



Laboratorio IV de Electrónica

Julio de 2022

MONITOREO Y SEMI-AUTOMATIZACIÓN DE UN BIODIGESTOR PARA GENERAR GAS A PARTIR DE DESECHOS PORCINOS (AUTOLIFE GAS)

**Documento Final del Prototipo
Sistema de Diseño y Monitoreo de Biodigestores**



Programa de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Presentado a:

Mary Cristina Carrascal Reyes
Vladimir Trujillo Arias

Presentado por:

Richard Sanchez Caicedo
Andres Felipe Diago Matta
Oscar Andres Muñoz Jimenez
Elkin David Aguilar Vidal
Andres Felipe Hurtado
Edier Dario Bravo Bravo

**Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones**
Departamento de Telemática
Laboratorio de Electrónica IV
Popayán, Cauca
Julio de 2022

**TABLA DE CONTENIDO**

INTRODUCCIÓN	3
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	4
Origen del metano:	4
Componentes del metano:	4
Definicion de Terminos:	5
OBJETIVOS	9
Objetivo General:	9
Objetivos Específicos:	9
REQUERIMIENTOS	9
IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE	10
Interfaces del cliente	10
Interfaces de administrador	15
IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE	18
Descripción del montaje	18
MODELO INDUSTRIAL	21
Preparación de la mezcla	25
Elaboracion del codigo en arduino	28
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	36
ACLARACIONES	36
REFERENCIAS	36



1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe una alta dependencia de la sociedad a las energías no renovables provenientes de combustibles fósiles, entre ellos el carbón, petróleo y sus derivados. El problema de este tipo de combustibles es que son un recurso el cual su periodo de regeneración es más lento que su periodo de extracción o uso, junto a esto, este tipo de energía es altamente contaminante por lo cual aporta en gran medida a la crisis ambiental mundial que se vive actualmente, aumentando la presencia de dióxido de carbono en el ambiente, principal causante del efecto invernadero.

La tecnología de digestión anaeróbica se ha venido usando con éxito en diferentes partes del mundo con el fin principal de tener un uso más eficiente de los recursos y a la vez lograr un mejor manejo de los residuos contaminantes orgánicos. El estado de Colombia no es la excepción, ya que se usan biodigestores en tratamiento de residuos a gran escala en algunos municipios y ciudades, y a pequeña escala en fincas para obtener un beneficio en la cocción de alimentos la mayoría de las veces.

Aunque en los últimos años en el país se ha avanzado significativamente el desarrollo de diferentes actividades del sector agrario, y pese a que al país tiene gran variedad de especies vegetales que se pueden cultivar, todavía no existe una cultura de invertir en tecnologías para obtener algo de beneficio adicional a largo plazo, por el contrario, las actividades del campo se realizan en gran parte por métodos tradicionales, por esta razón este proyecto se realiza para aportar al desarrollo de nuevas tecnologías enfocadas a las actividades agropecuarias.

Como ya se ha visto en otros países la tecnología del biogás es rentable y eficiente para tratar los residuos orgánicos que llegan a cuencas de agua o rellenos sanitarios sino se reutilizan, tal es el caso en Brasil donde investigadores realizaron un estudio de viabilidad económica de la producción de biogás y llegaron a la conclusión que es especialmente eficiente y se tienen buenas tasas de retorno al usarse plantas de tratamiento anaerobio para desechos y lodos de ciudades de más de 50 mil habitantes, consiguiendo beneficios ambientales como lo son la disminución de 325.800 tCO₂eq / año (huella de carbono por año) correspondiente al 0.03% del objetivo del país establecido por sus políticas internas en cuanto a reducción de gases de efecto invernadero[1].

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Origen del metano:

El metano se origina principalmente por:

- Descomposición de residuos orgánicos.
- Fuentes naturales.
- Extracción de combustibles fósiles.
- Procesos de digestión y defecación de animales.
- Bacterias en plantaciones de arroz. [2]

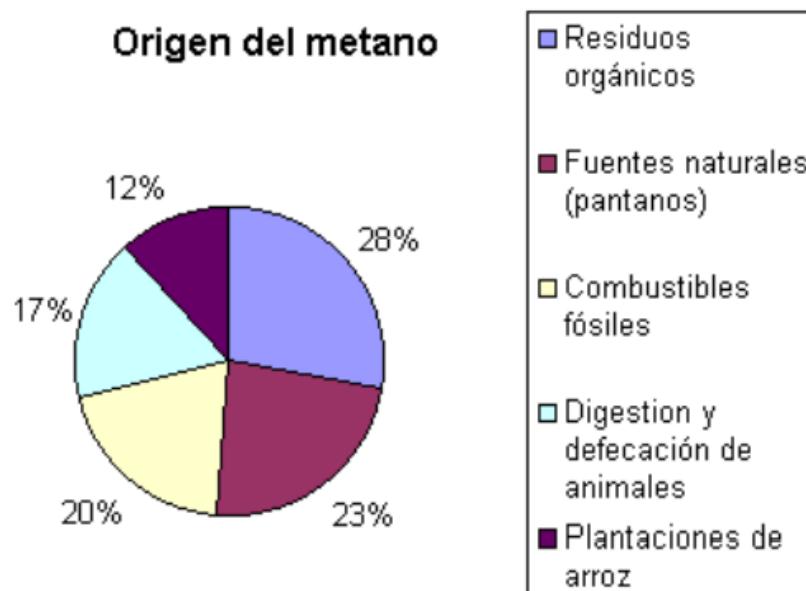


Figura 1. Origen del metano.

Componentes del metano:

Principalmente el metano está compuesto por:

- 60% Metano (CH_4)
- 37% Dióxido de carbono (CO_2)
- 2% Agua (H_2O)
- 1% Otros: Ácido sulfídrico (H_2S)...

Composición media del biogás

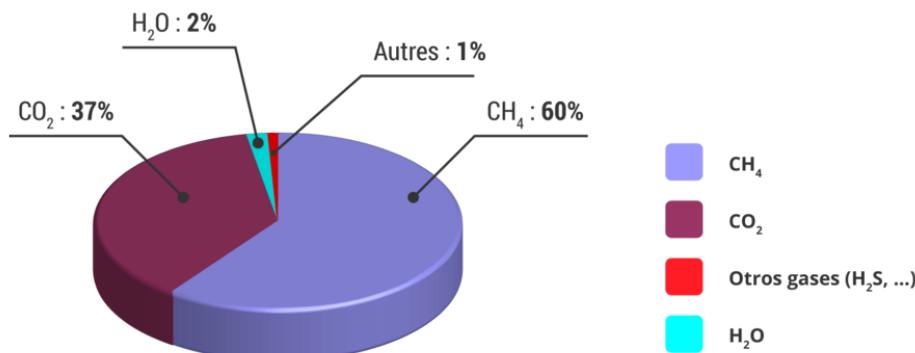


Figura 2. Composición del biogás.

Definición de Términos:

Temperatura y tipo de bacteria: En la siguiente se observa el tipo de bacteria según la temperatura que opera el Biodegestor.

Temperatura (°C) del Biodigestor	Tipo de Bacteria
10 - 20	Psicrofilas
30 - 40	Mesofilas
50 - 60	Termofilas

Figura 3. Temperatura y bacteria.

Proceso de producción de biogás: Se definen las siguientes etapas:

Gestión de los residuos: Etapa en la cual se recolecta los residuos (estiércol porcino). En esta etapa de la producción de biogás a partir del estiércol de ganado porcino, que luego serán combinados con la proporción ideal de agua, según los requerimientos definidos.

Digestión anaerobia: Proceso en el cual microorganismos descomponen la materia biodegradable en ausencia de oxígeno. Aquí se genera diversos gases, donde el dióxido de carbono y el metano son los más abundantes



Almacenamiento y filtrado del biogás: Proceso en el cual se almacena el gas generado por el biodigestor, para esto se conduce el biogás mediante tuberías hacia un lugar de almacenamiento.

