHTYPE); //Inicio del sensor DHT11 PIN 6
#define ONE_WIRE_BUS 4 //Entrada del pin 4 del sensor DS18B20

//////////////////////////////////

DHT dht2(DHTPIN2, DHTYPE2); //Inicio del sensor DHT11-2 PIN 3
#define ONE_WIRE_BUS2 7 //Entrada del pin 7 del sensor DS18B20-2

//////////////////////////////////

OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS); //Se establece el pin declarado como bus para la comunicación Onewire
DallasTemperature sensors(&oneWire); //Se llama la librería DallasTemperature
float Celsius = 0; //Variable para almacenar la temperatura en grados Celsius
float Fahrenheit = 0; //Variable para almacenar la temperatura en grados Fahrenheit

//////////////////////////////////

OneWire oneWire2(ONE_WIRE_BUS2); //Se establece el pin declarado como bus para la comunicación Onewire-2

DallasTemperature sensors2(&oneWire2); //Se llama la librería DallasTemperature-2
float Celsius2 = 0; //Variable para almacenar la temperatura en grados Celsius
float Fahrenheit2 = 0; //Variable para almacenar la temperatura en grados Fahrenheit

////////////////////////////////// VOID - SETUP - INICIO //////////////////////////////////
void setup(){
Serial.begin(9600); //Inicializacion del puerto serial a 9600 baudios
//Serial.println("Iniciando ...");
pinMode(BOOL_PIN, INPUT); //set pin to input
digitalWrite(BOOL_PIN, HIGH); //turn on pullup resistors

// Serial.print("MG-811 Demostration\n");

pinMode(BOOL_PIN2, INPUT); //set pin to input
digitalWrite(BOOL_PIN2, HIGH); //turn on pullup resistors

// Serial.print("MG-811-2 Demostration\n");

////////////////////////////////// DHT11 HUMEDAD Y TEMPERATURA //////////////////////////////////

// Serial.println(F("DHT11 test!"));
dht.begin(); // Inicio del sensor DHT11
sensors.begin(); // Inicio del sensor DS18B20

////////////////////////////////// DHT11-2 HUMEDAD Y TEMPERATURA //////////////////////////////////

dht2.begin(); // Inicio del sensor DHT11-2
sensors2.begin(); // Inicio del sensor DS18B20-2

```

```

//////////////////////////////////// MQ811 CO2 //////////////////////////////////////

// calibración del sensor de CO2
//co2Sensor.calibrate ();           //Calibracion del sensor que se encuentra en aire limpio

}

//////////////////////////////////// INICO SOFTWARE //////////////////////////////////////
void loop()
{

  if(Serial.available(>0){           //Habilita la comunicación serial para leer los datos
    estado = Serial.read();         //Asigna los datos seriales leídos a la variable estado
  }
  if(estado=='E'){                   //Condición para el encendido del sistema, al recibir la letra "E" en el monitor serie
  if (contador<5) {                  //Condición para almacenar datos en el monitor serie
  for (contador=0;contador<5;contador++) { //Variable para guardar el conteo de los datos

  metano();                          //Se llama al método de detección del metano
  amoniaco();                         //Se llama al método de detección del amoniaco
  DTH11();                             //Se llama al método de monitoreo de temperatura y humedad
  ds18b20t();                          //Se llama al método de monitoreo de temperatura de líquidos
  MQ8111();                             //Se llama al método de detección de CO2
  metano2();                           //Se llama al método de detección del metano - 2
  amoniaco2();                         //Se llama al método de detección del amoniaco - 2
  DTH112();                             //Se llama al método de monitoreo de temperatura y humedad - 2
  ds18b20t2();                         //Se llama al método de monitoreo de temperatura de líquidos -2
  MQ8112();                             //Se llama al método de detección de CO2 - 2

  delay(500);                          //Intervalo de tiempo de 500 milisegundos
  }
  }
  delay(20000);                         //Intervalo de tiempo de 20000 milisegundos
  contador=0;                           //Variable para controlar el número de datos
  }
  }

