

SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y CALEFACCIÓN A PARTIR DE BIOGÁS

ERNEST MAURICIO VILLOTA MUÑOZ

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA
SAN JUAN DE PASTO
2015

SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y CALEFACCIÓN A PARTIR DE BIOGÁS

ERNEST MAURICIO VILLOTA MUÑOZ

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de
Ingeniero Electrónico

ASESOR
JAIME ORLANDO RUÍZ PASOS
INGENIERO ELECTRÓNICO
MAGISTER EN SISTEMAS DIGITALES

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA
SAN JUAN DE PASTO
2015

NOTA DE RESPONSABILIDAD

Las ideas y conclusiones aportadas en el siguiente trabajo son responsabilidad exclusiva del autor.

Artículo 1ro del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

San Juan de Pasto, 16 de abril del 2015

AGRADECIMIENTOS

Dr. Hernán Ojeda, zootecnista, director general de las granjas en la Universidad de Nariño.

Kris Stephany Cortez Jojoa, zootecnista, técnico programa porcícola en la granja experimental Botana de la Universidad de Nariño.

Edwin Yovany Villota, APAA-mayordomo, asistencial 1 en la granja experimental botana de la Universidad de Nariño.

Edgar Florencio Tumbaco Timaran, operario, mantenimiento de la sección porcina en la granja experimental Botana de la Universidad de Nariño.

M.Sc. Darío Fernando Fajardo Fajardo, Director del Proyecto Nariño Vive digital.

M.Sc. Jaime Orlando Ruiz Pasos, director del grupo de investigación Morasurco en la Universidad de Nariño y asesor de éste proyecto.

Oscar Barco Galviz, ingeniero en electrónica, asesoría en interfaz electrónica para adquisición de datos y desarrollo de proyectos.

Carlos Rojas Paz, ingeniero en electrónica, arquitecto de soluciones en T-ecosystems y asesor en programación.

Juan Pablo Jiménez Mora, Químico, Laboratorio de cromatografía de la Universidad de Nariño.

David Arturo Perdomo, Químico, Laboratorio de cromatografía de la Universidad de Nariño.

DEDICATORIA

A mi Hijo, por llenar cada día de mi vida
con el amor y la alegría que
impulsan mi ser

RESUMEN

Considerando algunos requerimientos energéticos de una granja porcina, se busca biodigestores tubulares de bajo costo, alimentado con excreta de puerco en una granja dedicada a la porcicultura. El proyecto obtiene factibilidad con la aprobación para la puesta en marcha del estudio en la granja experimental Botana de la universidad de Nariño. Donde se explora posibles aprovechamientos del biogás para ser utilizado en sistemas empleados en uno o más procesos que ayuden en alguna sección de la manufactura porcina.

El estudio explora sobre cómo ayudar a discernir el uso de algunos instrumentos que emplean el biogás como fuente energética alternativa en un programa porcícola, describe a grandes rasgos el proceso de la elaboración del gas y el posible aprovechamiento que se le puede dar dentro de las actividades de un programa porcícola. Se determinan tres sistemas que son empleados en Botana: iluminación, calefacción y el eléctrico, se descarta intervenir en aquellos manejados de forma natural o sin consumo energético extra, como: sonoro, humedad o el de ventilación.

Para la iluminación se explora con una lámpara de capuchón para gas GLP modificada en el transcurso del estudio para adecuar el funcionamiento a las condiciones de baja presión del biogás empleado en el programa porcícola (inferior a 1470,96 pascales). En cuanto al sistema de calefacción se registra, describe y recomienda una mejora a los quemadores de plato metálico a flama abierta con materiales reciclados o remanentes de la misma granja existente en Botana. Emplea bombillos eléctricos de 250 vatios dentro de las instalaciones pecuarias para mejorar las condiciones de calor en secciones de las parideras y lechones y en los corrales de destetos de la cadena de producción porcícola.

La generación de electricidad, se explora con el uso de un generador eléctricos a gasolina modificado para usar biogás, mediante manipulación de la forma como se alimenta su motor cuatro tiempos, con la mezcla de biogás y aire. El combustible se toma de las tuberías que transportan el gas y no directamente del biodigestor: debido a que filtros en las tuberías de paso mejoran la calidad del mismo.

Para ayudar en la comprensión de parámetros que influyen en la calidad de biogás y su empleo, se realizó un sistema de registro que monitorea: temperatura, presión y concentración de metano. Debido a que al tener unas condiciones favorables en estas variables, la producción de gas es eficiente y de mayor poder energético, mejorando el rendimiento de los sistemas que usan este combustible en la granja y fomenta los estudios de áreas biotecnológicas y de energías alternativas.

ABSTRACT

Whereas some energy requirements of a pig farm, tubular digesters inexpensive, implemented and fed pig excreta on a farm dedicated to the pig is sought. The project feasibility gets approval for the launch of the study in the experimental farm Botana University of Nariño. Explore possible uses of biogas for use in systems used in one or more processes to help in any section of swine manufacturing.

The exploratory study on how to help discern the use of certain instruments that use biogas as an alternative energy source on a hog program outlines the process for preparing the gas and possible use that can be given within the activities a hog program. Lighting, heating and power: in swine barns, three systems are used in Botana are determined. Is discarded intervene in the naturally handled or no extra energy consumption, such as: sound, moisture or ventilation.

For illumination is scanned with a light cap for GLP gas modified in the course of the study to ensure that the working conditions of low pressure (less than 1470.96 Pascals) of biogas used in the swine program. As the heating system is recorded, describes and recommends an improvement, since it has a part designed snack to use gas Biologically Based burners metal plate to open flame from recycled materials or remnants of the farm, and another employs 250 watt light bulbs in livestock facilities to improve the conditions of heat in sections of farrowing crates and piglets and weaned pens chain hog production.

As heating and has a functional design are encouraged to explore the electricity production with a modified gasoline generators to use biogas by manipulation of the carburetor and the form of four-stroke engine power with biogas and air mixture. The fuel is taken from pipelines carrying gas and not directly from the digester: because filters in the pipes passing improve quality.

Temperature, pressure and concentration of methane: To assist in the understanding of parameters influencing the quality of biogas and its use, a registration system that monitors was performed. Because having favorable conditions in these variables, gas production is more energy-efficient and power, improving the performance of systems using this fuel on the farm and encourages studies biotechnology areas and alternative energy.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	25
1. MARCO CONTEXTUAL.	29
2. MARCO TEÓRICO.	33
2.1 GRANJA PORCÍCOLA	33
2.1.1 Definición.	33
2.1.2 Instalaciones porcinas.	33
2.1.3 Ciclo de producción.	36
2.1.4 Algunos parámetros que afectan la producción porcina.	37
2.1.5 El uso de energía en la producción porcina.	40
2.2 EXCRETAS PORCINAS	41
2.2.1 Composición de las excretas.	41
2.2.2 Producción de excretas y contaminación ambiental.	42
2.3 BIODIGESTOR	43
2.3.1 Biodigestor Plástico de Tipo CIPAV.	44
2.3.2 Funcionamiento de los biodigestores.	45
2.4 BIOGÁS.	46
2.4.1 Definición.	46
2.4.2 Producción de biogás.	47
2.4.3 Factores que influyen en la producción de biogás.	49
2.4.4 Adecuación de biogás.	50
2.4.5 Aprovechamiento de biogás.	51
2.5 SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.	55
2.5.1 Definición.	55
2.5.2 Sensor.	56
2.5.3 DAQ.	57
2.5.4 Computador.	60
3. MARCO LEGAL	61

3.1	PERMISO DE CONCESIÓN DE AGUAS	61
3.2	PERMISO DE VERTIMIENTOS	62
4.	METODOLOGÍA.	65
4.1	FACTIBILIDAD.	65
4.2	ANÁLISIS	66
4.3	DISEÑO	66
4.4	IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS	67
4.5	MANTENIMIENTO	67
5.	DESARROLLO Y ANÁLISIS	68
5.1	ANÁLISIS	68
5.1.1	Algunas necesidades básicas en la producción porcina.	68
5.1.2	Consumo energético básico en el programa porcícola de Botana.	68
5.1.3	Biodigestores en Botana.	70
5.1.4	Producción de biogás en la granja Botana.	71
5.1.5	Recopilación de información.	72
5.2	DISEÑO	73
5.3	IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS.	74
5.3.1	Sistema de iluminación.	74
5.3.2	Sistema de calefacción.	75
5.3.3	Generación de electricidad.	76
5.3.4	Sistema de adquisición de datos.	80
5.3.5	Presupuesto de implementación.	87
5.4	MANTENIMIENTO	88
6.	RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	89
	CONCLUSIONES.	90
	RECOMENDACIONES.	91
	BIBLIOGRAFÍA.	92
	ANEXOS	100

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Principales características productivas del ganado porcino y registros medios más habituales para cada parámetro.....	36
Tabla 2. Necesidades de temperatura de los cerdos (°C)	38
Tabla 3. Requerimientos de iluminación	39
Tabla 4. Consumo energético del área de lactancia en una producción porcina	40
Tabla 5. Consumo energético del área de destete en la producción porcina.	41
Tabla 6. Consumo energético del área engorde de la producción porcina.....	41
Tabla 7. Composición nutritiva de excretas porcinas en base a % de la materia seca.	42
Tabla 8. Producción diaria de excretas según el tipo de cerdo.....	42
Tabla 9. Componentes del biogás.....	47
Tabla 10. Productos principales de la fermentación ácida.	48
Tabla 11. Mecanismos típicos de la formación de metano.....	48
Tabla 12. Rangos de temperatura de acuerdo al tipo de bacterias.	49
Tabla 13. Inhibidores de la producción de biogás.	50
Tabla 14. Usos y aplicaciones de los diferentes sistemas de generación de energía	52
Tabla 15. Consumo de biogás en l/h y kcal / h considerando un poder calorífico de 6.000 kcal/m ³	52
Tabla 16. Poder calorífico de diferentes combustibles y equivalente referido al biogás ...	53
Tabla 17. Normas que reglamentan en uso y destinación de aguas y residuos sólidos. ..	62
Tabla 18. Consumo energético promedio en el programa porcícola de la granja Botana .	69

Tabla 19. Consumo de combustible del motor a gasolina 4T	78
Tabla 20. Carga de dispositivos electricos conectados al generador	80
Tabla 21. Sensores de Temperatura.	81
Tabla 22. Sensor de Metano.....	82
Tabla 23. Sensor de presión.....	82
Tabla 24. Comparación de microcontroladores pic	82
Tabla 25. Requerimientos de operación del programa <i>Biogas</i>	87
Tabla 26. Gastos de implementación.....	88

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Entrada de la Granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño en la vereda Botanilla de la ciudad de Pasto.	30
Figura 2. Programa Porcícola dentro de la Granja Experimental Botana de La Universidad de Nariño según el sistema de Google Maps.....	30
Figura 3. Biodigestor plástico tubular pequeño y antiguo de la granja Botana de la Universidad de Nariño. a) biodigestor y recubrimiento, b) vista lateral, c) interior	31
Figura 4. Biodigestor plástico tubular nuevo de la granja Botana de la Universidad de Nariño. a) interior, b) vista lateral c) desagüe.....	31
Figura 5. Calefactor de plato para arado usado.....	32
Figura 6. Programa porcícola en la granja experimental Botana de la universidad de Nariño.....	33
Figura 7. Vista de una nave de cubrición-control (b) y ejemplo de instalación de gestación confirmada, sistema de alimentación automático tipo túnel (a).....	34
Figura 8. Plaza de maternidad o paridera: a) disposición y dimensiones aproximadas. b) imagen de sitio.....	34
Figura 9. Sala de destete/transición: a) vista general de una sala con capacidad aproximada para 500 lechones (16 corrales, 32 lechones por corral) y b) detalle de los corrales.	35
Figura 10. Vista general de (a) una nave de engorde de uso muy común en nuestro entorno y (b) alojamiento alternativo en algunas zonas templadas.....	35

Figura 11. Produccion porcina en Ciclo cerrado	36
Figura 12. Principales causas de la muerte perinatal	37
Figura 13. Sistemas de ventilación a túnel en confinamiento	40
Figura 14. Ciclo de desechos orgánicos empleando el biodigestor	44
Figura 15. a) Biodigestor flexible tipo CIPAV en la granja Botana de la Universidad de Nariño, b) Esquema biodigestor tipo Cipav.	44
Figura 16. Transporte de biogás desde biodigestor de bajo costo a las instalaciones del área de porcinos. a) válvula de seguridad, llave de paso y filtro de agua, b) salida del biodigestor, c) filtro de sólidos con esponjas de alambre.	46
Figura 17. Trampa de agua en tubería.	51
Figura 18. Diagrama de consumo de biogás.	52
Figura 19. Quemador de fogón con plato	53
Figura 20. Lámpara de capuchón	54
Figura 21. Componentes de un SAD.	55
Figura 22. Sensor de Temperatura LM35-DZ	56
Figura 23. Sensor de presión MPVX5004DP, a) aspecto, b) conexión típica.	57
Figura 24. Sensor de Metano TGS2611-E00	57
Figura 25. Circuito filtro Pasa-Bajos	58
Figura 26. Microprocesador PIC 16f876A	58
Figura 27. Tarjeta RS232 de Sigma Electrónica	59
Figura 28. Tarjeta FT232 de Sigma Electrónica	60
Figura 29. Plan de trabajo en ciclo evolutivo de procesos simple	65
Figura 30. Programa porcícola en la granja experimental Botana de la universidad de Nariño	66

Figura 31. Diagrama de flujo para emplear biogás en la Granja Botana	67
Figura 32. Procesamiento de excretas porcinas en el área porcícola de la granja Botana de la universidad de Nariño.....	70
Figura 33. Biodigestor plástico tubular pequeño y antiguo de la granja Botana de la Universidad de Nariño. a) biodigestor y recubrimiento, b) vista lateral, c) interior	71
Figura 34. Biodigestor plástico tubular grande y nuevo de la granja Botana de la Universidad de Nariño. a) interior, b) vista lateral e c) desagüe.....	71
Figura 35. Porcentaje del contenido en un biodigestor.....	72
Figura 36. Sistema de iluminación	73
Figura 37. Sistema de calefacción	73
Figura 38. Sistema de producción eléctrica.....	74
Figura 39. Sistema de adquisición de datos	74
Figura 40. Lámpara de capuchón; a) lámpara apagada, b) máximo de combustible, c) iluminación blanca.....	74
Figura 41. Regulador de luz	75
Figura 42. Platos quemadores a flama abierta.....	76
Figura 43. Quemador de plato	76
Figura 44. Generador eléctrico Yamaha EF1600	77
Figura 45. Administración de gasolina para el encendido; a)administracion de gasolina y b) encendido del generador de forma manual.....	77
Figura 46. Ingreso de biogas como combustible	78
Figura 47. Parte interna de un carburador de motor a gasolina. a)principio de funcionamiento de un carburador y b) flotador en el carburador.....	79

Figura 48. Mezcla aire-biogás a) tipos de Mezcla b) mezcla paralela usada en el generador eléctrico emplenando la entrada del filtro de aire.	79
Figura 49. Pruebas de encendido eléctrico a) encendido de bombillos b) encendido de taladro	80
Figura 50. Sensores implementados	81
Figura 51. Tarjeta de sensores	81
Figura 52. Tarjeta DAQ	83
Figura 53. Tarjeta de comunicación RS232-USB	83
Figura 54. Instalación del sistema de adquisición de datos en el área de porcinos	84
Figura 55. Instalación del sistema de adquisición de datos en el área de porcinos	84
Figura 56. Software <i>Biogas</i>	85
Figura 57. Base de datos implementada en Microsoft SQL Server	86
Figura 58. Conexión de Excel con base de datos	86
Figura 59. Aislamiento del sensor TGS2611	87

LISTA DE ANEXOS

Pág.

ANEXO A. INFORME DE LA ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE PORCICULTORES DE LA VISITA TÉCNICA A LA GRANJA EXPERIMENTAL BOTANA DE LA UNIVERSIDAD DE NARIÑO.	101
ANEXO B. CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR DE TEMPERATURA LM35-DZ.....	109
ANEXO C. SENSOR DE PRESIÓN	111
ANEXO D. CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR DE METANO TGS 2611	116
ANEXO E. CARACTERÍSTICAS DEL PIC 16F876A.....	118
ANEXO F. CARACTERÍSTICAS DE TARJETA SIGMA RS232	120
ANEXO G. CARACTERÍSTICAS DE LA TARJETA SIGMA FT 232.....	122
ANEXO H. CÓDIGO FUENTE PARA EL PIC 16F876A EMPLEADO EN EL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.....	124
ANEXO I. CÓDIGO FUENTE DEL PROGRAMA BIOGÁS	126
ANEXO J. MANUAL DE USUARIO DEL SOFTWARE BIOGAS	134

GLOSARIO

ÁCIDO SULFHÍDRICO: es un hidrácido de fórmula H_2S . Este gas, más pesado que el aire, es inflamable, incoloro, tóxico, odorífero: su olor es el de materia orgánica en descomposición, como de huevos podridos. A pesar de ello, en el organismo humano desempeña funciones esenciales.