Compostaje: Proceso de transformación de materia orgánica procedente de residuos agrícolas para ser utilizado como fertilizante.

Generación de energía: El biogás es utilizado para la producción de energía eléctrica mediante un motor que trabaje con gas natural o biogás en este caso.

pH: El pH es un parámetro importante que requieren los microorganismos anaeróbicos para desarrollarse, los valores más aceptables van de 6,6 a 7,6. En la práctica el pH dentro de un biodigestor el pH se autorregula.

Agitación: La agitación es un factor importante en el funcionamiento de un Biodigestor, ya que permite una correcta transferencia del substrato a cada población de bacterias

Biodigestor Digestor anaeróbico: Equipo que se encarga de producir Biogás, utilizando para ello proceso anaeróbico de descomposición. Utiliza como principal recurso materia orgánica, obteniendo biogás, biol y bioabono. Además permite control de patógenos, mejora la capacidad fertilizante del estiércol, El efluente no tiene olor.

Características del biodigestor:

- Presentar hermeticidad, para impedir que ingrese el aire, lo que puede originar que se interrumpe el proceso.
- Poseer un aislamiento térmico, con lo que se evitará cambios bruscos de temperatura.
- Que cuente con una válvula de gas para evitar sobrepresiones.
- Tener una entrada y una salida.
- Facilidad de mantenimiento.
- Es importante que cuente con un mecanismo para romper las natas que se pudieran formar. [3]

Producción de estiércol fresco diario: [4]

Ganado	kg de estiércol fresco producido por cada 100kg de peso del animal
Cerdo	4
Bovino	8
Caprino	4
Conejos	3
Equino	7

Figura 4. Producción de estiércol.



La producción de estiércol fresco (PEF) se da por la siguiente ecuación:

$$PEF(Kg) = \frac{(Cantidad\ de\ Cerdos) * (100\ Kg\ peso\ cerdo) * (4\ Kg\ estiercol\ Fresco)}{100\ Kg}$$

Volumen total del biodigestor: Normalmente se da un espacio de 25% a la fase gaseosa y el restante 75% del volumen total a la fase líquida (este último se compone normalmente de una mezcla de agua y estiércol fresco (EF) en relación 1 a 1). Para cuestiones de diseño se asume que 1 kg de EF = 1 Lt EF.

Por lo tanto la carga diaria está dada por:

$$\text{Carga Diaria (CD)} = 2PEF (Kg) = 2PEF (L) = 0.001 * 2PEF (m^3/Dia)$$

$$\text{Carga Diaria (CD)} = 0.002PEF (m^3)$$

Tiempo de retención (TR): Tiempo que requieren las bacterias para degradar la materia orgánica. Existen dos tipos:

Tiempo de retención hidráulica (TRH): Relación entre volumen del digestor (VD) y de la carga diaria de alimentación.

Tiempo de retención de sólidos (TRS): Se determina dividiendo la cantidad de la materia orgánica (MO) que entra al digestor entre la cantidad de materia orgánica que sale del sistema cada día.

Si no se cumplen estos tiempos no habrá producción de gas, ya que las bacterias no se reproducirán.

La humedad en un biodigestor varía normalmente entre 80% y 90%.

Región Característica	Temperatura (°C)	Tiempo de retención (días)
Trópico	30	20
Valle	20	30
Altiplano	10	60

Figura 5. Retención por región y temperatura.

$$V_{Liquido} = CD \left(\frac{m^3}{Dia} \right) * TR (Dias)$$



$$V_{Total} = V_{Gaseoso} + V_{Liquido}$$

$$V_{Total} = V_{Gaseoso} + CD \left(\frac{m^3}{Dia} \right) * TR (Dias)$$

$$V_{Total} = 0.25 * V_{Total} + CD \left(\frac{m^3}{Dia} \right) * TR (Dias)$$

$$V_{Total} = \frac{CD \left(\frac{m^3}{Dia} \right) * TR(Dias)}{0.75}$$

$$V_{Total} = \frac{V_{Liquido}}{0.75}$$

Producción de Biogás:

Tipo de Estiércol	Producción de Gas por kg de Estiércol (L)
Ganado Vacuno	22 – 40
Cerdos	40 – 60
Aves de corral	65,5 – 115
Humano	20 – 28

Figura 6. Producción de biogás por tipo de ganado.

De acuerdo a la anterior tabla se tiene:

$$\text{Producción de Biogas por Dia (L)} = PEF (Kg) * \frac{50 L}{1 Kg EF}$$

$$\text{Producción de Biogas por Dia (m}^3\text{)} = 0.001 * PEF (Kg) * \frac{50 L}{1 Kg EF}$$

Producción de Bioabono por día: En el proceso de la fermentación se pierde una fracción de sólidos totales. El estiércol fresco tiene entorno a un 17% de sólidos totales. El rango puede variar de 13 a 20%. Los sólidos totales representan el peso del estiércol una vez seco y por tanto es la carga real de materia sólida que se estará introduciendo en el biodigestor.

$$\text{Bioabono} = \text{Carga EF} - (\text{Carga EF} \times 0,17)$$

$$\text{Bioabono} = 356\text{kg/día} - (356\text{kg/día} \times 0,17)$$

$$\text{Bioabono} = 295,48 \text{ kg/día}$$



3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General:

Automatizar y monitorear la generación de Biogás a partir de desechos porcinos.

3.2. Objetivos Específicos:

- Aprovechar los desechos orgánicos porcinos para la generación de biogás.
- Implementar diferentes sensores para mejorar la eficiencia de un biodigestor.
- Diseñar un aplicativo web que permita el monitoreo del biodigestor en tiempo real.

4. REQUERIMIENTOS

Se requiere un sistema capaz de generar biogás a partir de desechos orgánicos y compost de manera automatizada, utilizando diferentes sensores que miden fenómenos físicos y químicos que ocurren dentro de un biodigestor.

El sistema se monitorea por medio de una página web la cual está conectada a un microcontrolador con el fin de obtener los siguientes datos:

- El nivel de gas generado en un rango de tiempo predeterminado.
- Presión que hay en el biodigestor, a partir del gas generado.
- Velocidad de generación de biogás.
- Temperatura y Humedad interna del biodigestor.
- Sistema con motor para revolver la Biomasa y evitar que se solidifique.

Así mismo es necesario que la página web cuente con diversas opciones que se puedan realizar por parte del cliente, y le permitan interactuar directamente con el biodigestor.

Se deben tener en cuenta las variables que suceden durante el proceso donde se incluye información como:

- Identificación del biodigestor



- Datos del usuario
- Estado (Activo o Inactivo)
- Reportes de alertas
- Comentarios
- Registrar usuario
- Cancelar compra

Además se tendrá un usuario administrador el cual podrá gestionar los diferentes clientes que hayan adquirido el producto, y de esta manera llevar control y gestión de ellos.

5. IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE

5.1. Interfaces del cliente

En esta parte se muestran las interfaces realizadas en la página web de Auto Life Gas, donde se puede adquirir el producto y poder obtener información acerca del biodigestor obtenido.



Figura 7. Interfaz principal de la página web.



Laboratorio IV de Electrónica

Julio de 2022

En la figura 7 se muestra la interfaz principal al entrar en la página: <http://autolifegas.online/>, la cual muestra en un menú: información acerca del producto, Suscripciones, ¿Quienes somos?, y en la parte superior se tienen los botones para iniciar sesión y Registrarse, en el caso de que se desee adquirir algún producto.