//////////////////////////////////// DETECCION DE METANO - MQ2 //////////////////////////////////////
void metano(){
  int mq2_adc = analogRead(A8);          //Lemos la salida analógica del MQ2
  float mq2_voltaje = mq2_adc * (5.0 / 1023.0); //Convertimos la lectura en un valor de voltaje
  float mq2_resistencia=30000*((5-mq2_voltaje)/mq2_voltaje); //Calculamos Rs con un RL de 30k
  double metano = 876.1*pow(mq2_resistencia/5463, -2.36); //Calculamos la concentración de alcohol con la ecuación obtenida.
  //-----Enviamos los valores por el puerto serial-----
  Serial.print("");
  Serial.print("");
  Serial.print("");
  Serial.print("");
  Serial.print("");
  Serial.print("");
  Serial.print("");
  Serial.print(metano);

  Serial.print(" "); //Imprime el valor del metano en (ppm)
  delay(1000);
}

```

```

////////////////////////////////////// DETECCIÓN DE AMONIACO - MQ135 ////////////////////////////////////////

void amoniaco(){
  int adc_MQ = analogRead(A9); //Lemos la salida analógica del MQ135
  float mq135_voltaje = adc_MQ * (5.0 / 1023.0); //Convertimos la lectura en un valor de voltaje
  float mq135_resistencia=20000*((5-mq135_voltaje)/mq135_voltaje); //Calculamos Rs con un RL de 20k
  double amoniaco = 161.7*pow(mq135_resistencia/5463, -2.26); //Calculamos la concentración de alcohol con la ecuación obtenida.
  //-----Enviamos los valores por el puerto serial-----
  Serial.print("");
  Serial.print("");
  Serial.print("");
  Serial.print("");
  Serial.print("");
  Serial.print("");
  Serial.print("");
  Serial.print(amoniaco);

  Serial.print(" "); //Imprime el valor de amoniaco en (ppm)
  delay(1000);
}

////////////////////////////////////// DETECCIÓN DE HUMEDAD Y TEMPERATURA - DTH11 ////////////////////////////////////////

void DTH11() { //Espera unos segundos.
  delay(2000); //Lee temperatura y humedad durante dos segundos

  float h = dht.readHumidity(); //Lee la humedad del sensor
  float t = dht.readTemperature(); //Lee la temperatura en grados Celsius

  Serial.print(h);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(t);
  Serial.print(" ");
}

////////////////////////////////////// DETECCIÓN DE TEMPERATURA - DS18B20 ////////////////////////////////////////

void ds18b20t(){
  sensors.requestTemperatures(); //Se envia el comando para leer la temperatura

  Celsius = sensors.getTempCByIndex(0);
  Fahrenheit = sensors.toFahrenheit(Celsius);
  //Serial.print("ds18b20----");

  Serial.print(Celsius); //Imprime el valor en grados Centigrados

  Serial.print(" ");
  delay(1000);
}
////////////////////////////////////// DETECCIÓN DEL GAS METANO - MQ2 - 2 ////////////////////////////////////////

```

```

////////////////////////////////////// DETECCIÓN DEL GAS METANO - MQ2 - 2 ////////////////////////////////////////
void metano2() {
    int mq2_adc2 = analogRead(A15); //Lemos la salida analógica del MQ2-2
    float mq2_voltaje2 = mq2_adc2 * (5.0 / 1023.0); //Convertimos la lectura en un valor de voltaje
    float mq2_resistencia2=30000*((5-mq2_voltaje2)/mq2_voltaje2); //Calculamos Rs con un RL de 30k
    double metano2 = 876.1*pow(mq2_resistencia2/5463, -2.36); //Calculamos la concentración de alcohol con la ecuación obtenida.
    //-----Enviamos los valores por el puerto serial-----
    Serial.print("");
    Serial.print("");
    Serial.print("");
    Serial.print("");
    Serial.print("");
    Serial.print("");
    Serial.print("");
    Serial.print(metano2);
    Serial.print(" "); //Imprime el valor de metano-2 en (ppm)
    delay(1000);
}