ADQUISICIÓN DE DATOS: recogida de un conjunto de variables físicas, conversión en voltaje y digitalización de manera que se puedan procesar en un ordenador.

BALDE: es un recipiente capaz de retener líquidos o sustancias que fluyen. La forma es habitualmente bastante similar a un tronco de cono invertido para que su concavidad pueda retener sustancias fluidas y que suele tener un asa semicircular en "U" en la parte superior para facilitar el transporte.

BATERÍA ELÉCTRICA: se aplica generalmente a los dispositivos electroquímicos semi-reversibles, o acumuladores de energía eléctrica que se pueden recargar.

BAUDIO: unidad de medida utilizada en comunicaciones con la que se hace referencia al número de intervalos elementales por segundo, velocidad de conmutación, o el número de transiciones (cambios de voltaje o de frecuencia) que se realiza por segundo.

BIODIGESTOR: es un contenedor hermético que permite la descomposición de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas y facilita la extracción del gas resultante para su uso como energía. El biodigestor cuenta con una entrada para el material orgánico, un espacio para su descomposición, una salida con válvula de control para el gas (biogás), y una salida para el material ya procesado.

BIT: abreviación de Binary Digit (dígito binario), la cual en términos técnicos es la menor unidad de información de una computadora. Un bit tiene solamente un valor (que puede ser 0 o 1). Varios bits combinados entre sí dan origen a las otras unidades, como byte, Mega, Giga y Tera.

BIT DE RESOLUCIÓN: número de bits que el convertidor analógico a digital (ADC) utiliza para representar una señal.

BUJE: (reducción de tubo) es el elemento de una máquina donde se apoya y gira un eje. Puede ser una simple pieza que sujeta un cilindro de metal o un conjunto muy elaborado de componentes que forman un punto de unión. Se caracterizan por su construcción y sistema de giro.

BYTE: es un conjunto de 8 bits, formando según una secuencia que representa un carácter. Se puede hacer una correspondencia biunívoca entre cada número decimal (0 a 9), las letras mayúsculas y minúsculas (A hasta Z), los símbolos matemáticos, la puntuación, etc., con un respectivo byte.

CABLE: es un cordón que está resguardado por alguna clase de recubrimiento, por lo general de PVC o caucho, y que permite conducir **electricidad** o distintos tipos de señales. Los cables suelen estar confeccionados con aluminio o cobre.

CABLE UTP: la sigla significa *Unshielded Twisted Pair* (lo que puede traducirse como “**Par trenzado no blindado**”). Es una clase de cable que no se encuentra blindado y que suele emplearse en las **telecomunicaciones**.

CAL SODADA: es una mezcla de óxido de calcio e hidróxido de sodio que se emplea como agente absorbente de dióxido de carbono (CO₂). Puede prepararse mezclando cal viva (CaO) con una solución de hidróxido de sodio (NaOH), y en seguida secando por calentamiento hasta evaporación. A la cal sodada apropiada para uso médico o para buceo se le añade un indicador de pH que cambia de color al agotarse la capacidad de absorción de CO₂.

CALEFACCIÓN: es una forma de climatización que consiste en aportar calor a los espacios cerrados habitados, cuando las temperaturas exteriores son bajas conforme sean las necesidades.

CARBURADOR: es el dispositivo que se encarga de preparar la mezcla de aire-combustible en los motores de gasolina. A fin de que el motor funcione más económicamente y obtenga la mayor potencia de salida, es importante que la gasolina esté mezclada con el aire en las proporciones óptimas

CEBA: alimento abundante que se da al ganado para que engorde.

CIRCUITO ELÉCTRICO: es una interconexión de dos o más componentes, tales como resistencias, inductores, condensadores, fuentes, interruptores, semiconductores y otros, que contiene al menos una trayectoria cerrada.

CONEXIÓN RS232: es el que se emplea en las computadoras, PC, módems, conmutadores e impresoras, este fue creado para ofrecer una conexión entre aparatos que requieren comunicación de Datos.

CRÍA: la acción de criar animales, refiriéndose a la ganadería cuando se trata de animales domésticos con fines de producción, y a la zoo-cría, si se trata de especies silvestres en cautiverio o semi-cautiverio.

CRianza INTENSIVA: se define como el sistema utilizado por los ganaderos cuando alojan a sus animales en las mismas instalaciones donde se les suministra

alimentación sin hacer uso de recursos naturales para su manutención (como en el caso del pastoreo).

DATO: representación simbólica (numérica, alfabética...), atributo o característica de un valor. No tiene sentido en sí mismo, pero convenientemente procesado se puede utilizar en la relación de cálculos o toma de decisiones.

DIÓXIDO DE CARBÓN (CO₂): es un gas incoloro, denso y poco reactivo. Forma parte de la composición de la tropósfera (capa de la atmósfera más próxima a la Tierra) actualmente en una proporción de 350 ppm. (Partes por millón). Su ciclo en la naturaleza está vinculado al del oxígeno.

EFLUENTE: lodo bastante fluido constituido por la fracción orgánica que no alcanza a fermentarse y por el material agotado (biomasa muerta). Su composición química, el contenido de materia orgánica y otras propiedades, dependen de las características de la materia prima utilizada y de factores ambientales.

EN PIE: término usado en la ganadería en la compra o venta de un animal mientras está vivo y con la capacidad de sostenerse en pie

ENERGÍA: el término energía (del griego ἐνέργεια/energeia, actividad, operación; ἐνεργός/energos = fuerza de acción o fuerza trabajando) tiene diversas acepciones y definiciones, relacionadas con la idea de una capacidad para obrar, transformar o poner en movimiento algo.

En física, «energía» se define como la capacidad para realizar un trabajo. En tecnología y economía, «energía» se refiere a un recurso natural (incluyendo a su tecnología asociada) para extraerla, transformarla y darle un uso industrial o económico.

ENERGÍA LIMPIA: la energía limpia es un sistema de producción de energía con exclusión de cualquier contaminación o la gestión mediante la que nos deshacemos de todos los residuos peligrosos para nuestro planeta.

ENERGÍAS ALTERNATIVAS: a aquellas fuentes de energía planteadas como alternativa a las tradicionales clásicas. No obstante, no existe consenso respecto a qué tecnologías están englobadas en este concepto, y la definición de "energía alternativa" difiere según los distintos autores: en las definiciones más restrictivas, *energía alternativa* sería equivalente al concepto de energía renovable o energía verde, mientras que las definiciones más amplias consideran *energías alternativas* a todas las fuentes de energía que no implican la quema de *combustibles fósiles* (carbón, gas y petróleo); en estas definiciones, además de las renovables, están incluidas la energía nuclear o incluso la hidroeléctrica.

EPIDEMIOLOGICO: estudio de los padecimientos que afectan la salud de los animales.

ESTIÉRCOL: es el nombre con el que se denomina a los excrementos de animales que se utilizan para fertilizar los cultivos. En ocasiones el estiércol está constituido por más de un desecho orgánico, como por ejemplo excrementos de animales y restos de las camas, como sucede con la paja

EXCRETAS: las excretas son la materia fecal y la orina, son el resultado de la transformación de los alimentos consumidos por las personas y los animales. En ellas hay microbios, parásitos y nuevos de parásitos que causan enfermedades muy graves que pueden causar la muerte.

FILTRO: el dispositivo que discrimina uno o varios elementos determinados de algo que atraviesa a través de él

FLOTADOR: es una pieza en forma de aro fabricada de un material ligero y que sirve para mantener el nivel de combustible dentro de un carburador.

GASÓMETRO: es la sección donde se almacena el biogás; el gasómetro y el digestor pueden constituir un solo cuerpo o estar separados.

GENERADOR ELÉCTRICO: es todo dispositivo capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrica entre dos de sus puntos (llamados polos, terminales o bornes) transformando la energía mecánica en eléctrica. Esta transformación se consigue por la acción de un campo magnético sobre los conductores eléctricos dispuestos sobre una armadura (denominada también estator). Si se produce mecánicamente un movimiento relativo entre los conductores y el campo, se generará una fuerza electromotriz

GESTACIÓN: se usa en zoología cuando un animal vivíparo del sexo femenino lleva y sustenta a una cría embrionaria o fetal dentro de su vientre hasta el momento del nacimiento. Entre los mamíferos, hay especies con gestaciones múltiples en las que nace más de una cría cada término de gestación. La duración, denominada *período gestacional*, es el tiempo que dura la cría en el desarrollo intrauterino y varía entre las diferentes especies.

ILUMINACIÓN: es la acción o efecto de iluminar. En la técnica se refiere al conjunto de dispositivos que se instalan para producir ciertos efectos luminosos, tanto prácticos como decorativos.

INTERFAZ ELECTRÓNICA: circuito físico a través del que se envían o reciben señales desde un sistema o subsistemas hacia otros. No existe un interfaz universal, sino que existen diferentes protocolos (Interfaz USB, interfaz SCSI, etc.)

que establecen especificaciones técnicas concretas, con lo que la interconexión sólo es posible utilizando el mismo interfaz en origen y destino.

JACK: conector eléctrico que por lo general se utiliza para transmitir señales de audio o de potencia eléctrica

LA CANAL: es el cuerpo entero del animal (puerco) tal y como se presenta después de las operaciones de sangrado, eviscerado y desollado, entero o partido por la mitad, sin lengua, cerdas, pezuñas, genitales, manteca, riñones ni diafragma.

LÁMPARAS: son dispositivos generadores de luz (llamados a su vez lámparas, bombillas o focos).

MANGUERA: una manguera es un tubo hueco flexible diseñado para transportar fluidos de un lugar a otro. Por lo general son hechas de pvc o plásticos.

METANO: es el hidrocarburo alcano más sencillo, cuya fórmula química es CH_4 . Es una sustancia no polar que se presenta en forma de gas a temperaturas y presiones ordinarias. Es incoloro e inodoro y apenas soluble en agua en su fase líquida.

MOTORES A COMBUSTIÓN INTERNA: es un tipo de máquina que obtiene energía mecánica directamente de la energía química con un combustible que arde dentro de la cámara de combustión.

M.S.N.M.: metros sobre el nivel del mar

NAVE: en arquitectura, denomina al espacio comprendido entre dos muros o filas de columnas.

ÓXIDO DE HIERRO: son compuestos químicos formados por hierro y oxígeno. Se conocen 16 óxidos de hierro. Los más conocidos son: (hematita, magnetita, maghemita, $\beta\text{-Fe}_2\text{O}_3$, $\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$, Wüstite), Algunos de estos óxidos son utilizados en cerámica, particularmente en vidriados. También son usados como pigmento.

PUERCO: animal mamífero doméstico, bajo, grueso, de patas cortas, hocico chato y cola pequeña y torcida, cuya carne es aprovechada por el ser humano.

PVC: es una sigla que se refiere normalmente al policloruro de vinilo, un polímero termoplástico ampliamente utilizado en las cañerías.

QUEMADOR A GAS: es un dispositivo para quemar combustible líquido, gaseoso o ambos (excepcionalmente también sólido) y producir calor generalmente mediante una llama. Habitualmente va asociado a una caldera o un generador de

calor para calentar agua o aire, pero también se usa en procesos industriales para calentar cualquier sustancia.

RANGO: valores máximo y mínimo entre los que el sensor, instrumento o dispositivo funcionan bajo unas especificaciones viables.

SENSOR: es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH, etc.

SENSOR DE METANO: es usado para la detección de la concentración de gas natural (generalmente compuesto por metano $[\text{CH}_4]$).

SENSOR DE PRESIÓN DIFERENCIAL: están pensados para realizar la medida de presión entre dos puntos, de tal forma que ha de contar necesariamente con ambas tomas de presión.

SENSOR DE TEMPERATURA: son dispositivos que transforman los cambios de temperatura en cambios en señales eléctricas que son procesados por equipo eléctrico o electrónico. Hay tres tipos de sensores de temperatura, los termistores, los RTD y los termopares.

SÍLICA GEL: es una forma granular y porosa de dióxido de silicio fabricado sintéticamente a partir de silicato sódico. A pesar del nombre, el gel de sílice es sólido.

SISTEMA: conjunto organizado de dispositivos que interactúan entre sí ofreciendo prestaciones más completas y de más alto nivel.

SÓLIDOS VOLÁTILES: son la fracción de residuos orgánicos capaz de combustionar y volatilizarse.

TANQUE DE DESCARGA: recibe el material digerido o efluente del biodigestor. En el caso de la planta de cúpula fija, sirve además, como tanque de compensación de presiones.

TANQUE DE MEZCLA: es una caja de mampostería o concreto donde se realiza la mezcla de estiércol y agua, que luego se introduce en la cámara de digestión a través del tubo de entrada (influyente).

TARJETA RS232 A USB: es un conversor de USB a la norma RS232. El objetivo ha sido desarrollar una tarjeta fácil de usar para evaluar el chip de conversión FT232BM, para su posterior uso en otros sistemas y reemplazar el uso del puerto

serie por el del USB y además que se pudiese usar tanto en plataformas Windows como Linux.

TERMINAL RJ45: (RJ significa *Registered Jack*) es uno de los conectores principales utilizados con tarjetas de red Ethernet, que transmite información a través de cables de par trenzado. Por este motivo, a veces se le denomina *puerto Ethernet*:

TRAZAS: son los que se encuentran en muy pequeñas cantidades. Es decir, son "rastros de una sustancia".

USB: es la sigla de Universal Serial Bus. Se trata de un concepto de la informática para nombrar al puerto que permite conectar periféricos a una computadora.

VERRACO: viene del latín "verres" que define al cerdo padre; otras interpretaciones son: intr. coloq. Gruñir o dar señales de enfado y enojo. 2. intr. coloq. Dicho de un niño: Llorar con rabia y continuamente.

INTRODUCCIÓN

Actualmente el crecimiento de la producción porcina en Colombia y en especial el departamento de Nariño, catalogado por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) como una zona de alta producción agropecuaria, ha estado al alza y se proyecta que continuará en años venideros. Este impulso de las granjas porcícola, deja cada día una mayor cantidad de excrementos y desechos derivados que en su mayoría son componentes orgánicos disueltos en agua, a los cuales si no se trata adecuadamente y conforme a las leyes pueden contaminar el entorno de las granjas, en especial a los operarios, causando problemas a la salud y al ambiente, tanto en las plantas pecuarias como a las regiones circundantes.

Los residuos orgánicos como las excretas porcinas, se pueden: tratar y procesar mediante la utilización de tecnologías amigables con el medioambiente, como los biodigestores, que por lo general se usan para el tratamiento de aguas residuales generando en el proceso biogás y fertilizantes. El primero se utiliza como medio energético, el segundo, puede representar una tasa de ingresos extras, al emplearlo en la misma granja o con su venta.

En este proyecto se estudia la posibilidad de utilizar el biogás como fuente energética para solventar en cierta medida las demandas de energía de una granja nariñense dedicada a la producción porcícola. Mediante la exploración de áreas como: la calefacción, generación eléctrica y la iluminación, empleando prototipos y bajo un formato de etapa exploratoria.

En la granja experimental Botana de la Universidad de Nariño, ubicada en el corregimiento Botanilla de la ciudad de Pasto, se encuentra el lugar con las condiciones suficientes para realizar las actividades de estudio y dar inicio a la implementación de equipos que ayuden en la exploración de la posible utilización de biogás para las actividades de producción porcina.

Botana cuenta con áreas específicas para el trabajo con porcinos y desechos: agua, excretas, lechones muertos y derivados del proceso de manufactura. Las instalaciones están en un recinto que suele llamarse nave o galpón. También posee dos biodigestores plásticos de bajo costo ubicados en un sistema de tratamiento de agua; cuya producción de biogás es empleada en quemadores de plato a flama abierta para generar focos de calor en las secciones de parideras y destetos del ciclo productivo de los animales en granja.

La metodología empleada para llevar a cabo el estudio se basa en una serie seis pasos: factibilidad, análisis, diseño, implementación, pruebas y mantenimiento. En estos se describe poco a poco las actividades desempeñadas para llevar a cabo la síntesis del trabajo, acotando los diferentes temas relevantes que guardan relación

con los objetivos de este proyecto del ámbito agro-tecnológico en las inmediaciones de Pasto.