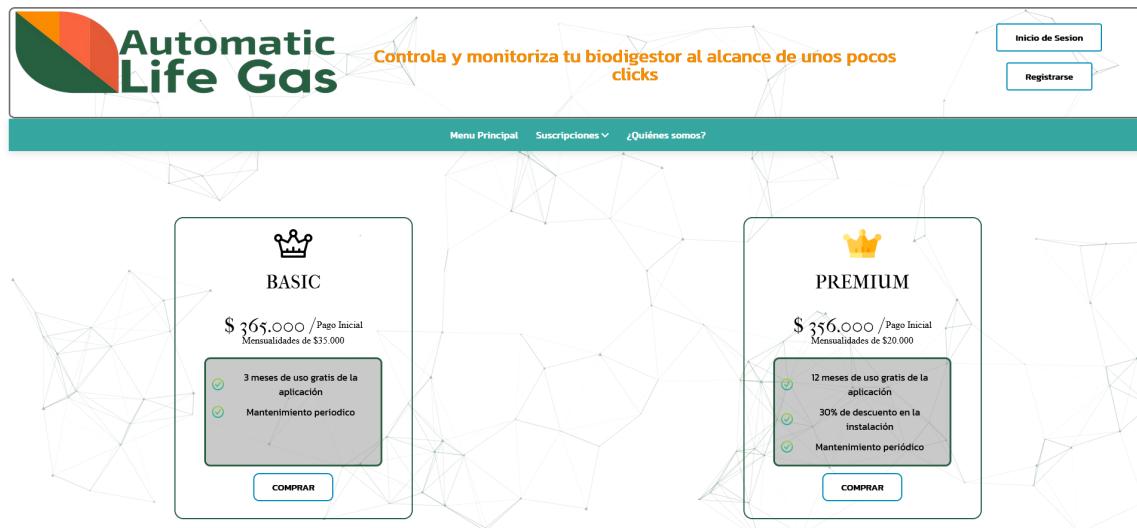


Figura 8. Interfaz de suscripciones.

En la figura 8 se muestra la interfaz de suscripciones, en la que se muestran las diferentes opciones de compra. En la cual se ofrecen dos planes, uno básico y uno premium, en los cuales se especifican varias diferencias entre estos.

Cabe resaltar que si se da click en comprar en alguno de los planes, se mostrará una advertencia, que nos dice que se debe haber iniciado sesión antes, y se redirige a esta.

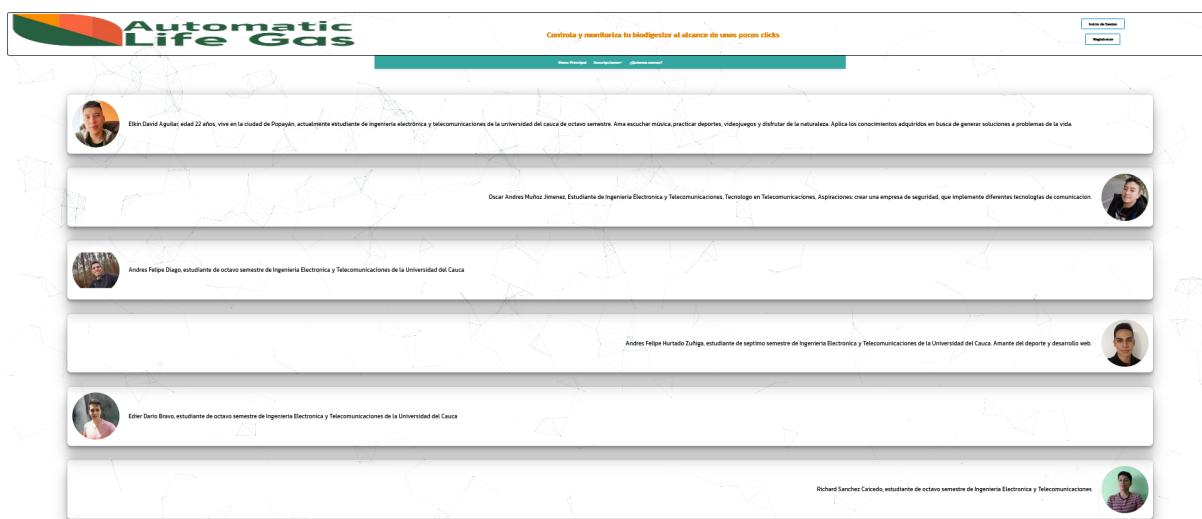


Figura 9. Interfaz de ¿Quienes somos?.



En la figura 9 se muestra la interfaz que busca dar a conocernos, de forma que se muestra el equipo y lo que ofrecemos.

The screenshot shows a registration form titled "FORMULARIO DE REGISTRO". The form fields include:

- Nombres y apellidos: Input field labeled "nombres y apellidos".
- Fecha de nacimiento: Input field labeled "dd / mm / aaaa".
- Tipo de documento: A dropdown menu labeled "Seleccione".
- Número de identificación: Input field labeled "Número de identificación".
- Dirección: Input field labeled "Número de dirección".
- Departamento: A dropdown menu labeled "AMAZONAS".
- Municipio: A dropdown menu labeled "Municipio".
- Teléfono / Celular: Input field labeled "Número de telefono".
- Contraseña: Input field labeled "Digite una contraseña".
- Repita la contraseña: Input field labeled "Repita la contraseña".

A "REGISTRAR" button is located at the bottom of the form.

Figura 10. Interfaz del formulario de registro.

En la figura 10, se muestra la interfaz para poder registrarse, en la cual se piden varios datos personales y se pide ingresar una contraseña para poder iniciar sesión.

The screenshot shows a login form titled "INICIO DE SESIÓN". The form fields include:

- Identificación: Input field with a user icon.
- password: Input field with a keyhole icon.

A "LOGIN" button is located at the bottom of the form.

Figura 11. Interfaz de Inicio de Sesión.

En esta interfaz se muestra el inicio de sesión, en el cual ingresando la identificación y contraseña de una cuenta ya creada. se podrá ingresar al



sistema, para poder comprar algún producto o monitorear un producto ya comprado.

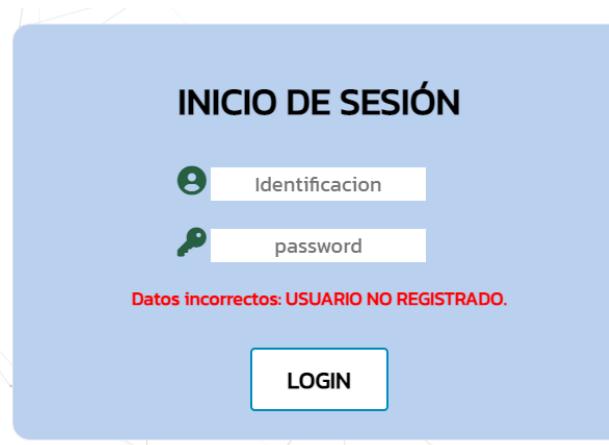


Figura 12. Validación de campos de Inicio de Sesión.

Cabe resaltar que la página cuenta con validación de campos, como se puede ver en la figura 12, que hace validación de campos para iniciar sesión.

Una vez se inicia sesión con los campos correctos, se ingresa a la interfaz de un cliente, como la mostrada en la figura 13.



Figura 13. Interfaz de un usuario registrado.



En esta interfaz el cliente podrá adquirir un biodigestor, según el plan que desee y en el menú de la parte izquierda podrá gestionar los datos del biodigestor, alertas y ver las estadísticas.

ORDEN DE COMPRA

PRODUCTOS:

- Biodigestor de 30 lts con sensores de temperatura, humedad y volumen de gas. Mantenimiento preventivo realizado por un técnico calificado. Acceso GRATUITO a la plataforma AUTOLIFEGAS por 3 meses para el monitoreo de su autodigestor/es. Servicio de instalación por parte de técnicos profesionales.
- \$ 320.000 (Único pago)
- \$ 15.000 (Definido por el técnico)
- \$ 35.000 (Después de los 3 meses)
- \$ 30.000

TOTAL: \$ 365.000

Ubicación del Biodigestor:

Celular/Teléfono de contacto:

COMPRAR

Figura 14. Interfaz de compra.

En la figura 14, se muestra el proceso de compra de un biodigestor, en el cual una vez se escoge el tipo de plan, se desplegará mayor información, y si desea adquirirlo se le pedirá al usuario la ubicación donde desea ser instalado y un numero de donde contactarlo.