////////////////////////////////////// DETECCIÓN DEL GAS AMONIACO MQ135 - 2 ////////////////////////////////////////
void amoniaco2(){
    int adc_MQ2 = analogRead(A14); //Lemos la salida analógica del MQ135
    float mq135_voltaje2 = adc_MQ2 * (5.0 / 1023.0); //Convertimos la lectura en un valor de voltaje
    float mq135_resistencia2=20000*((5-mq135_voltaje2)/mq135_voltaje2); //Calculamos Rs con un RL de 20k
    double amoniaco2 = 161.7*pow(mq135_resistencia2/5463, -2.26); //Calculamos la concentración de alcohol con la ecuación obtenida.
    //-----Enviamos los valores por el puerto serial-----
    Serial.print("");
    Serial.print("");
    Serial.print("");
    Serial.print("");
    Serial.print("");
    Serial.print("");
    Serial.print("");
    Serial.print(amoniaco2);
    Serial.print(" "); //Imprime el valor de amoniaco-2 en (ppm)
    delay(1000);
}

////////////////////////////////////// DETECCIÓN DE HUMEDAD Y TEMPERATURA - DTH11 - 2 ////////////////////////////////////////
void DTH112() { //Espera unos segundos.
    delay(2000); //Lee temperatura y humedad durante dos segundos

    float h2 = dht2.readHumidity(); //Lee la Humedad del sensor DHT11
    float t2 = dht2.readTemperature(); //Lee la temperatura en grados Centigrados
    // Serial.print("");
    //Serial.print("DTH11-2----");
    // Serial.print(F("Humedad-relativa2: "));
    Serial.print(h2);
    Serial.print(" ");
    //Serial.print(F("% Temperatura2: "));
    Serial.print(t2);
    // Serial.println(F("°C "));
    Serial.print(" ");
}

```

```

//////////////////////////////////// DETECCIÓN DE TEMPERATURA - DS18B20 //////////////////////////////////////
void ds18b20t2(){
sensors2.requestTemperatures(); //Se envia el comando para leer la temperatura
  Celsius2 = sensors2.getTempCByIndex(0);
  Fahrenheit2 = sensors2.toFahrenheit(Celsius2);
  //Serial.print("ds18b20-2----");
  Serial.print(Celsius2); //Imprime el valor en grados Centigrados
  //Serial.print(" C2 ");
  // Serial.print(" ");
  // Serial.print(----Fahrenheit2);
  // Serial.println(" F2");
  Serial.print(" ");
  delay(1000);
}

```

```

//////////////////////////////////// DETECCIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO MG811 - 1 //////////////////////////////////////
void MQ811(){
  int percentage;
  float volts;

  volts = MGRead(MG_PIN);
  //Serial.print( "SEN0159:" );
  //Serial.print(volts);
  //Serial.print( "V          " );

  percentage = MGGetPercentage(volts,CO2Curve);
  //Serial.print("CO2:");
  if (percentage == -1) {
    Serial.print( "<400" ); //Imprime el valor de CO2 menor de 400ppm
  } else {
    Serial.print(percentage);
  }

  //Serial.print( "ppm" ); //Imprime el valor de CO2 en (ppm)
  //Serial.print("\n");

  if (digitalRead(BOOL_PIN) ){
    //Serial.print( "=====BOOL is HIGH=====" );
  } else {
    //Serial.print( "=====BOOL is LOW=====" );
  }
}

```

```

    Serial.print("          ");

    delay(200);
}

/***** MGRRead *****/
Input:  mg_pin - analog channel
Output: output of SEN-000007
Remarks: This function reads the output of SEN-000007
*****/
float MGRRead(int mg_pin)
{
    int i;
    float v=0;

    for (i=0;i<READ_SAMPLE_TIMES;i++) {
        v += analogRead(mg_pin);
        delay(READ_SAMPLE_INTERVAL);
    }
    v = (v/READ_SAMPLE_TIMES) *5/1024 ;
    return v;
}