Los biodigestores tubulares de bajo costo emplean las excretas porcinas como materia prima para la producción del biogás. Los gastos de mantenimiento y puesta en marcha se solventan en una apropiación tecnológica con enfoque agro-ecológico que ayuda al medio ambiente, al tiempo que incentiva la articulación de actividades de investigación del departamento de electrónica con otros áreas, tales como: química, agropecuaria o los laboratorios de investigación.

Cabe resaltar que el proyecto tiene un desarrollo con etapas y a escala piloto, donde no se tiene muchos estudios sobre el biogás y su empleo. Razón por lo cual se diseña un sistema de adquisición de datos para futuras investigaciones: hace uso de sensores de temperatura, concentración de metano y sobre su presión, para ayudar a caracterizar variables del estado del biogás en el programa porcícola de la Granja experimental Botana de la universidad de Nariño.

JUSTIFICACIÓN

En Colombia muchas de las leyes y políticas de gobierno, amparan, acogen e incentivan a desarrollar e implementar tecnologías que ayuden a cuidar nuestro planeta para futuras generaciones. Una de ellas es el decreto 3570 de 2011, emanado del departamento administrativo de la función pública, que en su artículo 1, Objetivos del ministerio, dice:

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible es el rector de la gestión del ambiente y de los recursos naturales renovables, encargado de orientar y regular el ordenamiento ambiental del territorio y de definir las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y del ambiente de la nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible, sin perjuicio de las funciones asignadas a otros sectores.

El Ministerio Ambiente y Desarrollo Sostenible formulará, junto con el Presidente de la República la política nacional ambiental y de recursos naturales renovables, de manera que se garantice el derecho de todas las personas a gozar de un medio ambiente sano y se proteja el patrimonio natural y la soberanía de la Nación¹.

Tomando en cuenta las excretas porcinas, su contaminación y los beneficios que puede obtener el porcicultor al darle un adecuado manejo con entidades conservadoras del medio ambiente, gubernamentales y la participación en el mercado verde o bonos de carbono: para lo cual solo debe demostrar la capacidad de evitar o recoger los gases de efecto de invernadero (GEI) o que el proceso de producción es limpio². El biogás ayuda a no emitir GEIs ya que los componentes principales de este son: el metano y el dióxido de carbono, dos agentes promotores del efecto invernadero y deterioro de la atmosfera terrestre³.

¹ COLOMBIA. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE LA FUNCIÓN PÚBLICA. Decreto 3570 De 2011: Artículo 1. 2011. P2. [En línea].

http://www.minambiente.gov.co/documentos/normativa/ambiente/decreto/dec_3570_270911.pdf

² Fondo Acción. Incentivo financiero para la eficiencia energética y tecnologías amigables con el clima. Colombia. agosto 1 del 2011. [En línea].

http://www.accionambiental.org/scs/detalles_item_listado.php?id=2&id_categoria=3

³ CHIAPPELLA. Juan Sebastián. Cambio climático y seguridad alimentaria, 2009. [en línea]

http://inta.gob.ar/documentos/cambio-climatico-y-seguridad-alimentaria/at_multi_download/file/INTA%20Cambio%20clim%C3%A1tico%20y%20seguridad%20alimentaria.pdf

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar posibilidades de aprovechar el biogás producido en un biodigestor tubular plástico de bajo costo para suplir necesidades de consumo energético básico que demanda una granja del Departamento de Nariño dedicada a la porcicultura.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar un sistema de iluminación aprovechando el biogás obtenido a partir de excretas porcinas en un biodigestor plástico tubular de bajo costo.
- Diseñar un sistema de calefacción a partir de biogás para ser utilizado en actividades propias de la porcicultura.

1. MARCO CONTEXTUAL.

Uno de los documentos que antecede y promueve el proyecto actual es: “Valorización del estiércol de cerdo a través de la producción de biogás” por Antonio Carlos López Pérez en la Asociación Colombiana de Porcicultores, Fondo Nacional de la Porcicultura. En el cual se anuncia la validez del desarrollo sostenible, enmarca el potencial de utilizar el Biogás a partir de excreta porcina y describe la relación de esta tecnología frente a otros sistemas energéticos que se emplean actualmente en las granjas agropecuarias dedicadas a la producción porcícola. También muestra los procesos de producción del biogás y su uso mediante diferentes elementos para encaminar la producción del cerdo a un ámbito donde se satisface la insuficiencia energética del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades⁴.

Otro antecedente que impulsa a desarrollar la investigación de sistemas energéticos a partir de biogás es: “Energy Consumption Guide - Energy Use in Pig Farming” de la compañía “Carbon Trust”. Esta es una organización de expertos independientes con la misión de acelerar el movimiento hacia una economía sostenible de bajo carbono. Esta guía presenta datos de referencia sobre los niveles ' típicos ' y ' buenas prácticas ' de consumo de energía para las granjas de cerdos en el Reino Unido, que se toman para identificar que procesos de las instalaciones porcícola son las que más consumen energía en el desarrollo de sus respectivas etapas de producción y se describe perfiles típicos de consumo energético por animal⁵.

En el estudio de las energías alternativas para Nariño se resalta el trabajo realizado por los ingenieros José Alonso Orbes Lasso y Wilson Alexander Vallejo Coral, cuyo documento de grado “Investigación Exploratoria de Sistemas de Energía Eléctrica Renovable Orientada a la Búsqueda de Soluciones Energéticas en el Departamento de Nariño” de la Universidad de Nariño. Muestra múltiples referencias de posibles fuentes energéticas y en la que se destaca los datos de commodities como la cantidad de puercos en la región y la producción de biogás respecto a varios tipos de animales⁶.

⁴ LÓPEZ PÉREZ, Antonio Carlos. “Valorización del Estiércol de Cerdo a Través de la Producción de Biogás”, Asociación Colombiana de Porcicultores, Fondo Nacional de la Porcicultura. 2006. P 37 [en línea]. <http://www.scribd.com/doc/136545255/3-2-Manual-Biodigestor>

⁵ CARBON TRUST. “Energy Consumption Guide - Energy Use in Pig Farming”. 2005. P 15 [en línea]. <http://www.bpex.org.uk/environment-hub/energy/EnergyUsePigFarms.aspx>

⁶ ORBES LASSO, José Alonso. VALLEJO CORAL, Wilson Alexander. “Cuyo documento de grado “Investigación Exploratoria de Sistemas de Energía Eléctrica Renovable Orientada a la Búsqueda de Soluciones Energéticas en el Departamento de Nariño”, Universidad de Nariño. 2013. P 87-91

El caso de estudio se realiza en un lugar apartado para la producción de ganado porcino dentro del área limítrofe del predio de la Granja Experimental Botana que pertenece a la Universidad de Nariño que está ubicada a 2.820 metros sobre el nivel del mar en la vereda Botanilla. Este predio esta aproximadamente a 7.7 kilómetros del centro de la ciudad de Pasto. Actualmente se puede ingresar por la nueva variante de la vía Panamericana y algunas entradas alternas en las vías a las veredas de Catambuco y Dolores, posee un área aproximada de 700 m² para la producción porcina, una temperatura promedio de 13 °C, precipitación de 800 mm/año y humedad relativa de 82%⁷. Sus coordenadas geográficas son: 1°09'28.9"N, 77°16'35.3"W. (ver Figuras 1 y 2).

Figura 1. Entrada de la Granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño en la vereda Botanilla de la ciudad de Pasto.



Fuente: Producción propia

Figura 2. Programa Porcícola dentro de la Granja Experimental Botana de La Universidad de Nariño según el sistema de Google Maps.



Fuente: Producción propia basado en Google Maps, <https://www.google.es/maps/@1.1581352,-77.2759697,183m/data=!3m1!1e3>

⁷ LAGOS B, Tulio César. VALLEJO CABRERA Franco Alirio. CRIOLLO ESCOBAR Hernando. MUÑOZ FLÓREZ Jaime Eduardo. "Biología reproductiva de la uchuva". Universidad nacional de Colombia. Colombia. 2008. [en línea]. http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/1346/1925

En cuanto al consumo energético de la planta porcícola, la Zootecnista Kris Stephany Cortez Jojoa: encargada del programa porcícola en la Granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño, expresa que la demanda de energía se ubica principalmente en los procesos de producción del cerdo; usada en actividades de calefacción, iluminación y en la alimentación eléctrica de los equipos de oficina y de laboratorio del Programa Porcícola.

Dentro del área de producción porcina existen 2 biodigestores de tipo Cipav (ver Figuras 3 y 4) que funcionan a flujo semi-continuo: con alimentación diaria resultante de la limpieza de las instalaciones porcícola. El primero, se instaló hace más de 4 años atrás para que la granja se acogiera a las necesidades de preservación del medioambiente, mientras que el segundo se construyó de forma más tecnificada y con recomendaciones de ingeniero ambiental del Instituto Colombiano de Agricultura (ICA) a finales del año 2012 (ver Anexo A) para efectuar manipulación de aguas servidas en la producción porcina.

Figura 3. Biodigestor plástico tubular pequeño y antiguo de la granja Botana de la Universidad de Nariño. a) biodigestor y recubrimiento, b) vista lateral, c) interior



Fuente: Producción propia.

Figura 4. Biodigestor plástico tubular nuevo de la granja Botana de la Universidad de Nariño. a) interior, b) vista lateral c) desagüe



Fuente: Producción propia.

La producción diaria de biogás en los biodigestores de la granja Botana no tiene un registro por los trabajadores de la Granja o alguna entidad. Se cuenta con un sistema empírico de calefacción (ver Figura 5) desarrollado por los empleados de la planta porcícola que se usa en las secciones de maternidad y destete (ver sección 2.1.2 del marco teórico) y está construido con materiales reciclados como: platos de arado desechados, retazos de mangueras y tubos.

Figura 5. Calefactor de plato para arado usado.



Producción propia

Con la actual investigación se pretende determinar posibilidades de aprovechar el biogás producido en un biodigestor tubular plástico de bajo costo para suplir algunas necesidades de consumo energético básico que demanda una granja dedicada a la porcicultura. Tal como el programa porcino de la granja Experimental Botana, que al proporcionar una herramienta que caracterice una fuente de energía alternativa ayude al desarrollo sostenible de la región y en especial al gremio de los poricultores para que puedan tener más formas de dar uso a los desechos proporcionados en las instalaciones de confinamiento para animales domésticos.

2. MARCO TEÓRICO.

2.1 GRANJA PORCÍCOLA

2.1.1 Definición. Las granjas porcinas (Figura 6) son unidades pecuarias dedicadas a la crianza intensiva de ganado porcino con fines comerciales, aunque no siempre incluyen todos los grupos de animales que componen el ciclo productivo⁸. Cuando coinciden todas sus secciones, se dice que es una granja con un sistema de producción en “ciclo cerrado”. De lo contrario es en “fases” o “sitios”. Generalmente se definen tres: el primero (S1) incluye el ciclo de las madres, (S2) que incluye únicamente el periodo de destete-transición y (S3) que alberga los animales en crecimiento y ceba (ver secciones 2.1.2 y 2.1.3).

Figura 6. Programa porcícola en la granja experimental Botana de la universidad de Nariño.



Fuente: Producción propia

2.1.2 Instalaciones porcinas. El Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) incluye como “instalaciones”, no sólo las edificaciones, sino también todo aquel aparataje (utillaje), integrado en las infraestructuras y los sistemas auxiliares destinados a facilitar el correcto manejo de los animales⁹. Para el caso únicamente se toman las secciones que dividen las etapas de la producción en la granja. Las principales secciones de una granja porcina en ciclo cerrado son:

⁸ DIRECCIÓN REGIONAL DE AGRICULTURA TACNA, Glosario Pecuario, 2004. [en línea]. <http://www.agritacna.gob.pe/informacion/anuario2004/cap3.22.pdf>

⁹ MANUAL SOBRE EL CUIDADO Y USO DE LOS ANIMALES DE EXPERIMENTACIÓN, Capítulo IV: Instalaciones Y Ambiente Para Los Animales Domésticos. Volumen 1 (2da edición). [en línea]. <http://www.ccac.ca/Documents/Standards/Guidelines/Spanish/04.pdf>

- **Instalaciones de gestación.** La nave (edificio) de gestación alberga las cerdas jóvenes previo a la cubrición fértil y a las adultas en el destete hasta unos días antes del parto. El alojamiento puede estar diferenciado en dos espacios: uno para las cerdas desde el destete hasta finalizar el primer mes de gestación (**nave de cubrición-control**) y otro para el resto de la gestación (**nave de gestación confirmada**). Durante el periodo cubrición-control las cerdas suelen alojarse en jaulas individuales (Figura 7a) mientras que en gestación confirmada, las cerdas suelen ser alojadas en grupo (Figura 7b); su consumo energético no tiene gran impacto en la granja si la comparamos con el total de la planta porcícola.

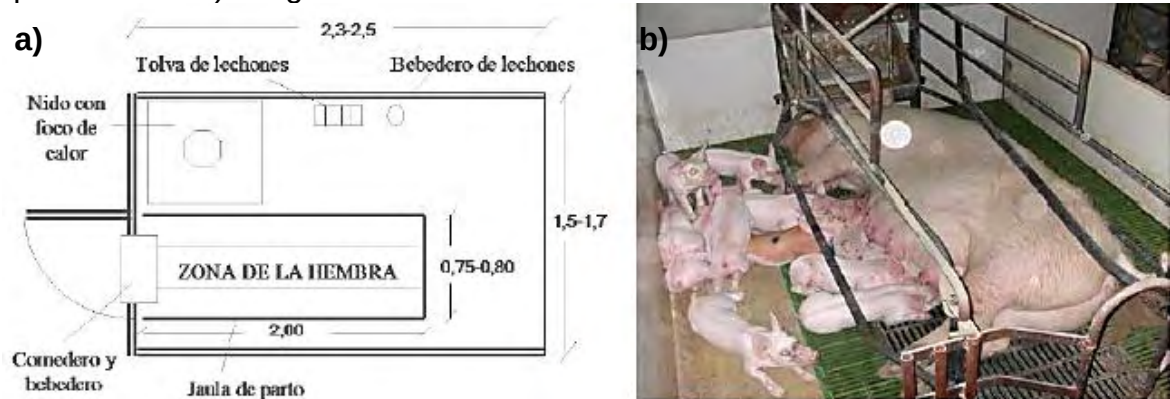
Figura 7. Vista de una nave de cubrición-control (b) y ejemplo de instalación de gestación confirmada, sistema de alimentación automático tipo túnel (a)



Fuente: Manejo y producción de porcino, <http://llojadedevic.org/redaccio/arxiu/imatgesbutlleti/manual%20porcino%20final.pdf>, pág. 34

- **Maternidad o lactancia.** La instalación de maternidad está diseñada para crear dos espacios climáticos diferentes. La cerda dispone de su propio comedero y bebedero individual y los lechones de áreas calefactoras y eventualmente también de comedero y bebedero propios (ver Figura 8).

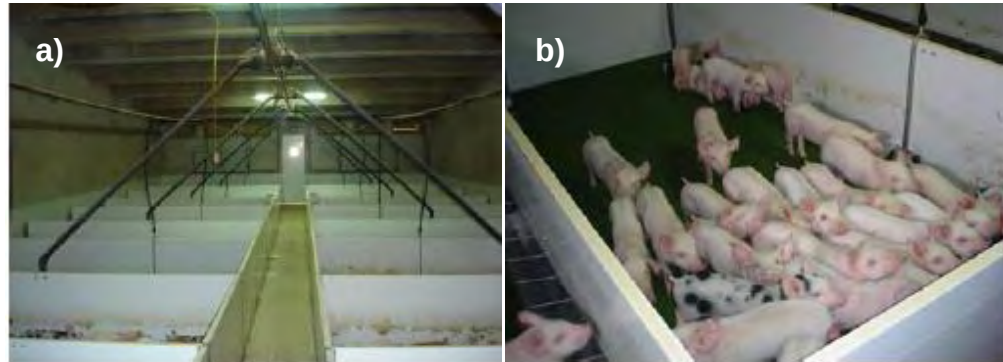
Figura 8. Plaza de maternidad o paridera: a) disposición y dimensiones aproximadas. b) imagen de sitio.