Figura 15. Interfaz de alertas.



Laboratorio IV de Electrónica

Julio de 2022

En la figura anterior se muestra la interfaz de las alertas, en la que se podrá observar las variables del biodigestor, temperatura, humedad nivel del gas, estado del relé y las alarmas de temperatura y humedad.

The screenshot shows the 'SUSCRIPCIONES' (Subscriptions) section of the Automatic Life Gas web application. At the top right, there is a user profile box with the name 'ASDASDAS', ID '123', and type 'Cliente'. Below it is a 'Cerrar Sesión' (Logout) button. The main area features a navigation bar with 'Menu Principal', 'Suscripciones', '¿Quienes somos?', and 'Menu del Usuario'. On the left, a vertical sidebar contains icons for 'PERFIL', 'Gestión de usuarios', 'Estadísticas', 'Editar usuario', 'Eliminar usuario', and 'Creación de usuarios'. The central part of the page displays a table titled 'SUSCRIPCIONES' with the following data:

ID BIODIGESTOR	ID	Tipo de ID	PROPIETARIO	TELEFONO PROPIETARIO	TELEFONO DE CONTACTO	UBICACION DE DESPLIEGUE	TIPO DE PLAN	ESTADO	CANCELAR SUSCRIPCION
1	123	PST	ASDASDAS	23412312	316547528	SULTANA	BASIC	ACTIVO	
13	123	PST	ASDASDAS	23412312	123456789	DESPLIEGUE 1	BASIC	ACTIVO	
16	123	PST	ASDASDAS	23412312	316547528	POPAYAN	BASICO	ACTIVO	
17	123	PST	ASDASDAS	23412312	31634523	CALIBIO	PREMIUM	ACTIVO	

Figura 16. Interfaz de suscripciones.

En la interfaz de suscripciones, se muestran los planes que tiene el cliente, indicando todos los biodigestores y el estado del plan, adicionalmente en esta interfaz se puede cancelar los planes.

5.2. Interfaces de administrador

The screenshot shows the 'BIENVENIDO DIEGO' (Welcome Diego) screen of the Automatic Life Gas web application. At the top right, there is a user profile box with the name 'DIEGO', ID '11111', and type 'Admin'. Below it is a 'Cerrar Sesión' (Logout) button. The main area features a navigation bar with 'Menu Principal', 'Suscripciones', and '¿Quienes somos?'. On the left, a vertical sidebar contains icons for 'PERFIL', 'Gestión de usuarios', 'Estadísticas', 'Editar usuario', 'Eliminar usuario', and 'Creación de usuarios'. The central part of the page displays a table titled 'PERFIL' with the following data:

NÚMERO DE REGISTRO	ID	NOMBRE	FECHA	TIPO ID	DIRECCIÓN	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	CELULAR	TIPO DE USUARIO
2	11111	DIEGO	2005-06-10	CC	ASD	CAUCA	POPAYAN	1111111111	Admin
46	123	ASDASDAS	2004-12-21	PST	ASDASD	GUAVIARE	CALAMAR	23412312	Cliente
50	123534123	SDFTWERWE	2004-12-21	CC	ASDDFASD	CAUCA	SILVIA	12341231	Cliente
54	34532325	ANDRES HURTADO	2004-12-20	CC	CRA 6C 31 AN 09	CAUCA	POPAYÁN	3016616811	Cliente
59	1061727334	CAMILA	2004-12-25	CC	CRA 52 N	GUAVIARE	MIRAFLORES	320666857	Asesor de ventas
60	1061821632	1061821632	1999-11-19	CC	CRA1B#27ANS8	CAUCA	POPAYÁN	3156733520	Cliente

Figura 17. Interfaz de inicio de admin.



La figura 17, es la interfaz de inicio de sesión del administrador, en donde se despliega una tabla en la cual se muestran las personas registradas y el tipo de usuario al que pertenecen.

En la parte izquierda de la pantalla se podrá desplegar un menú con todas las funciones que puede hacer un administrador, entre las cuales están: Estadísticas, gestión de usuarios, editar usuario, eliminar usuario y crear usuarios.

NUM_REGISTRO	ID	NOMBRE	FECHA_NACIMIENTO	TIPO_ID	DIRECCION	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	CELULAR	TIPO_USUARIO	ELIMINAR
46	123	ASDASDAS	2004-12-21	PST	ASDASD	GUAVIARE	CALAMAR	23412312	Cliente	
50	123534123	SDFTWERWE	2004-12-21	CC	ASDDFASD	CAUCA	SILVIA	12341231	Cliente	
54	34532325	ANDRES HURTADO	2004-12-20	CC	CRA 6C 31 AN 09	CAUCA	POPAYÁN	3016616811	Cliente	
60	1061821632	1061821632	1999-11-19	CC	CRA1B#27ANS0	CAUCA	POPAYÁN	3156732520	Cliente	

Figura 18. Interfaz de edición de clientes.

En la anterior figura, corresponde a la interfaz de edición de cliente, en la que se podrá modificar algunos datos del cliente, donde los clientes podrán ser buscados con la id, donde esta búsqueda se hace por un algoritmo de búsqueda secuencial en tiempo real.

NUM_REGISTRO	ID	NOMBRE	FECHA_NACIMIENTO	TIPO_ID	DIRECCION	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	CELULAR	TIPO_USUARIO	ELIMINAR
2	11111	DIEGO	2005-06-10	CC	ASD	CAUCA	POPAYÁN	11111111	Admin	
46	123	ASDASDAS	2004-12-21	PST	ASDASD	GUAVIARE	CALAMAR	23412312	Cliente	
50	123534123	SDFTWERWE	2004-12-21	CC	ASDDFASD	CAUCA	SILVIA	12341231	Cliente	
54	34532325	ANDRES HURTADO	2004-12-20	CC	CRA 6C 31 AN 09	CAUCA	POPAYÁN	3016616811	Cliente	
59	1061727334	CAMILA	2004-12-25	CC	CRA 52 N	GUAVIARE	MIRAFLORES	3206666507	Asesor de ventas	
60	1061821632	1061821632	1999-11-19	CC	CRA1B#27ANS0	CAUCA	POPAYÁN	3156733520	Cliente	

Figura 19. Interfaz para eliminar usuarios.



En esta interfaz es utilizada para eliminar usuarios de todo tipo, la cual utiliza el mismo algoritmo de búsqueda secuencial en tiempo real, lo que permite que con solo ingresar un par de dígitos, ya se obtengan resultados que corresponden con los valores ingresados.

Nombre de usuario: DIEGO
ID usuario: 1111
Tipo de usuario: Admin
Cerrar Sesión

REGISTRO DE USUARIOS
ASESOR DE VENTAS, ASESOR TÉCNICO Y ADMIN

Nombres y Apellidos Digite los nombres y apellido

Fecha de nacimiento dd / mm / aaaa

Tipo de documento

Número de identificación Número de identificación

Tipo de usuario

Dirección Número de dirección

Departamento

Municipio

Teléfono / Celular Número de teléfono

Contraseña Digite una contraseña

Repita la contraseña Repita la contraseña

REGISTRAR

Figura 20. Interfaz para crear usuarios.

Por último se tiene la interfaz de la figura 20, la cual sirve para crear nuevos usuarios de la empresa, en este caso de tipo: asesor de ventas, asesor técnico y administrador.