/***** MQGetPercentage *****/
Input:  volts - SEN-000007 output measured in volts
        pcurve - pointer to the curve of the target gas
Output: ppm of the target gas
Remarks: By using the slope and a point of the line. The x(logarithmic value of ppm)
of the line could be derived if y(MG-811 output) is provided. As it is a
logarithmic coordinate, power of 10 is used to convert the result to non-logarithmic
value.
*****/
int MQGetPercentage(float volts, float *pcurve)
{
    if ((volts/DC_GAIN )>=ZERO_POINT_VOLTAGE) {
        return -1;
    } else {
        return pow(10, ((volts/DC_GAIN)-pcurve[1])/pcurve[2]+pcurve[0]);
    }
}

////////// DETECCIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO MG811 - 2 //////////

void MQ8112(){
    int percentage2;
    float volts2;
}

```

```

    volts2 = MGRread2(MG_PIN2);
    //Serial.print( "SEN0159 2:" );
    //Serial.print(volts2);
    //Serial.print( "V          " );

    percentage2 = MGGetPercentage2(volts2,CO2Curve2);
    //Serial.print("CO2:");
    if (percentage2 == -1) {
        Serial.print( "<400" );
        //Imprime el valor de CO2 menor de 400ppm
    } else {
        Serial.print(percentage2);
    }

    //Serial.print( "ppm" );
    //Imprime el valor de CO2 en (ppm)
    //Serial.print("\n");

    if (digitalRead(BOOL_PIN2) ){
        //Serial.print( "=====BOOL is HIGH===== " );
    } else {
        //Serial.print( "=====BOOL is LOW===== " );
    }

    Serial.println("          ");

    delay(200);
}

/***** MGRread *****/
Input:  mg_pin - analog channel
Output: output of SEN-000007
Remarks: This function reads the output of SEN-000007
*****/
float MGRread2(int mg_pin2)
{
    int i;
    float v=0;

    for (i=0;i<READ_SAMPLE_TIMES2;i++) {
        v += analogRead(mg_pin2);
        delay(READ_SAMPLE_INTERVAL2);
    }
    v = (v/READ_SAMPLE_TIMES) *5/1024 ;
    return v;
}

/***** MQGetPercentage *****/
Input:  volts - SEN-000007 output measured in volts
        pcurve - pointer to the curve of the target gas
Output: ppm of the target gas
Remarks: By using the slope and a point of the line. The x(logarithmic value of ppm)
         of the line could be derived if y(MG-811 output) is provided. As it is a
         logarithmic coordinate, power of 10 is used to convert the result to non-logarithmic
         value.

*****/
int MGGetPercentage2(float volts2, float *pcurve2)
{
    if ((volts2/DC_GAIN )>=ZERO_POINT_VOLTAGE2) {
        return -1;
    } else {
        return pow(10, ((volts2/DC_GAIN)-pcurve2[1])/pcurve2[2]+pcurve2[0]);
    }
}

```

**PERMISO DEL AUTOR DE TESIS PARA SUBIR AL REPOSITORIO
INSTITUCIONAL**

Yo, **Humberto Raúl Reyes Ordóñez** portador de la cédula de ciudadanía N° 0105644215. En calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación "Evaluación de la degradación de materia orgánica mediante técnicas de visión artificial y sensores" de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco 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; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 23 de enero de 2020


F: _____
Humberto Raúl Reyes Ordóñez
0105644215

**PERMISO DEL AUTOR DE TESIS PARA SUBIR AL REPOSITORIO
INSTITUCIONAL**

Yo, **Jonathan Ismael Ortiz Torres** portador de la cédula de ciudadanía N° 0150530376. En calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación "Evaluación de la degradación de materia orgánica mediante técnicas de visión artificial y sensores" de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco 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; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 23 de enero de 2020


F. _____
Jonathan Ismael Ortiz Torres
0150530376