Fuente: Manejo y producción de porcino, <http://llojadedevic.org/redaccio/arxiu/imatgesbutlleti/manual%20porcino%20final.pdf>, pág. 18

- **Instalaciones de Destete/Transición.** Las salas de destete/transición (Figura 9), suelen estar acondicionadas, con ventilación dinámica y calefacción, generalmente de tipo ambiental. Los lechones se alojan en grupos a una densidad de 4-5 lechones/m², disponen de comedero y bebedero, el suelo puede ser parcial o totalmente emparrillado.

Figura 9. Sala de destete/transición: a) vista general de una sala con capacidad aproximada para 500 lechones (16 corrales, 32 lechones por corral) y b) detalle de los corrales.



Fuente: Manejo y producción de porcino, <http://llojadevic.org/redaccio/arxiu/imatgesbutlleti/manual%20porcino%20final.pdf>, pág. 19

- **Instalaciones para crecimiento y engorde.** El crecimiento y engorde suele realizarse en naves grandes (Figura 10) capaces de albergar entre varios cientos o miles de cerdos. Por lo cual el mayor porcentaje de consumo de energía es la ventilación y tanto la elección del tipo de sistema de ventilación como su mantenimiento juegan un papel muy importante en la eficiencia. Tras la ventilación los otros parámetros que afectan sobre la utilización de energía son la iluminación, la calefacción y la alimentación.

Figura 10. Vista general de (a) una nave de engorde de uso muy común en nuestro entorno y (b) alojamiento alternativo en algunas zonas templadas.



Fuente: Manejo y producción de porcino, <http://llojadevic.org/redaccio/arxiu/imatgesbutlleti/manual%20porcino%20final.pdf>, pág. 19

2.1.3 Ciclo de producción. El ciclo productivo del porcino tiene el mayor impacto sobre el consumo energético ya que es donde se desarrolla todos los procesos para el bienestar animal y las mejoras de la manufactura del puerco. Este se da en dos líneas que funcionan paralelamente (ver Figura 11). **Ciclo de las madres**, (flechas marrones) y **ciclo de los lechones con destino al matadero**, (flechas rosas), las principales características de los ciclos se aprecian en la Tabla 1.

Figura 11. Producción porcina en Ciclo cerrado



Fuente: Manejo y producción de porcino,
<http://lotjadevic.org/redaccio/arxiu/imatgesbutlleti/manual%20porcino%20final.pdf>, pág. 9

Tabla 1. Principales características productivas del ganado porcino y registros medios más habituales para cada parámetro.

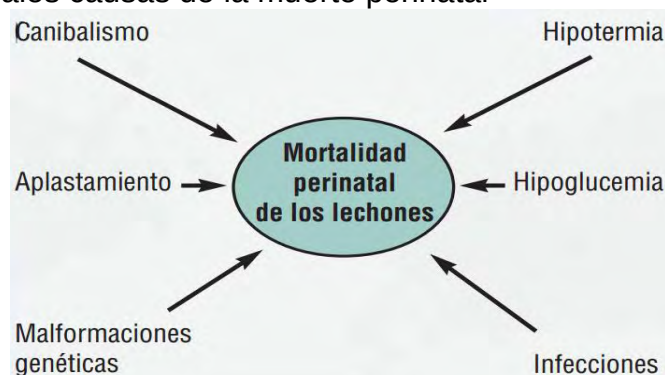
Característica productiva	Registro habitual
Primera cubrición fértil (meses)	7 – 8
Duración del ciclo sexual (días)	21 ± 3
Duración de la gestación (días)	114 ± 2
Prolificidad (nº de lechones/parto)	10 - 13 (<9 - >15)
Peso lechón al nacimiento (kg)	1,2 - 1,4 (<1,0 - > 2,0)
Duración de lactación (días)	21 – 42
Mortalidad lechones en lactación (%)	10 – 15 (<5 - >20)
Peso del lechón al destete (kg)	5 – 8
Intervalo destete-celo (días)	3 – 5 (2 – 9)
Partos/cerda/año	2,0 – 2,5
Vida útil de las madres (años)	2 – 3
Reposición anual (%)	40 – 50 (30 - >55)
Peso vivo salida destete-transición (kg)	18 – 22 (<15 - >30)
Mortalidad en destete-transición (%)	3 – 10
Peso vivo al matadero (kg)	100 – 105 (<80 - > 140)
Mortalidad en crecimiento y cebo (%)	1 – 8
Cerdos vendidos cerda/año	20 – 26 (<18 - >28)

Fuente: Manejo y producción de porcino,
<http://lotjadevic.org/redaccio/arxiu/imatgesbutlleti/manual%20porcino%20final.pdf>, pág. 11

2.1.4 Algunos parámetros que afectan la producción porcina. La mayoría de las condiciones que afectan la producción se deben a efectos del medio ambiente dentro de las instalaciones (temperatura, aire, sonido, iluminación). Al igual que el manejo y características propias del animal. Lo cual obliga a enfrentar pérdidas sustanciales en el comercio del producto, el bienestar de la granja, el consumo energético y el rendimiento de los animales¹⁰. Los parámetros más destacados son:

- **Mortalidad perinatal.** Es un problema importante tanto desde el punto de vista productivo como desde el punto de vista del bienestar de los lechones. Aunque la introducción de sistemas como las jaulas de maternidad, ha reducido ligeramente la incidencia de este problema. La mayoría de las bajas se producen durante las primeras 24-48 horas de vida. A causa del aplastamiento de los lechones por la cerda, el síndrome de hipotermia-inanición y en el caso de camadas de cerdas primíparas: por la agresividad de la hembra hacia los lechones (ver Figura 12).

Figura 12. Principales causas de la muerte perinatal



Fuente: Manual práctico de porcicultura intensiva,
<http://www.jcyl.es/web/jcyl/binarios/708/897/porcicultura1.pdf>, pág. 29

Los días inmediatamente anteriores al parto y los primeros días pos-parto puede mantenerse una temperatura más elevada en las salas de maternidad (parideras), para evitar problemas de hipotermia en el lechón. No obstante cuando la temperatura es superior a los 25 °C el parto puede alargarse, lo que tiene efectos negativos sobre la supervivencia de los lechones¹¹.

- **Confort térmico.** Con la excepción posible de los recién nacidos y de los lactantes, los cerdos pueden establecerse en una gran variedad de condiciones

¹⁰ Pic Wean finish manual, Manejo de destete a venta,[en línea],
<http://www.picperu.com/pdf/manual%20de%20manejo%20destete%20a%20venta.pdf>

¹¹ MANTECA, Xavier. BIENESTAR ANIMAL: PARTICULARIDADES DE LA MATERNIDAD, DESTETE Y CEBO. Noviembre de 2008. [en línea].
www.avparagon.com/pdfs/documentos/instalaciones/BIENESTAR_MATERNIDAD_CEBO_MANTECA.pdf

climáticas, siempre cuando se les provea instalaciones apropiadas que les permitan conservar o eliminar el calor del cuerpo, de lo contrario, los tiempos de producción y la calidad del animal se ven afectados. El confinamiento total, sobre pisos de cemento o sobre enrejados, puede interferir con la transferencia de calor por conducción, sacando de confort al puerco y por ende afectando su normal desarrollo. Los sistemas de soporte ambientales deben ser entonces adecuados para mantener una zona de confort satisfactoria a lo largo del año¹². En la Tabla 2 se describe las temperaturas de confort según la etapa productiva del puerco.

Tabla 2. Necesidades de temperatura de los cerdos (°C)

Tipo de animal	Temperatura
Verracos y cerdas gestantes	18 – 26
Maternidad	
Preparto	19 – 20
Parto	21 – 22
Lactación	19 – 20
Lechones	
Nacimiento – 48h	31 – 33
1 semana	30 – 31
2 semanas	28 – 29
3 semanas	26 – 27
Transición	24 – 29
Cebo	16 – 26

Fuente: M.A. Latorre, J. Miana Unidad de Tecnología en Producción Animal. Soluciones para los efectos de las altas temperaturas en las explotaciones porcinas, [en línea]. http://www.aacporcinos.com.ar/articulos/instalaciones_porcinas_soluciones_para_los_efectos_de_las_altas_temperaturas_en_las_explotaciones_porcinas.html

- **Requerimientos de iluminación en la planta porcina.** La iluminación también juega un papel importante, periodos de luz superiores a 16 horas producen una disminución del poder fecundante del semen. Por el contrario, el mantenimiento de un verraco en completa oscuridad lleva consigo una disminución de: volumen del eyaculado, concentración, porcentaje de espermatozoides móviles y un notable aumento del porcentaje de formas anormales en los mismos¹³; otro efecto es el cambio de estados de actividad, donde se observa reposo en ausencia de iluminación, también tienden a moverse de áreas más oscuras a áreas más iluminadas, de modo que se puede usar la luz para atraerlos a una ubicación deseada. La iluminación recomendada para la vida de los animales está dada en la Tabla 3

¹² M.A. Latorre, J. Miana, Unidad de Tecnología en Producción Animal. soluciones para los efectos de las altas temperaturas. Universo porcino. [en línea]. http://www.aacporcinos.com.ar/articulos/instalaciones_porcinas_soluciones_para_los_efectos_de_las_altas_temperaturas_en_las_explotaciones_porcinas.html

¹³ UNIVERSIDAD DE SEVILLA. Op. Cit., p 18.

Tabla 3. Requerimientos de iluminación

Aplicación	Iluminación Candela-pie	Fluorescente Vatios/pie ²	Incandescente Vatio/pie ²
Destete	10	0,4	1,6
Crecimiento a término	5	0,2	0,8

Fuente: Pic: Manejo destete a venta,
<http://www.picperu.com/pdf/manual%20de%20manejo%20destete%20a%20venta.pdf>, pág. 10.

Las plantas porcícola por lo general están en ámbitos apartados de las cabeceras municipales, se debe resaltar que la iluminación se puede emplear en el ámbito de la seguridad o resguardo de la propiedad, puesto que ayuda a visualizar a distancia y en medio de la noche si hay personas o animales que irrumpen en la granja con el fin de llevarse como botín algún producto, o disuade de que suceda tal hecho.

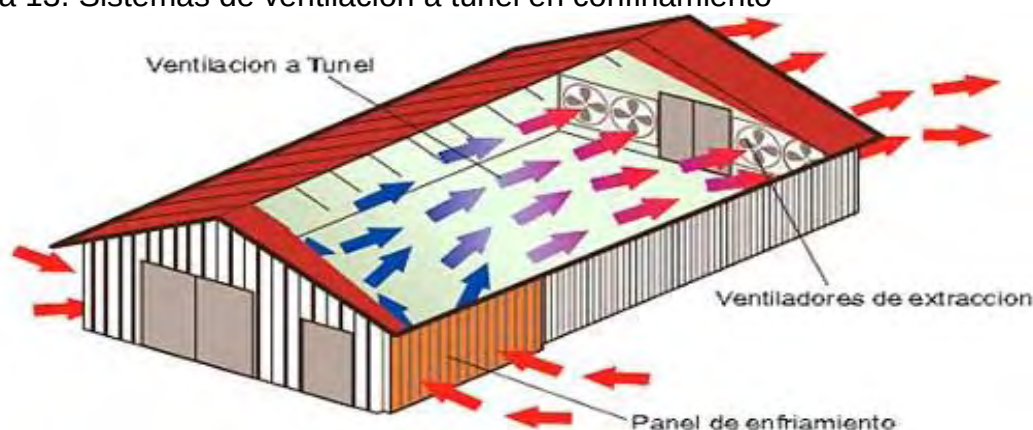
- **Condiciones sonoras en las instalaciones porcinas.** Es importante que se reduzca el ruido en el área de insensibilización o noqueo de los animales, pues eso contribuirá a que se mantengan en calma y se los pueda manejar con mayor facilidad. El ganado es más sensible que los seres humanos a los sonidos agudos, por lo que se recomienda poner silenciadores en los escapes de aire comprimido, o bien ubicar a éstos afuera de las instalaciones. Las puertas deben tener topes de goma para que no retumben. También conviene poner topes en el dispositivo inmovilizador, para que sea más seguro y silencioso al abrirse. Es mejor usar cañerías grandes y reemplazar las bombas de agua ruidosas por otras más silenciosas; hay marcas más silenciosas que otras. El uso de conexiones de goma entre las fuentes de energía y la cañería metálica sirve para impedir que el ruido de los motores se transmita por todas las instalaciones. Cualquier equipo nuevo que se ponga en las áreas de manejo y de noqueo deberá ser instalado de manera que haga el menor ruido posible¹⁴.

- **Requerimientos de ventilación en las instalaciones porcinas.** La función de la ventilación de una nave de cerdos es la renovación permanente del aire: efectuar una correcta evacuación de los gases nocivos, de los malos olores y del polvo; controlar la temperatura ambiente y la humedad (ver Figura 13). En países con climas extremos existen construcciones en las que el aire que entra a las naves es filtrado, calentado, humidificado y difundido homogéneamente para otorgar a los animales el mejor confort¹⁵.

¹⁴ GRANDIN. Temple, Traducción: GIMÉNEZ ZAPIOLA, Marcos. Op. Cit., p 25

¹⁵ UNIVERSIDAD DE SEVILLA. Op. Cit., p 30

Figura 13. Sistemas de ventilación a túnel en confinamiento



Fuente: Granjas porcinas en confinamiento,
http://www.aacporcinas.com.ar/articulos/instalaciones_porcinas_04-2013_granjas_porcinas_en_confinamiento_sistemas_construtivos_con_ventilacion_forzada.html

2.1.5 El uso de energía en la producción porcina. El uso de energía se explica por la calefacción, la ventilación, la producción de piensos y la distribución, y almacenamiento de lodos. La eficiencia energética es importante en el control de las emisiones a la atmósfera y el bienestar de los cerdos¹⁶. En las instalaciones los principales gastos se dan en:

- **Lactación.** Alrededor de una tercera parte de la energía utilizada en las explotaciones de producción de lechones se gasta en mantener las temperaturas óptimas en parideras. Los principales sistemas de calefacción utilizados en parideras son las lámparas de calor eléctricas o de gas y los suelos radiantes, el consumo se mide en kilowatt hora por cerdo (ver Tabla 4).

Tabla 4. Consumo energético del área de lactancia en una producción porcina.

	Nidos abiertos (lámparas eléctricas o gas)		Nidos cerrados (lámparas eléctricas)		Suelo radiante	
	Sin buenas prácticas	Con buenas prácticas	Sin buenas prácticas	Con buenas prácticas	Sin buenas prácticas	Con buenas prácticas
Utilización anual media (KWh/cerdo)	8,4	5,0	6,0	4,0	5,0	3,0

Fuente: http://www.3tres3.com/buscando/consumo-de-energia-en-las-explotaciones-porcinas_1470

- **Destete.** La mayoría de naves de destete incorporan calefacción y ventilación, siendo estos dos los que abarcan la mayor parte del gasto energético

¹⁶ EFFICIENT PIG PRODUCTION, Energy use in pic production, swarmhub, [en línea]
http://www.swarmhub.co.uk/sub_energy2.php?id=2863

en esta fase de la producción. La mayoría de construcciones destinadas a destete son las conocidas como flat-decks (ver Tabla 5).

Tabla 5. Consumo energético del área de destete en la producción porcina.

	Calefacción		Luz		Ventilación	
	Sin buenas prácticas	Con buenas prácticas	Sin buenas prácticas	Con buenas prácticas	Sin buenas prácticas	Con buenas prácticas
Utilización anual media (kWh/cerdo)	7,5	3,0	2,0	1,0	0,8	0,6

Fuente: http://www.3tres3.com/buscando/consumo-de-energia-en-las-explotaciones-porcinas_1470

- **Engorde.** En los engordes es la ventilación la que supone el mayor porcentaje de consumo de energía y tanto la elección del tipo de sistema de ventilación como su mantenimiento juegan un papel muy importante en la eficiencia. Tras la ventilación los otros parámetros que afectan sobre la utilización de energía son la iluminación y la alimentación (ver Tabla 6).

Tabla 6. Consumo energético del área engorde de la producción porcina.

	Ventilación	
	Sin buenas prácticas	Con buenas prácticas
Utilización anual media (kWh/cerdo)	7,2	4,0

Fuente: http://www.3tres3.com/buscando/consumo-de-energia-en-las-explotaciones-porcinas_1470

2.2 EXCRETAS PORCINAS

En la mayoría de las explotaciones ganaderas, existen las amenazas de bioseguridad que si no se toman en cuenta dañan el bienestar de las granjas porcinas y su producción. Una de las principales es la excreta, ya que se producen en gran cantidad y deben ser retiradas diariamente de los corrales y demás instalaciones. Hay dos formas en cómo se pueden considerar estos elementos: Como desecho de la alimentación de los animales sin pensar en ningún tipo de tratamiento, o bien como materia para reciclaje, para el caso, se toma la segunda opción¹⁷.