Repositorio GitHub de la página web del sistema:
https://github.com/Anexis19/Proyecto_Biodigestor/tree/develop1



6. IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE

6.1. Descripción del montaje

Para la realización del Biodigestor Automatizado, primero se consiguieron materiales y equipos necesarios tales como:

Cantidad	Equipos y materiales	Imagen	Valor unitario	Valor Total
1	Caneca con zuncho de 60 Litros		\$90.000	\$90.000
2	válvula de pvc lisa de ½".		\$5.000	\$10.000
1	válvula de gas de ½".		\$20.000	\$20.000
1	Válvula de gas de ½" con manija.		\$14.000	\$14.000
3	codos de 90 grados de pvc		\$1.700	\$5.100
1	metro de tubo pvc de ½".		\$4.000	\$4.000
1	Tapa de 2" pvc		\$5.000	\$5.000



Laboratorio IV de Electrónica

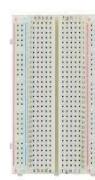
Julio de 2022

3	metros de manguera de gas		\$2.000	\$6.000
1	metro manguera de Nivel		\$3.500	\$3.500
8	Abrazaderas de gas		\$750	\$6.000
2	Una T de ½" para gas, dn 6		\$8.000	\$16.000
1	metros tubo pvc de 2" (se recomienda tubo sanitario)		\$10.000	\$10.000
1	Pegante de pvc		\$6.000	\$6.000
1	neumático de carro, reciclado		\$20.000	\$20.000
2	Teflón.		\$3.000	\$6.000
1	Una tarjeta ESP32 - Wroom 32		\$32.000	\$32.000



Laboratorio IV de Electrónica

Julio de 2022

10	Cables jumper		\$200	\$2.000
1	Protoboard		\$12.000	\$12.000
1	Sensor de temperatura y Humedad (Dht22 Arduino)		\$15.000	\$15.000
1	Sensor Detector Gas Mq-2 Glp Butano Metano Humo Arduino Pic		\$16.000	\$16.000
1	Modulo Sensor De Presión 0-40 kpa 5.8psi 3.3v 5v Arduino		\$37.000	\$37.000
1	Modulo Relé 1 Canal Arduino 5v		\$15.000	\$15.000



1	Display Pantalla Lcd Oled I2c 0.96 128*64 Azul Para Arduino		\$18.000	\$18.000
1	Cargador de Celular de 5 V - 1 A		\$15.000	\$15.000
1	Motor 110V de Licuadora		\$115.000	\$115.000
1	Clavija electrica 110 V		\$4.500	\$4.500
1	T eléctrica sencilla de 110 V		\$5.000	\$5.000
5	metros de cable Duplex 2x16	 <small>CABLE ELECTRICO DUPLEX 2X16</small>	\$2.500	\$12.500
			TOTAL	\$523.600

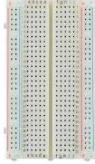
Tabla 1. Equipos y Materiales del Biodigestor Automatizado

6.2. MODELO INDUSTRIAL

En este apartado se encuentran consignados los elementos electrónicos industriales, los cuales servirán para la implementación de un biodigestor a una escala mayor donde se expondrá su valor y características más importantes.



A continuación se presenta una tabla haciendo referencia a los elementos electrónicos utilizados en el prototipo versus los posibles elementos electronicos industriales:

Equipos y materiales prototipo	Elemento del prototipo	Nombre elemento a escala industrial	Elemento a escala industrial	Precio en el mercado
Una tarjeta ESP32 - Wroom 32		PLC arduino ethernet & wifi		\$1'250.000
Cables jumper		Cable eléctrico industrial x 1 metro		\$ 110.000
Protoboard		Baquela Universal perforada pcb punto A punto 50 mm x 70mm		\$7.000
Sensor de temperatura y Humedad (Dht22 Arduino)		Sensor de temperatura y humedad industrial.		\$1'600.000
Sensor Detector Gas Mq-2 Glp Butano Metano Humo Arduino Pic		Sensor de gas modelo SGX-40X		\$160.000



Modulo Sensor De Presión 0-40 kpa 5.8psi 3.3v 5v Arduino		Sensor de presión M3021-00005		\$352.000
Modulo Relé 1 Canal Arduino 5v		Relé industrial waltlow SSR-240-10A-D C1		\$238.000
Pantalla oled 0.96"		Pantalla gráfica industrial		\$120.000
Cargador de Celular de 5 V - 1 A		Fuente de voltaje industrial		\$870.000
Motor 110V de Licuadora		motor de 1h monofásico.		\$370.000
Caneca de almacena miento.		Caneca 1000 litros		\$670.000
			TOTAL	\$5'747.000

Tabla 2. Equipos y Materiales del Biodigestor Automatizado modelo industrial

Finalmente después de revisar cada elemento industrial con sus precios al dia 21 julio 2022, se tiene un total de \$5'747.000



Luego de juntar todos los equipos y materiales, se procedió al montaje experimental del Biodigestor, se analizaron varios parámetros para el diseño, como el diseño de la hélice que va soldada al motor, luego de hicieron los respectivos agujeros en el tarro y en la tapa para la fijación de los equipos y materiales, como se observa en la siguiente figura:



Figura 21. Montaje Prototipo, del Biodigestor Automatizado

El montaje utiliza la tubería de la siguiente forma:

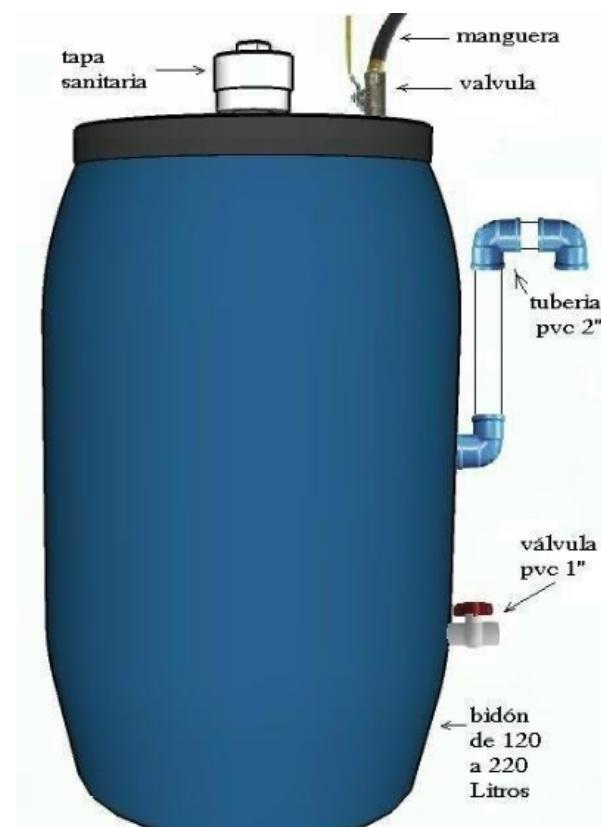


Figura 22. Modelo del biodigestor.

Una vez se instaló la tubería, se realizaron las pruebas de sellado para evitar fugas. Luego, se implementa un neumático para almacenar el gas que se produce, de la siguiente forma:



Figura 23. Modelo del biodigestor, con los materiales.

6.3. Preparación de la mezcla

A continuación se muestra el proceso de la biomasa a partir de los residuos de la granja porcina en la sultana, utilizada en el biodigestor para generar el gas.



Laboratorio IV de Electrónica

Julio de 2022



Figura 24. Recolección del estiércol.



Figura 25. preparación de la biomasa (residuos granja porcina)



Figura 26. Realización de la Mezcla, Biomasa

La mezcla se preparó con las indicaciones recibidas por el señor Andres que es el encargado de la finca la sultana, las cuales consisten en dejar un 25% del almacenamiento de la caneca para almacenar gas y el espacio restante para mezcla entre agua y residuos de los cerdos en igual proporción.



Figura 27. Caneca lista con la biomasa

Al implementar este prototipo, se tuvieron problemas de fugas, las cuales se producían por el orificio del eje del motor, que al girar hacía que se perdiera presión, lo que generaba que no se llenara el 25% de almacenamiento con gas.



Ante este problema se decidió cubrir el motor con un recipiente para detener la fuga, agregando considerable solución de pegante para adquirir buen sellante, así obteniendo buenos resultados evitando fugas y fuertes olores en el ambiente, dicho proceso se muestra en la siguiente figura:



Figura 28. Proceso cierre de fugas a la caneca

Para esta mezcla se realizó con mitad de estiércol y mitad de agua, dejando una cuarta parte de la caneca vacía para que esta se llene de gas, y posteriormente llene el neumático.

Luego se organiza todo el cableado del prototipo y se incorpora una caja donde se ubican todos los dispositivos eléctricos. Como se observa en la siguiente figura:





Es posible observar la información que muestra la pantalla OLED, acerca de las variables que miden los sensores.



6.4. Elaboracion del código en arduino

Para la elaboración de este código se tuvieron en cuenta las siguientes librerías:

- **#include <WiFi.h>** Habilita la conexión a la red (local e Internet) usando el Arduino WiFi shield. Con esta biblioteca puede crear instancias de servidores, clientes y enviar/recibir paquetes UDP a través de WiFi. El escudo puede conectarse a redes abiertas o encriptadas (WEP, WPA). La



dirección IP se puede asignar de forma estática o través de un DHCP. La biblioteca también puede administrar DNS [5].

- **#include "DHT.h"** Con esta librería se pueden utilizar las funciones de los sensores DHT11 y DHT22, estos son sensores digitales de Temperatura y Humedad, fáciles de implementar con cualquier microcontrolador. Utiliza un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante y solo un pin para la lectura de los datos. Tal vez la desventaja de estos es la velocidad de las lecturas y el tiempo que hay que esperar para tomar nuevas lecturas (nueva lectura después de 2 segundos), pero esto no es tan importante puesto que la Temperatura y Humedad son variables que no cambian muy rápido en el tiempo.
- **#include <Adafruit_ssd1306syp.h>** Permite la implementación de un SSD1306 pantalla OLED, que son pantallas que utilizan diodos orgánicos de emisor de luz capaces de consumir muy poca energía, son muy delgadas, se comunican por I2C o SPI y producen una imagen más brillante y nítida que una pantalla LCD.
- **#include <WiFiManager.h>** permite usar el Aprovisionamiento WiFi, que es un método que permite configurar las credenciales WiFi después de que el código haya sido compilado y cargado en la ESP32. Los métodos de aprovisionamiento que permite utilizar son el Punto de acceso, que permite configurar el dispositivo de destino inicialmente como un servidor web en una dirección fija local, WPS y SmartConfig [6].
- **#include "Wifi.h"** con este archivo .h se crea una dependencia que permite usar una implementación de la librería WifiManager.h, permitiendo levantar una red wifi con la tarjeta esp32 para que conectar la tarjeta a una red wifi. De esta forma, se utiliza un servidor local en la tarjeta para guardar las credenciales de la red.

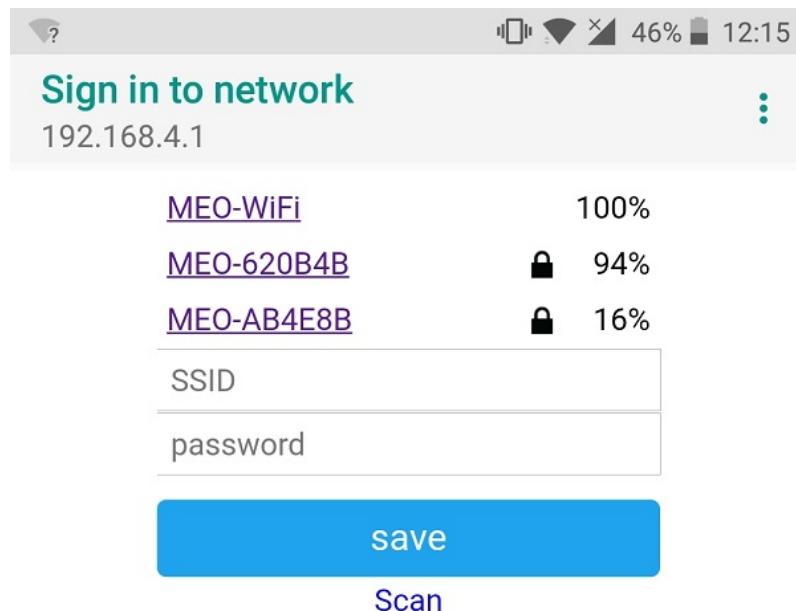


Figura 29. Interfaz WiFi.

- **#include <Q2HX711.h>** permite hacer la implementación del sensor de presión, el cual es de referencia MPS20N0040D. Este es un sensor de presión manométrica con capacidad de medida desde 0kPa hasta 40kPa (0.4 bar = 0,395atm), es decir que una lectura de 0kPa indica misma presión que el ambiente (1atm de presión relativa) [7].

Las librerías están disponibles en el siguiente repositorio:
<https://github.com/AndresDiagoM/BIOMASA/tree/main/librerias>

Una vez se configura las librerías que son necesarias para el funcionamiento de todo el hardware, se realizan pruebas de funcionamiento con cada dispositivo, para encontrar el rango de funcionamiento y hacer la respectiva calibración.

- **Pantalla OLED SSD1306:** Se realizan las respectivas conexiones del dispositivo como se observa en la figura.

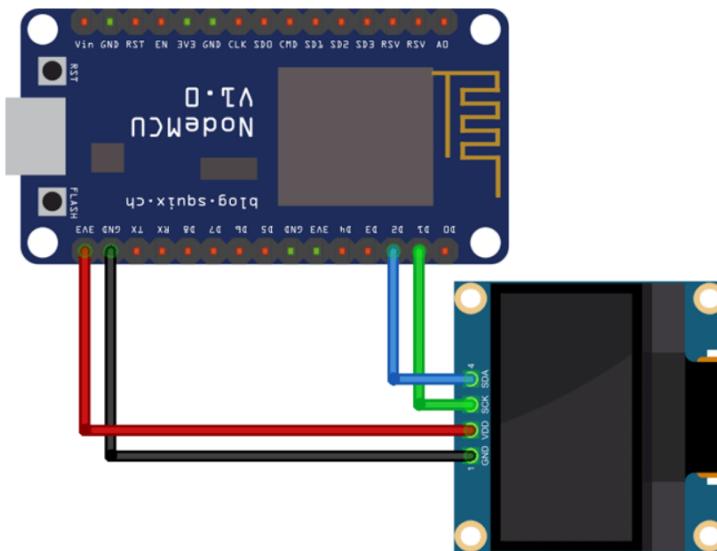


Figura 30. Conexión pantalla oled.

En este caso se utilizan los pines del ESP32 de tal forma que el SDA está conectado al pin GPIO21 y el SCL al pin GPIO22. El pinout del la pantalla es el siguiente [8]:

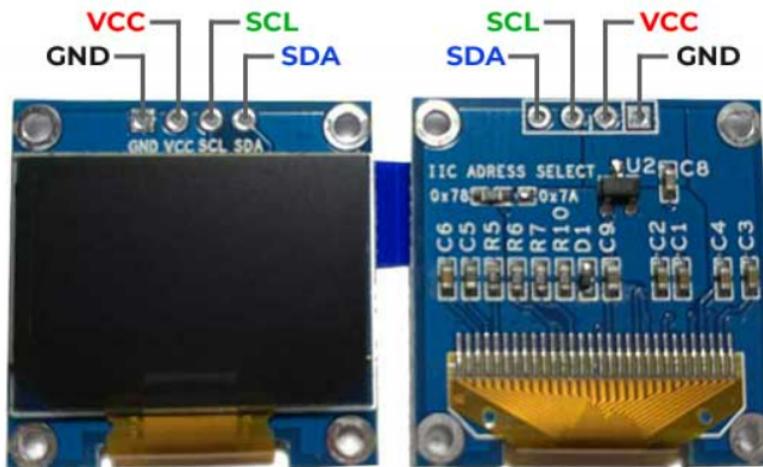


Figura 31. Pines de pantalla oled.