2.2.1 Composición de las excretas. Si se desea reciclar o procesar las heces del cerdo es vital conocer su composición. Es tal la cantidad de variables, que parecería imposible saber cuál es la composición del estiércol; sin embargo, como el tipo de explotación a tomar en cuenta es intensivo, se encuentran grandes

¹⁷ LANDÍN, Mariscal Gerardo. "Tratamiento de excretas de cerdos". Capítulo 7, Producción animal. 2007. P7. [en línea]. http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_porcina/00-produccion_porcina_general/63-excretas_cerdos.pdf

cantidades de cerdos de la misma edad, actividad productiva y sexo, que además están consumiendo los mismos tipos de alimentos, elaborados con las mismas materias primas y alimentados con los mismos programas, causando que la determinación de la composición del estiércol¹⁸ (Tabla 7) sea más sencilla.

Tabla 7. Composición nutritiva de excretas porcinas en base a % de la materia seca.

Concepto	%
Materia seca	26,43
Proteína cruda	15,87
Extracto etéreo	4,69
Fibra cruda	17,52
Cenizas	12,05
Extracto libre de nitrógeno	49,87
Calcio	0,61
Fosforo	1,36
Nutrientes digestibles totales	71,20
Pared celular	44,00

Fuente: Tratamiento excretas cerdos, http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_porcina/00-produccion_porcina_general/63-excretas_cerdos.pdf, pág. 9

2.2.2 Producción de excretas y contaminación ambiental. La cantidad producida de excretas se presenta en la Tabla 8. Varía básicamente por los factores ligados a: instalaciones, equipo, animal y alimento.

Los factores ligados a las instalaciones afectan principalmente el contenido de agua de las excretas, así como la emanación de gases; la cantidad retenida depende a su vez de la composición del alimento y de la capacidad del animal por fijar (depositar) los diferentes nutrimentos, principalmente el nitrógeno y el fósforo, por lo tanto el poder contaminante de las excretas es muy variable y depende básicamente de la calidad del alimento, del programa de alimentación y de la capacidad productiva de los cerdos de una granja¹⁹.

Tabla 8. Producción diaria de excretas según el tipo de cerdo.

Etapa	Estiércol kg/día	Est. + orina kg/día	Volumen l/día	Volumen m ³ /animal/mes
25 – 100 kg	2,3	4,9	7,0	0,25
Hembra	3,6	11,0	16,0	0,48
H. lactación	6,4	18,0	27,0	0,81
Semental	3,0	6,0	9,0	0,28
Lechón	0,35	0,95	1,4	0,05
Promedio	2,35	5,8	8,6	0,27

¹⁸ LANDIN, Gerardo Mariscal. Tratamiento excretas cerdos: capítulo 1. 2007. [en línea]. http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_porcina/00-produccion_porcina_general/63-excretas_cerdos.pdf

¹⁹ UNIVERSO PORCINO, El portal del puerco. Producción de excretas porcinas y contaminación ambiental. [en línea]. http://www.aacporcinos.com.ar/articulos/manejo_porcino_03-2013_produccion_de_excretas_porcinas_y_contaminacion_ambiental.html

Fuente: Tratamiento excretas cerdos, http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_porcina/00-produccion_porcina_general/63-excretas_cerdos.pdf, pág. 3

La contaminación generada por una granja porcina afecta al microambiente (la granja misma) y al ambiente en general. En lo que respecta al primero, se ha visto que la exposición a los gases producidos (amoníaco, sulfuro de hidrógeno, metano y bióxido de carbono) representa riesgos directos a la salud de los trabajadores y de los cerdos de la explotación. Esto es debido a que el amoníaco es irritante por lo que tiende a producir malestar en los cerdos²⁰.

Los impactos ambientales directos de la producción porcina intensiva son la contaminación del aire, suelo y agua por los “subproductos” (gases, heces y orina) originados durante el “proceso de producción” (crecimiento de los animales). Esto es debido básicamente a que la existencia de una alta concentración animal supone una producción alta de ruidos, olores y sobre todo de desechos orgánicos, heces y orina.

La acumulación de las excretas porcinas, en caso de no contar con procedimientos adecuados, contaminan, los mantos acuíferos, ríos, lagos y medio ambiente. Una alternativa para el manejo de estos residuos, es la utilización de plantas de tratamiento anaeróbico (en ausencia de oxígeno). Estos elementos reutilizan sus gastos de implementación con la producción de biogás, abono y eliminando elementos patógenos que pueden enfermar a los animales y a los operarios²¹.

2.3 BIODIGESTOR

Las plantas de tratamiento anaerobio se conocen en el ámbito común solo como biodigestores, gracias al biorreactor que tiene como eje central del proceso de descomposición de la biomasa (ver Figura 14). En términos generales, es un compartimiento hermético en el cual se fermenta la materia orgánica en ausencia de oxígeno. Como fruto del proceso de fermentación se obtiene un gas combustible llamado biogás y un efluente que puede ser directamente usado como abono o como acondicionador de suelo, pues nutrientes como el nitrógeno se torna más disponible, mientras los otros como el fósforo y el potasio no se ven afectados en su contenido y su disponibilidad²².

²⁰ LANDÍN, Gerardo Mariscal. Tratamiento excretas cerdos: capítulo 1. 2007. [en línea]. http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_porcina/00-produccion_porcina_general/63-excretas_cerdos.pdf

²¹ LANDÍN, Gerardo Mariscal. Tecnologías disponibles para reducir el potencial contaminante de las excretas de granjas porcícola, Capítulo 7. Depósito de documentos de la fao. [en línea]. <http://www.fao.org/wairdocs/lead/x6372s/x6372s08.htm>

²² IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). “Biomasa: digestores anaeróbicos”. 2007. [en línea]. www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10737_Biomasa_digestores_07_a996b846.pdf

Figura 14. Ciclo de desechos orgánicos empleando el biodigestor



Fuente: Biodigestores, <http://luffaorganica.blogspot.com/p/biodigestores.html>

2.3.1 Biodigestor Plástico de Tipo CIPAV. La Fundación CIPAV inició la investigación y promoción de biodigestores plásticos de flujo continuo en 1986. Como fruto de las investigaciones se han estado promoviendo biodigestores que van desde 3 hasta 100 metros cúbicos construidos con polietileno tubular calibre 8 o 6 con un diseño que incluye cajas de entrada y salida del material acuoso. Las principales ventajas de este tipo de biodigestor, comparado con otros diseños y materiales, son su bajo costo, su facilidad de construcción, instalación y manejo, y su mínimo mantenimiento²³ (ver Figura 15).

Figura 15. a) Biodigestor flexible tipo CIPAV en la granja Botana de la Universidad de Nariño, b) Esquema biodigestor tipo Cipav.



a) Fuente: Producción propia

b) Fuente: Biodigestor de bajo costo,

<http://bioreactorcrc.wordpress.com/2011/03/31/biodigestor-de-bajo-costos/>

²³ BRISEÑO FLORES, Walter Eduardo. OBTENCIÓN DE BIOGÁS. 22 de noviembre de 2010. [en línea]. <http://es.scribd.com/doc/77193057/MONOGRAFIA-DEL-BIOGAS>

2.3.2 Funcionamiento de los biodigestores. El biodigestor posee un conducto de entrada por el que se suministra la materia orgánica (estiércol animal o humano, aguas sucias de las ciudades, residuos de matadero, etc.) en conjunto con agua, y un conducto de salida en el cual el material ya digerido por acción bacteriana abandona el digestor²⁴. Se tienen tres clasificaciones del funcionamiento de estos birreactores²⁵.

- **Biodigestores de flujo discontinuo.** La carga de la totalidad del material a fermentar se hace al inicio del proceso y la descarga del efluente se hace al finalizar el proceso; por lo general requieren de mayor mano de obra y de un espacio para almacenar la materia prima si esta se produce continuamente y de un depósito de gas (debido a la gran variación en la cantidad de gas producido durante el proceso)²⁶.

- **Biodigestores de flujo semi-continuo.** La carga del material a fermentar y la descarga del efluente se realiza de manera continua o por pequeños baches (ej. una vez al día, cada 12 horas) durante el proceso, que se extiende indefinidamente a través del tiempo; por lo general requieren de menos mano de obra, pero de una mezcla más fluida o movilizada de manera mecánica y de un depósito de gas (si este no se utiliza en su totalidad de manera continua)²⁷. En esta clasificación se destacan:

- De cúpula fija (chino).
- De cúpula móvil o flotante (hindú).
- De tipo tubular, Taiwán, CIPAV o biodigestores familiares de bajo costo.

- **Biodigestores de flujo continuo.** Se usan generalmente para tratamiento de aguas residuales, tienden a ser grandes, de corte industrial, con sistemas comerciales para el control y gestión del proceso. La producción de Biogás es mucho mayor²⁸. Pueden ser:

- Sistema de desplazamiento horizontal (movimiento por pistón o gravedad).
- Sistema de tanques múltiples.
- Sistema de tanque vertical.

²⁴ GUALSAQUÍ, Juan. MORALES, Angélica. TOCAIN, Diego. Producción de biogás. [en línea]. <http://www.slideshare.net/Caps593/biogas-33770700>

²⁵ BOTERO BOTERO, Raúl. Biodigestor de bajo costo para la producción de combustible y fertilizante a partir de excretas, Manual Para Su Instalación, Operación y Utilización. Preston, Thomas R. 1987. [en línea]. <http://www.utafoundation.org/publications/botero&preston.pdf>

²⁶ PAREDES, Renzo, Biodigestores, academia.edu, [en línea] <http://www.academia.edu/5342641/Biodigestores>

²⁷ ARBELÁEZ, Paola. Et al. Biodigestores, universidad del valle colombia, 2013, [en línea], <http://es.slideshare.net/stevenmoreno/trabajo-biodigestores>

²⁸ CALVA, Carlos. Biodigestores, slideshare, septiembre de 2010, [en línea] <http://es.slideshare.net/ccalva/biodigestores-5169242>

En resumen, en todos los casos hay materiales que ingresan y abandonan el biodigestor, estos elementos se denominan **afluente** y **efluente** respectivamente. El proceso de digestión que ocurre en el interior del Biorreactor libera la energía química contenida en la materia orgánica, la cual se convierte en biogás²⁹.

- **Entrega del biogás en un biodigestor de bajo costo.** Un punto que se debe verificar en el funcionamiento de los biodigestores es el transporte del gas hacia los espacios donde es necesario su uso: Se toma como relevante este apartado debido a que se debe tener un control básico del combustible, como es una llave de paso y un sistema de liberación de presión o válvula de seguridad, con el fin de formar un sello de agua que permita el paso del biogás en condiciones normales, y que a su vez deje escapar el exceso de presión evitando la ruptura del biodigestor plástico³⁰ (ver Figuras 16).

Figura 16. Transporte de biogás desde biodigestor de bajo costo a las instalaciones del área de porcinos. a) válvula de seguridad, llave de paso y filtro de agua, b) salida del biodigestor, c) filtro de sólidos con esponjas de alambre.



Fuente: Producción propia

2.4 BIOGÁS.

2.4.1 Definición. Con el término biogás se designa a la mezcla de gases resultantes de la descomposición de la materia orgánica realizada por acción

²⁹ BIODIGESTOR. Documento disponible en línea en:

<https://www.uploadss.s3.amazonaws.com/biodigestor-u-1313887514504-b-u.docx>

³⁰ EVARISTO ACEVEDO. Leonardo. Comportamiento de cerdos: Sistemas de producción y su interacción con los nutrientes. Engormix. Abril 2011. [en línea]. <http://www.engormix.com/MA-porcicultura/manejo/articulos/comportamiento-cerdos-sistemas-produccion-t3319/124-p0.htm>

bacteriana en condiciones anaerobias (ausencia de oxígeno), se puede encontrar en pantanos, letrinas, animales y en especial en los biodigestores³¹.

Los principales componentes del biogás son el metano (CH₄) y el dióxido de carbono (CO₂). Pero también deben tenerse en cuenta los compuestos de menor cantidad, como el sulfuro de hidrógeno, que le da el olor a huevos podridos y es corrosivo³². Su composición se presenta en la Tabla 9.

El metano es el gas que le confiere las características combustibles al biogás. Por lo tanto, el valor energético estará determinado por su concentración (del 40% al 70% del volumen). Si se desea mejorar el valor calórico del biogás se debe limpiar de CO₂ y otros componentes.

Tabla 9. Componentes del biogás

Componente	Contenido
Metano, CH ₄	40 – 70 % volumen
Dióxido de carbono, CO ₂	30 – 60 %
Sulfuro de hidrógeno, H ₂ S	0 – 3 %
Hidrógeno, H ₂	0 – 1 %

Fuente: Los productos y los impactos de la descomposición de residuos sólidos urbanos en los sitios de disposición final, <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/gacetas/497/kiss.html>

2.4.2 Producción de biogás. El proceso se desarrolla por acción enzimática de los microorganismos que descomponen la porción fermentable de los residuos a través de diferentes fases, estas son:

- **Fase hidrolítica.** En la cual las bacterias descomponen los complejos orgánicos de los carbohidratos, lípidos y proteínas a compuesto más sencillos como azúcares.
- **Fase ácida.** En la cual se forman Formiatos, Acetatos, Propionatos, Etanol, Hidrógeno y Gas Carbónico. Durante esta fase el pH en el digestor baja a valores cercanos a 5 y luego se estabiliza entre 7 y 8,5. Los principales productos de la fermentación ácida: los cuales son la fuente de formación de metano, están en la Tabla 10.

³¹ VAMERO Moreno, María Teresa. Manual de biogás: Remoción de Barreras para la Electrificación Rural con Energías Renovables. 2011. [en línea].

www.olade.org/sites/default/files/CIDA/Biocomustibles/FAO/manual_biogas.pdf

³² LÓPEZ MENDOZA, Claudia. LÓPEZ SOLÍS, Omar Anthelmo. Diseño, construcción y puesta en operación de un biodigestor anaerobio continuo para el laboratorio de ingeniería química de la facultad de ciencias químicas de la universidad veracruzana. 2009. [en línea]. <http://cdigital.uv.mx/bitstream/12345678/932/1/LopEZ%20MENDOZA%20CLAUDIA.pdf>

Tabla 10. Productos principales de la fermentación ácida.

Nombre	Fórmula
Ácidos volátiles:	
Ácido fórmico	HCOOH
Ácido acético	CH ₃ COOH
Ácido propiónico o láctico	CH ₃ CH ₂ COOH
Ácido butírico	CH ₃ CH ₂ CH ₂ COOH
Ácido valérico	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ COOH
Ácido isovalérico	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ COOH
Ácido caprónico	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ COOH
Otros productos:	
Hidrógeno	H ₂
Dióxido de carbono	CO ₂
Metanol	CH ₃ OH
Metilamina	(CH ₃) ₃ N

Fuente: Valorización del estiércol de cerdo a través de la producción de biogás, <http://es.scribd.com/doc/136545255/3-2-Manual-Biodigestor>, pág. 7

- **Fase metanogénica.** Las bacterias anaerobias actúan sobre el sustrato de la fase ácida formando metano y gas carbónico, mediante la reducción del metanol y ácido acético³³. Algunos mecanismos típicos de formación de metano se muestran en la Tabla 11.