- **Sensor de Temperatura DHT22:** El sensor DHT22 tiene 3 pines, el pin de tierra o GND, señal o datos, alimentación VCC que va desde 3.3 V hasta 5V. Para conectarlo a la placa ESP32 se debe conectar el pin de VCC a la salida de 3.3v del ESP32 de igual manera conectar los pines de GND a GND y el pin datos “OUT” conectar a un pin digital del ESP32, para este caso lo conectaremos al pin D4. Las pruebas se realizan con la siguiente conexión [9]:

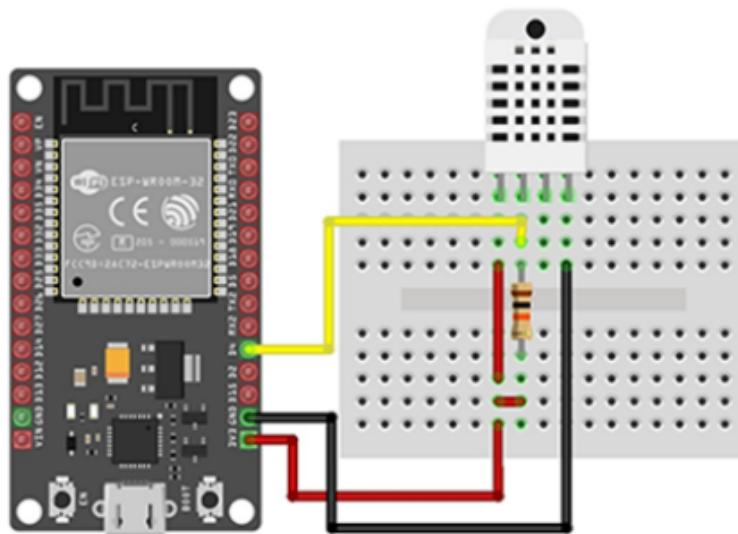


Figura 32. Conexión de sensor de temperatura.

- **Sensor de gas MQ-4:** El sensor MQ4 es un sensor de gas compacto que es muy sensible al gas metano y menos propenso al alcohol y otros gases. Este sensor de gas metano proporciona una señal de salida de acuerdo con la concentración detectada de CH4 en el entorno.

Este módulo de sensor de gas metano contiene un regulador de voltaje integrado, resistencias pull-up para definir un estado predeterminado, un potenciómetro para sensibilidad y un capacitor para filtrado de ruido. El pinout del sensor lo observamos en la siguiente figura:



Figura 33. Pines del sensor de gas MQ4.

Donde el pin AO es el pin de salida analógica, el cual genera una señal proporcional a la intensidad del metano. Y el pin DO es Pin de salida digital. También produce una señal digital cuyo límite se puede configurar mediante un potenciómetro. Este se conecta en la tarjeta de la siguiente forma para hacer las pruebas [10]:

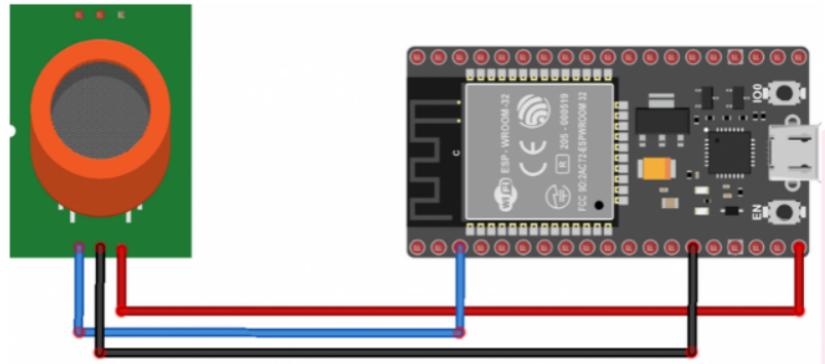


Figura 34. Conexión del sensor de gas.

- **Sensor de presión MPS20N0040D:** El sensor de presión envía convenientemente pulsos de acuerdo con los datos de presión que lee. Un pin de reloj proporciona el tiempo para esos datos, como otros protocolos síncronos. Se debe tener en cuenta que se debe usar el pin SCK de la ESP32 para el reloj y un pin para datos. Las conexiones para realizar las pruebas se pueden observar en la siguiente figura:

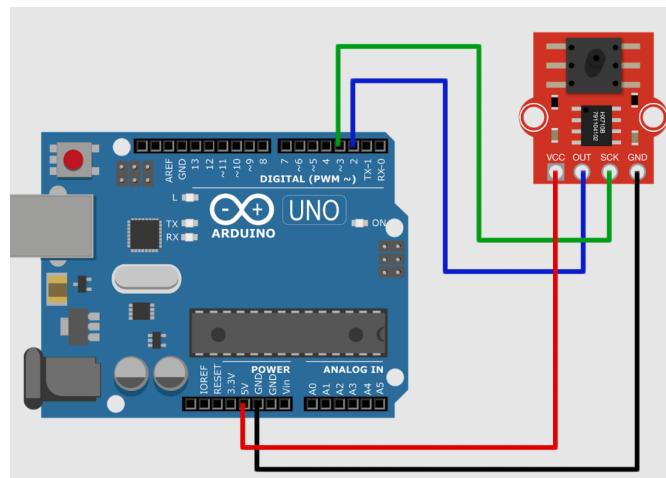


Figura 35. Conexión del sensor de presión.

Los código para la realización de las pruebas se pueden encontrar en el siguiente repositorio de GitHub: [BIOMASA/pruebas at main · AndresDiagoM/BIOMASA · GitHub](https://github.com/AndresDiagoM/BIOMASA)

Luego se realiza el montaje de todo el sistema, el cual queda de la siguiente forma:

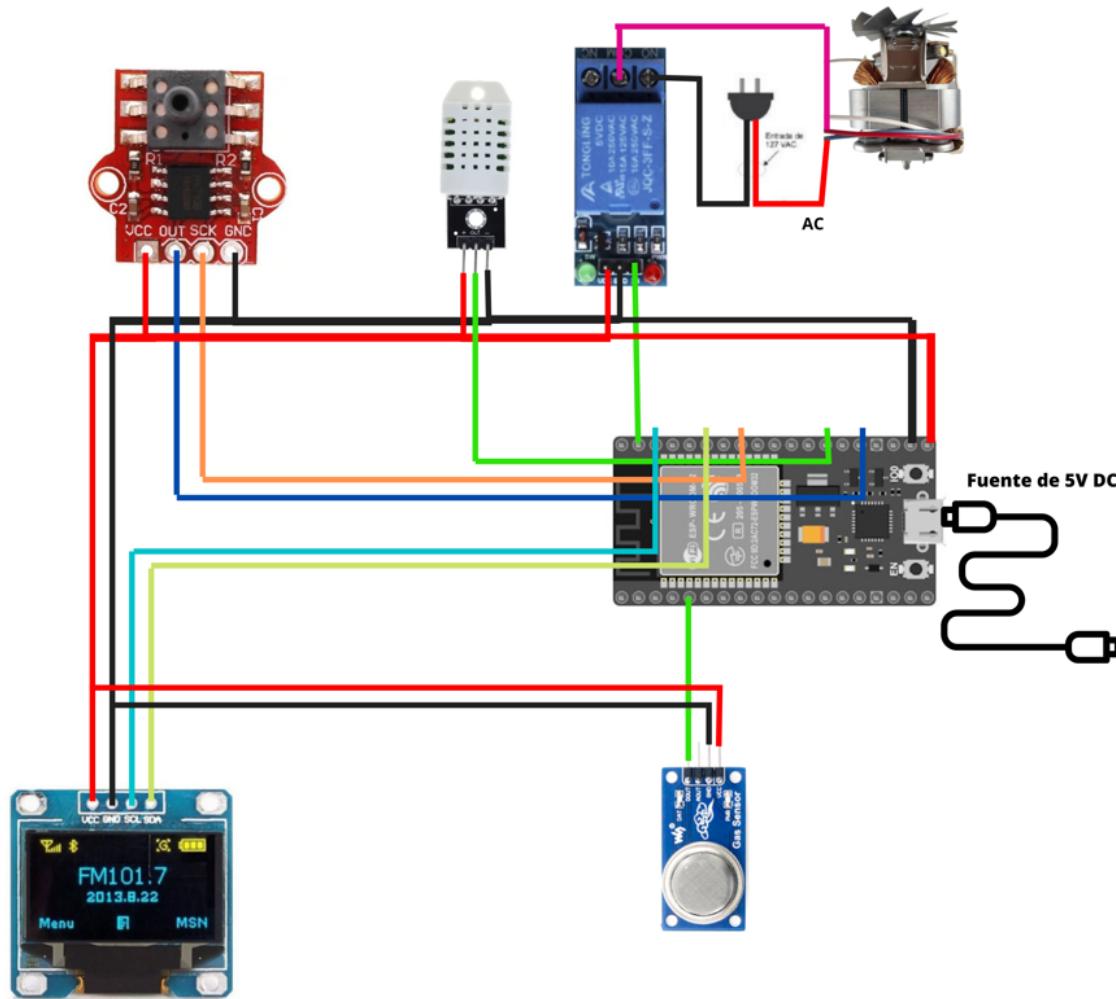


Figura 36. Diagrama de conexiones del prototipo.

El código para la implementación del sistema se encuentra en el siguiente repositorio: <https://github.com/AndresDiagoM/BIOMASA/tree/main/codigonube>

En primer lugar, la tarjeta hace la conexión a una red wifi, entonces si no hay una red conocida, esta carga el servidor local y abre una red para permitir la conexión, permitiendo ingresar las credenciales mediante una interfaz; cuando se logra conectar, se muestra en la pantalla el nombre de la red y la dirección IP de la conexión.

Luego, se realiza la medición de las variables con cada sensor, para enviar los datos al servidor web, el cual tiene alojado un archivo llamado **programa1.php**. Este programa recibe los datos y luego los inserta en la base de datos del sistema en la tabla “**datos_medidos**”. En esta tabla también se hace un registro de la hora y fecha de cada lectura, como se observa:



Laboratorio IV de Electrónica

Julio de 2022

ID_ALARMA	ID_BIODIGESTOR	TEMPERATURA	HUMEDAD	FECHA_LECTURA	HORA_LECTURA	NIVEL_GAS	PRESION_GAS	ESTADO_RELÉ
14	1	45	35	2022-07-05	22:20:20	ALTO	BAJO	0
100	1	35	40	2022-07-19	10:21:32	BAJO	BAJO	0
102	1	35	40	2022-07-19	10:25:25	BAJO	BAJO	0
103	15	35	40	2022-07-19	10:25:38	BAJO	BAJO	0
104	13	35	40	2022-07-19	10:25:52	BAJO	BAJO	0
105	13	35	40	2022-07-19	10:26:05	BAJO	BAJO	0
106	15	35	40	2022-07-19	10:26:19	BAJO	BAJO	1
107	1	35	40	2022-07-19	10:26:32	BAJO	BAJO	0
108	1	35	40	2022-07-19	10:26:45	BAJO	BAJO	0
109	1	35	40	2022-07-19	10:26:59	BAJO	BAJO	0
110	14	35	40	2022-07-19	10:27:12	BAJO	BAJO	0
111	1	35	40	2022-07-19	10:27:25	BAJO	BAJO	0

Figura 37. Base de datos.

Seguido a esto, se realiza una consulta a la base de datos, preguntando por los rangos de temperatura y humedad, los cuales están en la tabla de “**datos_maximos**”, mediante el **programa5.php**. Esta tabla contiene la siguiente información:

ID	ID_BIODIGESTOR	TEMP_MAX	TEMP_MIN	HUMEDAD_MAX	HUMEDAD_MIN
2	13	40	25	60	40
3	14	60	30	40	20
4	15	70	30	40	20
5	1	40	25	60	49
6	16	40	25	60	40
8	17	40	25	60	40
9	2	45	25	60	40
14	26	40	25	66	40
15	27	40	25	60	40

Figura 38. Datos de un biodigestor.

De esta manera, si hay alertas de temperatura o humedad porque están fuera del rango recomendado, se muestra en la pantalla OLED el respectivo mensaje.



7. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

En el siguiente video se evidencia el funcionamiento del biodigestor, en él se prueban los sistemas, tanto el motor para revolver la Biomasa, como la toma de medidas por parte de los sensores y cómo estos se registran en la página dedicada para monitorear el biodigestor: <https://youtu.be/X75zq5ml6Yk>

8. ACLARACIONES

- **Semi-Automatización:** El propósito de este proyecto es el monitoreo y automatización de los procesos que tiene un biodigestor. En cuanto a la biomasa, esta pasa por un proceso donde es necesario mover un motor para que esta no se solidifique, ya que es una mezcla que necesita continuo movimiento para que no pierda propiedades. Durante la producción de biogás, la biomasa no pierde volumen, por esta razón no es necesario medir el volumen, o implementar una válvula para agregar líquido.

Para el motor que se mencionó anteriormente, se realizó una automatización, en cuanto a que se programó el hardware para que cada 12 horas se mueva el motor, haciendo que la biomasa tenga un proceso adecuado de producción.

- **Producción de Biogás:** Se debe tener en cuenta que el agua que se utiliza para la mezcla tiene un impacto en la producción, ya que si se usa agua tratada que contengan químicos, como el cloro, esto puede disminuir la población de bacterias que ayudan a la producción de biogás.

9. REFERENCIAS

[1] L. D. Campello, R. M. Barros, G. L. Tiago Filho, and I. F. S. dos Santos, "Analysis of the economic viability of the use of biogas produced in wastewater treatment plants to generate electrical energy," *Environ. Dev. Sustain.*, no. 0123456789, 2020, doi: 10.1007/s10668-020-00689-y

[2] J. J. Arce Cabrera, "Diseño de un Biodigestor para generar biogás y abono a partir de desechos orgánicos de animales aplicable en las zonas agrarias del litoral," Universidad Politécnica Salesiana. [online]: disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1593/15/UPS-GT000209.pdf>

[3] B. E. Ruiz "DISEÑO DE UN BIODIGESTOR PARA GENERACIÓN DE ENERGÍA A PARTIR DEL ESTIÉRCOL DE GANADO VACUNO PARA UNA VIVIENDA RURAL EN



EL CC.PP. LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE PÁTAPO – CHICLAYO - LAMBAYEQUE ” Universidad Católica santo toribio de mogrovejo. [online]. Disponible en: https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/2498/1/TL_RuizPintoBill.pdf

[4] M. L. Moreta Criollo, Diseño de un biodigestor de estiércol porcino para una granja agrícola ubicada en el barrio la morita, parroquia de tumbaco para el año 2012-2013,” Universidad internacional SEK, [online] Disponible en: [DISEÑO DE UN BODIGESTOR DE ESTIÉRCOL PORCINO PARA UNA GRANJA AGRÍCOLA UBICADA EN EL BARRIO LA MORITA, PARROQUIA DE TUMBACO P](#)

[5] WiFi - Arduino Reference. [Online]. (accedido 20 de julio de 2022). Recuperado de: <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/wifi/>

[6] Librería Wifi Manager. [Online]. Recuperado de: <https://dronebotworkshop.com/wifimanager/>

[7] SSD1306 pantalla OLED con Arduino y ESP8266 I2C. [Online]. Recuperado de: <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/ssd1306-pantalla-oled-con-arduino/>

[8] Sensor de Presión MPS20N0040D. [Online]. Recuperado de: <https://electronperdido.com/shop/sensores/presion/mps20n0040d-sensor-presion-0-40kpa/>

[9] Sensor DHT22 con ESP32. [Online]. Recuperado de: <https://blog.uelectronics.com/tarjetas-desarrollo/como-programar-el-dht22-con-el-arduino-ide-y-la-placa-esp32/>

[10] Sensor MQ-4 - configuración en Arduino. [Online]. Recuperado de: <https://www.teachmemicro.com/mq-4-methane-gas-sensor-arduino/>