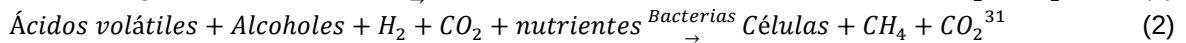
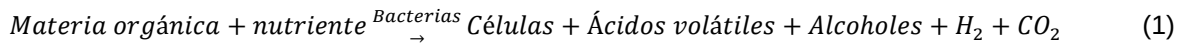
Tabla 11. Mecanismos típicos de la formación de metano

1. Descomposición de Ácido acético Bacteria acetilclástica	
CH ₃ COOH -----	→CH ₄ + CO ₂
CH ₃ COO ⁻ + H ₂ O	CH ₄ + HCO ₃ ⁻
2. Reducción de CO ₂ Metanógenas reductoras de CO ₂	
CO ₂ + 4H ₂ -----	→CH ₄ + HCO ₃ ⁻
3. Descomposición de ácido propiónico	
CH ₃ CH ₂ COOH + 0.5H ₂ O -----	→CH ₃ COOH + 0.25 CO ₂ + 0.75CH ₄
4. Descomposición de ácido fórmico:	
4HCOOH -----	→CH ₄ + 3 CO ₂ + 2H ₂ O
5. Descomposición de metanol:	
4CH ₃ OH -----	→3CH ₄ + CO ₂ + 2H ₂ O
6. Descomposición de metilaminas	
4(CH ₃) ₃ N + H ₂ O -----	→9CH ₄ + 3CO ₂ + 6H ₂ O + 4NH ₃

Fuente: Valorización del estiércol de cerdo a través de la producción de biogás, <http://es.scribd.com/doc/136545255/3-2-Manual-Biodigestor>, pág. 7

³³ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRESTRE. Guía ambiental para el subsector porcícola. Santa Fe de Bogotá: Dirección general ambiental sectorial. 2002. [en línea]. <http://www.minambiente.gov.co/documentos/porc%C3%ADcola.pdf>

Las ecuaciones verbales que resumen el proceso anaerobio, incluyendo crecimiento, son:



2.4.3 Factores que influyen en la producción de biogás. La actividad metabólica involucrada en el proceso metanogénico se ve afectada por diversos factores. Debido a que cada grupo de bacterias intervinientes en las distintas etapas del proceso responde en forma diferente a esos cambios. Entre los factores más importantes a tenerse en cuenta se tienen los siguientes:

- **Tipo de materia prima.** Las materias primas fermentables incluyen sus propios valores y eficiencia al momento de la producción de biogás. Dentro del espectro tenemos: excrementos animales y humanos, aguas residuales orgánicas de las industrias (producción de alcohol, procesamiento de frutas, verduras, lácteos, carnes, alimenticias en general, etc.), restos de cosechas y basuras de diferentes tipos. Para el caso solo se emplea las excretas de porcinos criados en la granja botana de la universidad de Nariño.

- **Temperatura del sustrato.** Para que se inicie el proceso se necesita una temperatura mínima de 4° a 5° C y no se debe sobrepasar una máxima de alrededor de 70 °C. Se realiza generalmente una diferenciación en tres rangos de temperatura de acuerdo al tipo de bacterias que predominan en cada una de ellas (ver Tabla 12).

La actividad biológica y por lo tanto la producción de gas aumenta con la temperatura. Al mismo tiempo se debe tener en cuenta que al no generar calor en el proceso, la temperatura debe ser lograda y mantenida mediante energía exterior. Los digestores que trabajan a temperaturas meso y termofílicas poseen generalmente sistemas de calefacción, aislamiento y control los cuales son obviados en digestores rurales económicos que trabajan a bajas temperaturas.

Tabla 12. Rangos de temperatura de acuerdo al tipo de bacterias.

Bacterias	Rango de temperaturas	Sensibilidad
Psiccrofílicas	menos de 20 °C	± 2 °C/hora
Mesofiolicas	entre 20 °C y 40 °C	± 1 °C/hora
Termofílicas	más de 40 °C	± 0,5 °C/hora

Fuente: Factores que afectan la producción de gas,
<http://www.textoscientificos.com/energia/biogas/factores>

La temperatura está íntimamente relacionada con los tiempos que debe permanecer la biomasa dentro del digestor para completar su degradación (Tiempo de retención Hidráulica, TRH). A medida que se aumenta la temperatura

disminuyen los tiempos de retención y en consecuencia se necesitará un menor volumen de reactor para digerir una misma cantidad de biomasa.

- **Inhibidores.** La presencia de metales pesados, antibióticos y detergentes en determinadas concentraciones pueden inhibir e incluso interrumpir el proceso fermentativo. En la Tabla 13 se dan valores de concentraciones de ciertos inhibidores comunes. Valores que se deben tomar como orientativos, puesto que las bacterias intervinientes pueden con el tiempo adaptarse a condiciones que en un principio las afectaba marcadamente³⁴.

Tabla 13. Inhibidores de la producción de biogás.

Inhibidores	Concentración inhibidora
SO ₄	5.000 ppm
NaCl	40.000 ppm
Nitrato (según contenido de Nitrógeno)	0,05 mg/ml
Cu	100 mg/l
Cr	200 mg/l
Ni	200-500 mg/l
CN (Después que se han domesticado las bacterias metanogénicas a 2-10 mg/ml)	25 mg/l
ABS (Detergente sintético)	20-40 mg/l
Na	3.500-5.500 mg/l
K	2.500-4.500 mg/l
Ca	2.500-4.500 mg/l
Mg	1.000-1.500 mg/l

Fuente: Factores que afectan la producción de gas,
<http://www.textoscientificos.com/energia/biogas/factores>

2.4.4 Adecuación de biogás. El biogás contiene múltiples compuestos químicos que causan conflicto a la hora de usarse en actividades propias de la granja, los más destacados son: sulfuro de hidrogeno que es altamente corrosivo; el CO₂ o bióxido de carbono, toxico y asfixiante, y agua en forma de vapor que influye negativamente en la quema directa del gas. Por tal razón se debe filtrar los compuestos que mayor daño puedan causar.

- **Filtro del sulfuro de hidrogeno (g) o ácido sulfhídrico (aq).** El ácido sulfhídrico se puede filtrar colocándolo a través de la tubería de conducción del biogás con: limadura de hierro (esponjillas de alambre de lavar ollas o limadura de tornos oxidadas, que lo convierten en Sulfato de hierro, el cual no es tóxico ni corrosivo) o bien Óxido de Calcio (una parte de Cal viva molida, disuelta en tres partes de agua, haciendo burbujear el biogás a través de la solución líquida. La solución se convierte en Sulfato de Calcio - YESO)³⁵.

³⁴ TEXTOS CIENTÍFICOS. Factores que afectan la producción del Biogás. [en línea].
<http://www.textoscientificos.com/energia/biogas/factores>

³⁵ CARMONA, Fabio Antonio. Et al. Utilización de biogás para operar motores a gasolina y diesel. Universidad EARTH, Costa Rica. 26 de febrero de 2007. [en línea]. <http://www.engormix.com/MA-porcicultura/manejo/foros/articulo-utilizacion-biogas-operar-t10686/124-p0.htm>

- **Filtro de bióxido de carbono.** El CO_2 se puede filtrar con: hidróxido de calcio o cal sodada (1 parte de cal viva molida por una de hidróxido de sodio molido) se coloca en un volumen poroso como la espuma para colchones y se hace pasar a través de ella el biogás, la reacción:



La reacción puede considerarse como una catalizada por una base fuerte, mientras que el agua la facilita.

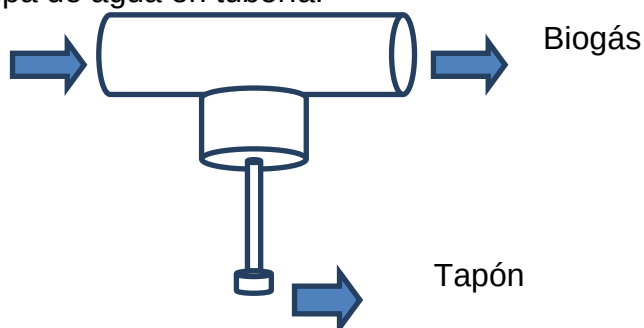
Pasos:



(NaOH pasa a la ecuación 5 como catalizador).³⁶

- **Filtro de agua.** La humedad se puede mitigar con Sílica-gel³⁷ (dióxido de silicio) en esferas o con trampas de agua a través de la tubería que transporta el biogás (ver Figura 17).

Figura 17. Trampa de agua en tubería.



Fuente: Producción propia

2.4.5 Aprovechamiento de biogás. La Tabla 14 muestra un aproximado del empleo de biogás respecto a diferentes tecnologías energéticas que pueden ser usadas dentro de las granjas productoras de ganado porcino, convirtiéndolo en una alternativa de fuente energética.

³⁶ REBREATHERS. Cal soldada: Todo sobre los recicladores de buceo. [en línea]. <http://rebreathers.es/calsodada.htm>

³⁷ QUIMINET. ¿Qué es la Sílica gel? Usos y aplicaciones, [en línea]. <http://www.quiminet.com/articulos/que-es-la-silica-gel-6215.htm>

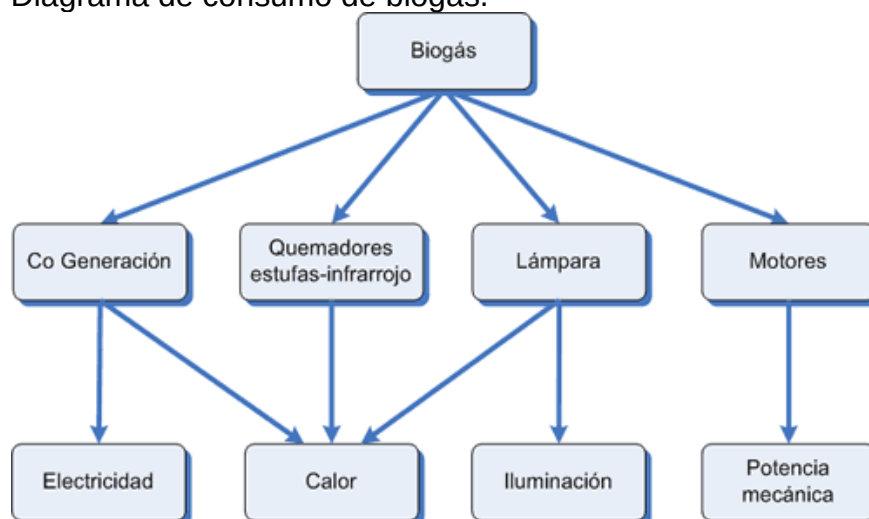
Tabla 14. Usos y aplicaciones de los diferentes sistemas de generación de energía

Usos	Solar	Eólico	Hidráulico	Biogás
Alumbrado	X	X	X	X
Cocina	X			
Bombeo agua		X	X	X
Industria mecánica y eléctrica		X	X	X
Industrias (eléctrica térmica) secado, destilación, agua caliente	X			X

Fuente: Valorización Del Estiércol De Cerdo A Través De La Producción De Biogás, <https://www.yumpu.com/es/document/view/12956991/valorizacion-del-estiercol-de-cerdo-a-traves-oiporc>, pág. 2

En principio el biogás puede ser utilizado en cualquier equipo comercial diseñado para uso con gas natural. La Figura 18 que se encuentra a continuación resume las posibles aplicaciones.

Figura 18. Diagrama de consumo de biogás.



Fuente: Usos del biogás, <http://www.textoscientificos.com/energia/biogas/usos>

Existen varios instrumentos que pueden utilizar el biogás como fuente de energía para su funcionamiento. En la Tabla 15 se muestran algunos dispositivos que pueden emplear este gas.

Tabla 15. Consumo de biogás en l/h y kcal / h considerando un poder calorífico de 6.000 kcal/m³

Uso	l/h	Kcal/h
Lámpara de capuchón	100	600
Quemador para estufa	320	1.920
Quemadores para horno	420	2.520
Estufa con 4 quemadores y 1 horno	2.068	12.408
Soplete de gas para plomero	250	1.500

Fuente: Valorización Del Estiércol De Cerdo A Través De La Producción De Biogás, <https://www.yumpu.com/es/document/view/12956991/valorizacion-del-estiercol-de-cerdo-a-traves-oiporc>, pág. 3

El poder calorífico del biogás (Tabla 16) lo convierte en un combustible apreciable, tanto en el ámbito doméstico, alumbrado y cocción de alimentos, como en la industria, en la producción de energía calorífica, mecánica o eléctrica al ser usado en calderas o en motores de combustión interna.

Tabla 16. Poder calorífico de diferentes combustibles y equivalente referido al biogás

Combustible	Poder calorífico kcal/m ³	Poder calorífico kcal/kg	Equivalentes a 1000 m ³ de biogás
Biogás	5.335	---	1.000 m ³
Gas natural	9.185	---	581 m ³
Metano	8.847	---	603 m ³
Propano	22.052	---	242 m ³
Butano	28.588	---	187 m ³
Electricidad	869 kcal/kw-hr	---	6.203 m ³
Carbón	---	6.870	776 kg
Petróleo	---	11.357	470 kg
Fuel oil	---	10.138	526 kg

Fuente: Valorización Del Estiércol De Cerdo A Través De La Producción De Biogás, <https://www.yumpu.com/es/document/view/12956991/valorizacion-del-estiercol-de-cerdo-a-traves-oiporc>, pág. 2

- **Calefacción con biogás.** La mejor manera de implementarla es con platos quemadores de flama abierta, por ventajas como: fácil implementación, control básico, disponibilidad en el sector comercial, construcción a medida, tamaño pequeño y adecuación sencilla, como el que se puede apreciar en la Figura 19. Adicional a esto se puede verificar de forma simple que el calor emitido sobre el plato metálico, lo calienta, convirtiéndose en un elemento que absorbe el calor de la llama al tiempo que refleja el mismo sobre su superficie. Así mismo, reduce en un cierto porcentaje la emisión de CO₂ a la atmosfera, ya que las partículas de hollín producto de la combustión quedan atrapadas, las cuales con un mantenimiento preventivo de la unidad, pueden ser eliminadas adecuadamente.

Figura 19. Quemador de fogón con plato

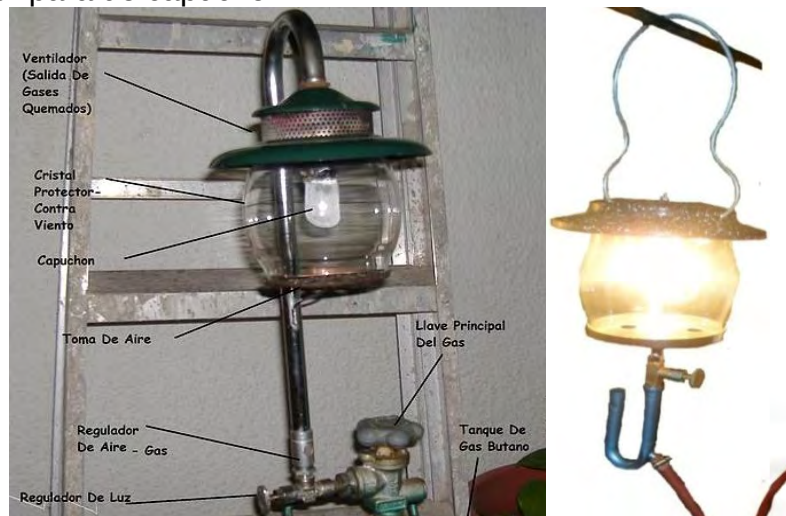


Fuente: Manual de uso y mantenimiento de unidad biodigestora, <http://appext.sica.int/eeppiWEB/files/1207598951606.doc>, pág. 12

- **Iluminación.** La lámpara de capuchón (ver Figura 20) es un dispositivo que puede ser empleado para la iluminación por sus diferentes ventajas: se conecta al conducto de biogás de forma sencilla, posee una llave de paso para control de flujo del gas, provee de seguridad al mantener la llama lejos del usuario y tiene en el vástago un aro selector de aire que se utiliza para regular la luminosidad. Para encenderla se abre lentamente la llave del gas hasta que el capuchón se inflame, se acerca una llama (fósforo, encendedor, etc.) a la camisa (capuchón) que actúa como candil reteniendo temporalmente el gas en un área mayor, produciendo una luz más intensa y blanca que la entrega los quemadores de flama abierta.

Cabe señalar que los capuchones son elementos textiles termo-resistentes, fabricados usualmente de algodón o seda y tratados con amianto (Asbesto), tienen una vida limitada y no deben manipularse mucho, pues es posible que se resquebraje la malla y termine rompiéndose. Aunque es normal que con el uso se desgaste el material que la conforma³⁸.

Figura 20. Lámpara de capuchón



Fuente: Lámpara de gas, http://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%A1mpara_de_gas

- **Generación de electricidad con biogás.** El biogás puede ser utilizado en motores de combustión interna tanto a gasolina como diesel. El gas obtenido por fermentación tiene un octanaje que oscila entre 100 y 110 lo cual lo hace muy adecuado para su uso en motores de alta relación volumétrica de compresión.

El biogás mezclado con aire puede ser quemado en un amplio espectro de artefactos descomponiéndose principalmente en CO_2 y H_2O . El requerimiento de aire mínimo está cerca del 21%.

³⁸ DEPSA. Instructivo de operación para lámparas a gas L.P Flamita de 300 y 600 bujías. Jalisco. México. 4 páginas. [en línea]. <http://www.depsa.com.mx/pdf/productos/instructivo-lamparas.pdf>

Este combustible es capaz de sustituir o ser usado conjuntamente con los combustibles fósiles, en sus aplicaciones cotidianas con simples modificaciones en el sistema de combustión interna, disminuyendo así el consumo de los mismos. En los motores de Ciclo Otto el carburador convencional es reemplazado por un mezclador de gases. Estos motores son arrancados con nafta y luego siguen funcionando con un 100% de biogás con una merma de la potencia máxima del 30%. Adicional a lo anterior, también se hace necesario señalar el efecto que produce la altitud sobre el nivel del mar frente al rendimiento del combustible, puesto que a mayor altura, menor cantidad de oxígeno. Teóricamente por cada cien metros sobre el nivel del mar disminuye en 1% el rendimiento de estas máquinas.³⁹

2.5 SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.

2.5.1 Definición. Se entiende por sistema de adquisición de datos (SAD) a la acción de medir variables, convertirlas a formato digital, almacenarlas en un computador y procesarlas en cualquier sentido. Este proceso necesita de una interfaz entre el mundo físico y el computador que se suele denominar como tarjeta o dispositivo de adquisición de datos (DAQ). Los SAD acogen los sensores, los DAQ y las computadoras, con el fin de aprovechar su potencia de procesamiento, la productividad, la visualización y las habilidades de conectividad (ver Figura 21).

Figura 21. Componentes de un SAD.



Fuente: ¿Qué es adquisición de datos?, <http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>

El proceso de adquisición de datos del mundo físico tiene tres pasos fundamentales: sensor, dispositivo de adquisición de datos (DAQ) y el

³⁹ COMISIÓN NACIONAL PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA. ¿Por qué varían los rendimientos de combustible?. México. [en línea]. http://www.conuee.gob.mx/wb/CONAE/porque_varian_los_rendimientos_de_combustible

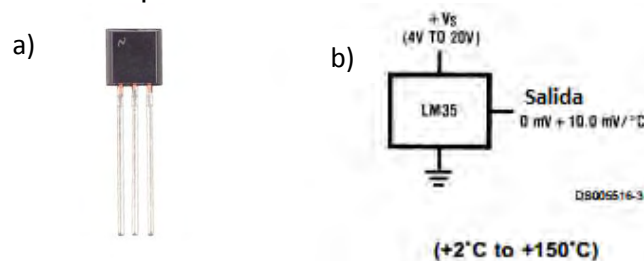
Computador, donde se hace el control de las transmisiones y el desarrollo de las aplicaciones con la información adquirida. Las partes del SAD⁴⁰ son:

- Utilización de un sensor o transductor adecuado para la variable que se desea medir, el cual permite detectar y convertir la variable física en una señal analógica de voltaje o corriente eléctrica.
- Acondicionamiento de la señal eléctrica: En esta etapa se resuelven problemas relacionados con la señal obtenida, como son el ruido, la amplitud y/o potencia de la señal, la no linealidad de la misma, entre otras.
- Traducción de la señal eléctrica al lenguaje binario, propio del conversor: Este proceso se conoce técnicamente como conversión Analógica/Digital (A/D)⁴¹.
- Control del flujo de información entre el dispositivo o tarjeta de adquisición de datos y el computador mediante el empleo de un protocolo o software.
- Aplicación de los datos que, en forma digital, podrán ser almacenados en la memoria del computador o ser procesados.

2.5.2 Sensor. Se considera como relevante para hacer un adecuado análisis de la producción de biogás y la búsqueda de alternativas que mejoren su eficacia, tres variables: la temperatura, la presión y la cantidad de metano: las cuales se destacan más adelante.

Para medir la temperatura se plantea el sensor LM35-DZ (Figura 22), por estar calibrado directamente en grados centígrados (°C), margen de operación entre (-55 °C y 100 °C), con una resolución de trabajo lineal de 10 mV/°C, alimentación entre (4 V y 30 V), baja impedancia y bajo costo (ver Anexo C).

Figura 22. Sensor de Temperatura LM35-DZ



a) Fuente: LM35DZ, sigma electrónica, <http://www.sigmaelectronica.net/lm35-p-142.html>

b) Fuente: LM35, Precision Centigrade Temperature Sensors, <http://www.sigmaelectronica.net/manuals/LM35.pdf>, pág. 1

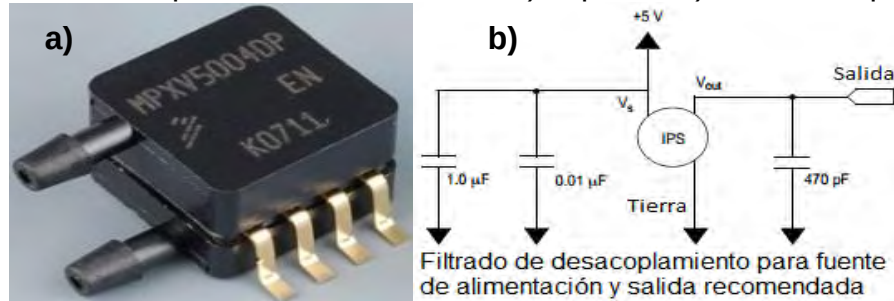
En el caso de la medición de presión, se destaca el sensor MPXV5004DP (Figura 23), en primer lugar por poseer dos entradas, con el fin de determinar la diferencia

⁴⁰ NATIONAL INSTRUMENT. ¿Qué es adquisición de datos? [en línea]. <http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>

⁴¹ GARCERÁN HERNÁNDEZ, Vicente. Configuración del sistema de adquisición de datos mediante PC. Departamento de Electrónica, Tecnología, Computadores y Proyectos. Universidad Politécnica de Cartagena. Murcia, España. 2010. 18 p. [en línea]. http://www.detcp.upct.es/Personal/Vgarceran3/Practica_1B.pdf

de presión entre dos puntos, como se hace necesario en tuberías instalada para el transporte del gas, maximizando la precisión de medida; trabaja con un error de 1.5% entre 0 y 100 mm H₂O o 0 a 3.92 KPa en un rango de temperatura de 10 °C a 60 °C y necesita una alimentación de 4.5 V a 5 V (ver Anexo D).

Figura 23. Sensor de presión MPVX5004DP, a) aspecto, b) conexión típica.

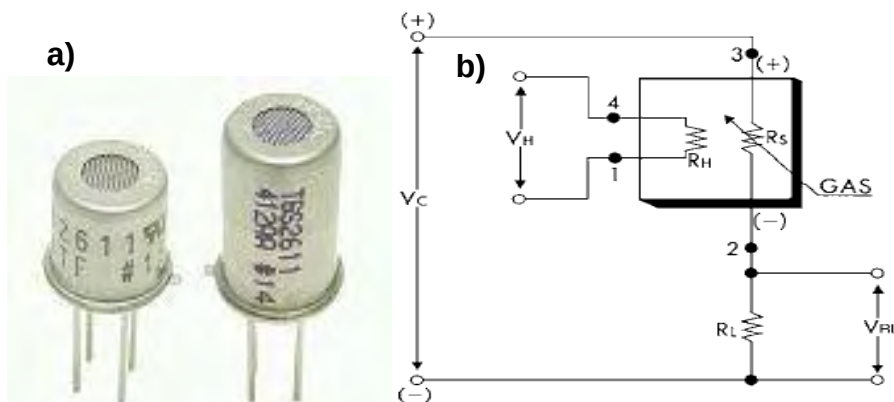


a) Fuente: MPVX5004DP, sigma electrónica, <http://www.sigmaelectronica.net/mpxv5004dp-p-1412.html>

b) Fuente: Integrated Silicon Pressure Sensor On-Chip Signal Conditioned Temperature Compensated and Calibrated <http://www.sigmaelectronica.net/manuals/MPXV5004G.pdf> pág. 5

- **Sensor de metano TGS2611-E00.** Bajo consumo, alta sensibilidad al metano, tamaño pequeño, implementación básica y referencia en aplicaciones de detección de gas en diferentes aspectos incluyendo aquellos que requieren de portabilidad (ver Figura 24 y Anexo E).

Figura 24. Sensor de Metano TGS2611-E00



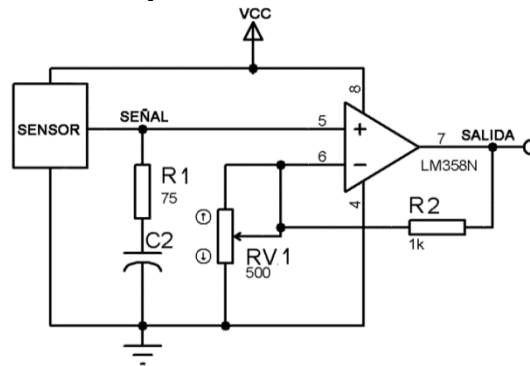
a) Fuente: TGS2611, sigma electrónica, <http://www.sigmaelectronica.net/tgs2611-p-1087.html>

b) Fuente: TGS 2611 - for the detection of Methane, <http://www.sigmaelectronica.net/manuals/TGS2611.pdf>, pág. 2

2.5.3 DAQ. El dispositivo de adquisición de datos se subdivide en dos etapas el acondicionamiento de la señal eléctrica y su conversión de analógica a digital.

La etapa de adecuación o acondicionamiento se puede realizar en forma básica con un filtro pasa-bajos para eliminar rangos de frecuencia indeseados de la señal⁴² (ver Figura 25).

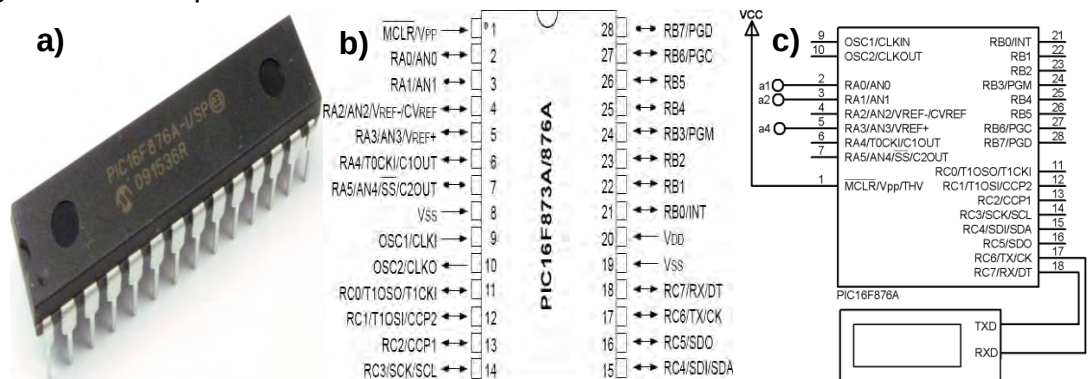
Figura 25. Circuito filtro Pasa-Bajos.



Fuente: Producción propia basado en Proteus

La conversión de las señales de análogas a digitales (ADC), se plantea con el dispositivo electrónico PIC16f876A (Figura 26), cuya función como elemento de conversión es el procesamiento y la comunicación bidireccional.

Figura 26. Microprocesador PIC 16f876A



a) Fuente: PIC16f876A/P, <https://solarbotics.com/product/28020/>

b) Fuente: Diagrama de pines pinout 16F876A, <http://www.bilbaoelectronics.com/pines-16f876a.html>

c) Fuente: Producción propia, basado en Proteus

El PIC16f8776A es un dispositivo que posee 5 canales de conversión ADC con una resolución de 10 bits, con lo cual es posible expandir a mediano plazo el número de variables a determinar; comunicación USART y paralela, existiendo la posibilidad de entregar información a otros dispositivos realizando la conexión

⁴² Miguel A. Pérez y otros, Instrumentación Electrónica, Ed. Thomson-Paraninfo. 2004. P10. [en línea] http://www.ele.uva.es/~lourdes/docencia/Master_IE/Acondicionamiento.pdf

adecuada; mayor memoria que sus antecesores y de dimensiones pequeñas⁴³ (ver Anexo F), convirtiéndolo en un elemento práctico y adecuado para la implementación y posteriores mejoras. En la Figura 26c se puede ver el esquema de conexión de los canales que se planea usar, así como las líneas de comunicación al dispositivo de recepción.

La consideración elemental de los costos de implementación sumada a la seguridad en la entrega de la información, lleva a prever que lo mejor es hacer uso del protocolo de comunicación RS232, que según la norma (RS-232) se especifica que se puede llevar a cabo una comunicación de hasta 15 m con velocidades bajas de no más de 20 kbps⁴⁴. Si bien la comunicación planteada es adecuada, se presentan eventos en los cuales se debe mejorar las características de señal, como cuando el cableado supera la distancia del estándar, razón por la cual se puede hacer uso de las tarjetas RS232 (ver Figura 27) de *Sigma Electrónica*, que convierte los niveles TTL a RS232 y viceversa (ver Anexo G), adicional a ello opera a una longitud de 30 m sin atenuación dando un rango de alcance más amplio.

Figura 27. Tarjeta RS232 de Sigma Electrónica



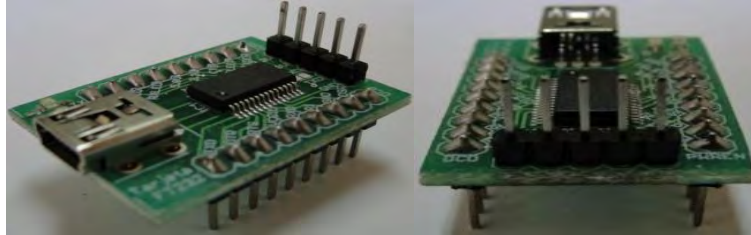
Fuente: Tarjeta RS232, Sigma Electrónica,
<http://www.sigmaelectronica.net/tarjeta-rs232-p-1144.html>

Finalmente se considera que algunos de los equipos de cómputo no hacen uso de puerto serial o puerto DB9, como el que posee la tarjeta RS232. Para considerar hacer uso del puerto USB en la recepción de la información, se puede tomar la tarjeta FT232 (Figura 28) que es un emulador de puerto de comunicación serial, como interfaz que convierte la comunicación UART-USB y viceversa, estableciendo el sistema de comunicación para cualquier equipo de cómputo con conexión USB. Así mismo se considera la facilidad en uso, dimensiones pequeñas y alimentación desde el puerto USB al que se conecte (ver Anexo H).

⁴³ Microchip Technology Incorporated, Printed in the U.S.A. 2001. Data sheet. [en línea]
<http://www.futurebots.com/16f877.pdf>

⁴⁴ Wikipedia. RS-232. [en línea]. <http://es.wikipedia.org/wiki/RS-232>

Figura 28. Tarjeta FT232 de Sigma Electrónica



Fuente: Tarjeta FT232, Sigma Electrónica,
<http://www.sigmaelectronica.net/tarjeta-ft232-p-1110.html>

Cabe aclarar que para llevar a cabo el diseño y las conjeturas sobre el comportamiento de los elementos electrónicos se realiza mediante software de simulación, en este caso, se usó Proteus de © *Labcenter Electronics*.

2.5.4 Computador. Los datos obtenidos mediante el subsistema DAQ deben ser almacenados, para posteriormente ser tratados, transportados y/o compartidos con la utilización de un computador. Lo cual hace empleando bases de datos estándar y el software capaz de: reconocer la comunicación pertinente, establecer conexión, reconocer los datos, almacenarlos y tratarlos. Por lo cual se requiere de un computador personal (PC) que realice dichas tareas.

Una particularidad se realiza en el programa Microsoft Visual Studio y Microsoft SQL Server, debido a que con el primero se puede establecer las comunicaciones necesarias, mientras que con el segundo se logra el almacenamiento de los datos en bases de datos y la administración de los mismos para poder visualizarlos más adelante con otro software como puede ser Microsoft Office, OpenOffice o algún otro con el que se pueda establecer

3. MARCO LEGAL

Los derechos y necesidades de gozar de un ambiente sano y de desarrollar mecanismos para la producción sostenible, ha permitido la expedición de la ley 99/93, que define los principios de gestión ambiental del país y la creación de diferentes entes encargados de velar por la protección ambiental, sin desatender los requerimientos de producción de las empresas agropecuarias, tales como el Ministerio de Medio Ambiente y el SINA (Sistema Nacional Ambiental). Así mismo se puede citar el referente para el departamento de Nariño, CORPONARIÑO.

La granja Botana de la Universidad de Nariño, se encuentra en proceso de certificación, razón por la cual debe ser adecuada para realizar labores de tal fin. Dentro de las instalaciones del programa porcícola se hace necesario adoptar las leyes que implican un adecuado desarrollo del mismo, entre las cuales se encuentran:

3.1 PERMISO DE CONCESIÓN DE AGUAS

Legalización del aprovechamiento de un caudal del recurso hídrico para una obra, actividad, proyecto o consumo, en el que se cumple con el DECRETO LEY 2811 DE 1974 y el DECRETO 1541 DE 1978, Por el cual se reglamenta la parte III del Libro II del decreto - ley 2811 de 1974: "De las aguas no marítimas" y parcialmente la ley 23 de 1973⁴⁵.

Art. 1º. Para cumplir los objetivos establecidos por el Art. 2 del Decreto - Ley 2811 de 1974, este Decreto tiene por finalidad reglamentar las normas relacionadas con el recurso agua en todos sus estados, y comprende los siguientes aspectos:

El dominio de las aguas, cauces y riberas, y las normas que rigen su aprovechamiento sujeto a prioridades, en orden a asegurar el desarrollo humano, económico y social, con arreglo al interés general de la comunidad.

La reglamentación de las aguas, ocupación de los cauces y la declaración de reservas y agotamiento, en orden a asegurar su preservación cuantitativa para garantizar la disponibilidad permanente del recurso.

⁴⁵ <http://corponarino.gov.co/modules/tramites/index.php?tipot=Todos>

Las restricciones y limitaciones al dominio en orden a asegurar el aprovechamiento de las aguas por todos los usuarios.

El régimen a que están sometidas ciertas categorías especiales de aguas.

Las condiciones para la construcción de obras hidráulicas que garanticen la correcta y eficiente utilización del recurso, así como la protección de los demás recursos relacionados con el agua.

La conservación de las aguas y sus cauces, en orden a asegurar la preservación cualitativa del recurso y a proteger los demás recursos que dependen de ella.

Las cargas pecuniarias en razón del uso del recurso y para asegurar su mantenimiento y conservación, así como el pago de las obras hidráulicas que se construyan en beneficio de los usuarios.

Las sanciones y las causales de caducidad a que haya lugar por la infracción de las normas o por el incumplimiento de las obligaciones contraídas por los usuarios.

La administración y manejo del recurso hídrico corresponde al Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente -Inderena-, salvo cuando esta función haya sido adscrita por ley a otras entidades, en cuyo caso estas entidades deberán cumplir y hacer cumplir las disposiciones de este Decreto, en conformidad con la política nacional y las normas de coordinación que establezca el Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, Inderena⁴⁶.

3.2 PERMISO DE VERTIMIENTOS

Legalización de proyectos existentes, cuyas actividades generen, en el que se cumple con el DECRETO LEY 2811 DE 1974 y el DECRETO 1594 DE 1984, Usos del agua y residuos líquidos⁴⁷.

Un resumen de las normas relacionadas con el proceso que debe ser llevado a cabo en una granja porcícola, razón por la cual se implementan biodigestores para cumplir con las mismas en el tratamiento de aguas y vertimiento de residuos sólidos puede verse en la Tabla 17

Tabla 17. Normas que reglamentan en uso y destinación de aguas y residuos sólidos.

Ley/Decreto	Año	Tema
Ley 23	1973	Norma que recogió los principios de la cumbre sobre medio ambiente humano y actúa como fundamento para la adopción y expedición del

⁴⁶ CORPONARIÑO. <http://corponarino.gov.co/expedientes/tramites/dec1541.html>

⁴⁷ CORPONARIÑO. <http://corponarino.gov.co/modules/tramites/index.php?tipot=Todos>

		código de los recursos naturales y protección al medio ambiente.
Decreto 2811	1974	Código de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente. Estatuto que integra y sistematiza lo relativo a la biodiversidad, manejo, uso y administración de los recursos naturales renovables. Regula el desarrollo de las actividades económico-productivas en los medios urbanos y rurales. Clasifica como bienes públicos de interés general para efectos de uso y aprovechamiento, el suelo, el agua, el aire, la flora y la fauna que hacen parte de los diversos ecosistemas existentes en territorio colombiano.
Decreto 1449	1977	Establece obligaciones a los propietarios de predios ribereños sobre vegetación protectora y conservación y aprovechamiento de las aguas
Decreto 1741	1978	Áreas de manejo especial
Decreto 1541	1978	Normas relacionadas con el recurso del agua y los recursos hidrobiológicos. Conservación y preservación de aguas no marítimas. Concesión de aguas
Ley 9	1979	Código Sanitario Nacional. Uso de aguas y vertimientos.
Decreto 100	1979	Código Penal colombiano. Art. 205 Contaminación de aguas. Art. 242 Aprovechamiento ilícito de recursos naturales
Decreto 2858	1981	Aprovechamiento de aguas
Decreto 3489	1982	Declaración de emergencia en suministro de agua
Decreto 2104	1983	Residuos sólidos. Prohibición de disponer residuos en cuerpos de agua, disposición final de basuras al mar, control de lixiviados para evitar contaminación de aguas superficiales o subterráneas.
Decreto 1594	1984	Usos del agua y residuos líquidos. Estatuto que contiene lo relativo a la disposición, de los vertimientos líquidos de origen residual, descargados en fuentes hídricas de uso público. Establece la norma de la calidad ambiental del agua para efectos de garantizar su composición físico-química y bacteriológica.
Res. 02309	1986	Residuos especiales
Constitución	1991	Arts. 78 – 82. Derechos colectivos y del ambiente
Ley 99	1993	Se crea el Ministerio del Medio Ambiente y el SINA (Sistema Nacional Ambiental). Establece los estudios de impacto ambiental, los diagnósticos ambientales de alternativas y los planes de manejo ambiental. En consecuencia crea la licencia ambiental. Régimen de tasas retributivas. Elabora el marco normativo sancionatorio con arreglo al procedimiento establecido en el decreto 1594 de 1984.
Ley 165	1994	Relativa al convenio sobre Diversidad biológica a la naturaleza jurídica y manejo, acceso a los recursos genéticos, a la tecnología y su transferencia.
Decreto 1753	1994	Se reglamentan los títulos VIII y CII de la Ley 99 de 1993, sobre Licencias ambientales, tipos y competencias.
Res. 189	1994	Residuos sólidos peligrosos. Manejo y disposición.
Decreto 948	1995	Control de la calidad de aire. Olores ofensivos. Estatuto que establece lo relativo a las emisiones atmosféricas y al control de ellas y del ruido en las áreas urbanas, suburbanas y rurales. Esta norma debe complementarse con la resolución 02 de

		1982, para efectos de reglamentar las descargas permitidas en la atmósfera.
Decreto 605	1996	Estatuto relacionado con la disposición de los residuos sólidos. Reglamenta la ley 142 de 1994, sin perjuicio de las normas y lineamientos que establezcan las autoridades sanitarias competentes.
Decreto 1791	1996	Establece el régimen de los aprovechamientos forestales. Persistente; Único; Aislado: Zonas urbanas, privadas o públicas.
Resolución 655	1996	Se establecen los requisitos y condiciones para la solicitud de licencia ambiental
Resolución 1397	1996	Se fija la escala tarifaria de los derechos causados por el trámite para el otorgamiento, renovación, la modificación y el seguimiento de licencia ambiental.
Resolución 0154	1997	Se establecen los términos de referencia genérica para la elaboración del estudio del impacto ambiental.
Ley 373	1997	Programa para ahorro del agua. Norma que contiene lo relativo a la protección de zonas de especial importancia acuífera, además de lo concerniente al reúso, economía y regulación del consumo del agua en los medios urbanos y rurales.
		Debe tenerse en cuenta para las diferentes actividades económicas incluidas la agricultura.
Ley 388	1997	Estatuto que modificó la ley 9ª de 1989, en lo relativo a la clasificación y usos del suelo: 1. Urbano; 2. Rural; 3. Expansión; 4. Protección.
Decreto 901	1997	Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa o indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se establecen las tarifas de estas.
Ley 357	1997	Contiene lo relativo a la protección de los humedales, el hábitat y la avifauna.
Decreto 475	1998	Estatuto que establece la norma de calidad físico, química, bacteriológica y organoléptica para efectos del consumo de agua potable.
Decreto 879	1998	Por el cual se reglamentan las disposiciones referentes al ordenamiento del territorio municipal y distrital y los Planes de Ordenamiento Territorial
Acuerdo 15 CAR	2000	Por medio de la cual se fija la meta de reducción de la carga contaminante por vertimientos puntuales en las cuencas que hacen parte del territorio donde ejerce jurisdicción.
Resolución 2640	2007	Por la cual se reglamentan las condiciones sanitarias y de inocuidad en la producción primaria de ganado porcino destinado al sacrificio para consumo humano.
Decreto 3570	2011	Por el cual se modifican los objetivos y la estructura del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y se integra el Sector Administrativo de Ambiente y Desarrollo Sostenible ⁴⁸ .

Fuente: Guía Ambiental para el Subsector Porcícola; Dirección General Ambiental Sectoral, [en línea]. http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias_Ambientales/Gu%C3%ADas%20Resoluci%C3%B3n%201023%20del%2028%20de%20julio%20de%202005/AGRICOLA%20Y%20PECUARIO/Gu%C3%ADa%20Ambiental%20para%20el%20subsector%20Porc%C3%ADcola.pdf, pág. 11.

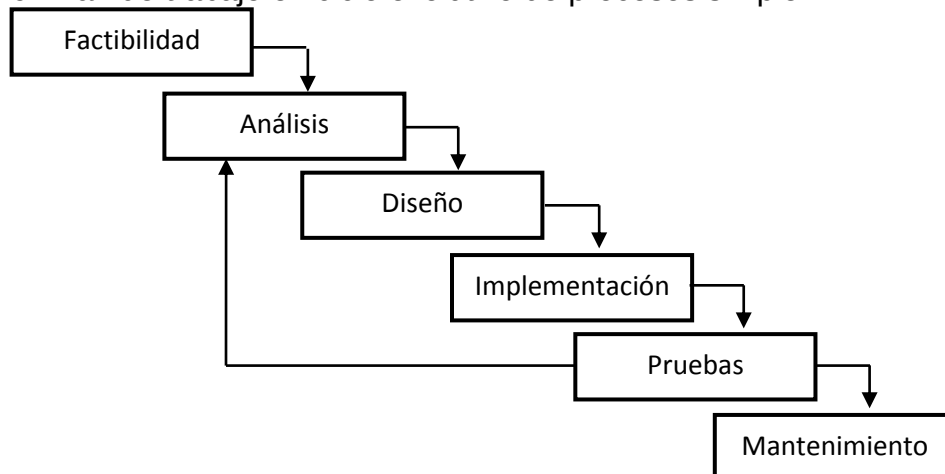
⁴⁸ DECRETO 3570 DE 2011, [en línea]

http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/decreto_3570_2011.html

4. METODOLOGÍA.

La investigación se realiza principalmente empleando internet, las fuentes de información dentro de las instalaciones de la granja experimental Botana y en bibliotecas de la ciudad de Pasto. Busca explorar la posibilidad de aprovechar el biogás producido en un biodigestor de bajo costo para emplearse en sistemas que puedan llegar a sustentar parte de alguna necesidad energética demandada en una producción porcícola de ciclo cerrado. El proyecto emplea una metodología de ciclo de vida clásica de 6 etapas para su desarrollo (ver Figura 29), la cual presenta una secuencia de actividades que consisten en: factibilidad, análisis, diseño, implementación y/o funcionamiento, pruebas y el mantenimiento^{49, 50}.

Figura 29. Plan de trabajo en ciclo evolutivo de procesos simple.



Fuente: Elaboración propia, basado en: Metodología Evolutiva de Desarrollo de Sistemas. Luis Castellanos. [En línea]. <http://desarrollodesistemas.wordpress.com/2009/07/21/metodologias-para-el-desarrollo-de-sistemas-de-informacion/>

4.1 FACTIBILIDAD.

Después de entregar el anteproyecto y recibir aprobación para realizar el estudio por parte del comité curricular de electrónica y del grupo de investigación Morasurco, de la Universidad de Nariño (Udenar), se da cumplimiento a esta fase.

⁴⁹ GARZÁS, Javier. "Ciclos de vida para gestionar un proyecto software: cascada, espiral, iterativo, incremental o ágil". 2013. [en línea]. <http://www.javiargarzas.com/2013/07/ciclos-de-vida-software.html>

⁵⁰ <http://www.scribd.com/doc/35015019/Metodologia-en-Cascada>

Para aumentar la factibilidad del proceso, se localiza un lugar que se dedique a la producción porcina y genere biogás en biodigestores de bajo costo o tipo Cipav, dos requisitos necesarios para el desarrollo del estudio. El doctor Hernán Ojeda, jefe de granjas de la Udenar, aprueba llevar a cabo el trámite en las instalaciones del programa porcícola de la granja experimental Botana (ver Figura 30).

Figura 30. Programa porcícola en la granja experimental Botana de la universidad de Nariño.



Fuente: Producción propia.

4.2 ANÁLISIS

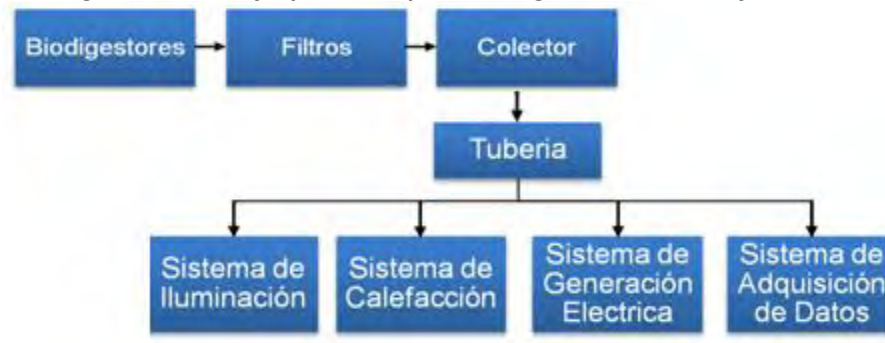
Mediante consultas en internet y referencias bibliográficas de la región se busca el tipo de variables a ser tomadas en cuenta y cuáles deben ser los sistemas de estudio; al mismo tiempo se indaga sobre algunas necesidades de energía en las secciones de producción porcina en la granja Botana de la Universidad de Nariño; buscando incentivar la investigación sobre el biocombustible se diseña un Sistema de Adquisición de Datos con elementos del mercado electrónico local y nacional. El proyecto explora la posibilidad de usar el biogás en áreas como: iluminación con lámparas de capuchón, calefacción con los quemadores de plato a flama abierta y generación de electricidad con motores de combustión interna de cuatro tiempos.

4.3 DISEÑO

Esta fase se enfoca en la concepción de los módulos de la investigación que se deben tener en cuenta para solventar los objetivos de este proyecto. El proceso se implementa mediante diagramas de flujo que describen las secciones a tener en cuenta para emplear Biogás en el programa porcino de la granja experimental

Botana y deja los pormenores de la implementación de los sistemas dentro de la experimentación de cada sistema a implementar.

Figura 311. Diagrama de flujo para emplear biogás en la Granja Botana



Fuente: Producción propia

4.4 IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS

Se compra los artículos y elementos necesarios para el desarrollo del proyecto. La implementación se realiza empleando una combinación de materiales, herramientas y elementos como: multimetro, metro, mangueras, combustibles, llaves, destornilladores, pegamentos, cintas, motor de combustión interna, lámpara de capuchón, quemador de plato, software Visual Estudio y otros enseres que se usan para adecuar los equipos de los diferentes procedimientos en exploración. Las pruebas se efectúan a medida que se ponen en marcha los diferentes diseños en el transcurso del proyecto, y solo se enfocan a explorar si es posible emplear el Biogás como combustible en los sistemas diseñados (ver Figura 31).

4.5 MANTENIMIENTO

Los sistemas requieren de un continuo mantenimiento para garantizar el funcionamiento y el correcto monitoreo de algunas variables de la capacidad del biogás. Si se presentan fallas dentro de los sistemas, es necesario evaluar sus causas y proponer soluciones que eviten que el mismo problema ocurra en un futuro.

5. DESARROLLO Y ANÁLISIS

5.1 ANÁLISIS

El análisis se realiza en temas que influyen en la decisión de cual sistema se debe escoger en este estudio y sobre los recursos y necesidades que actualmente presenta el programa porcícola de la granja experimental Botana para hacer más factible de utilizar e implementar en las instalaciones porcinas.

5.1.1 Algunas necesidades básicas en la producción porcina. El objetivo de la planta es producir carne de cerdo, por lo cual se tiene como prioridad las variables que afectan dicho parámetro, estas se describen en la sección 2 en especial la parte 2.1.4 del Marco Teórico. En él se infiere que las necesidades básicas de producción porcina son: el confort, el alimento y el cuidado de los animales y operarios. También se puede deducir que a partir de biogás (ver sección 2.4) solo se les puede mejorar las variables de comodidad de los animales. Según las secciones 2.1.2, 2.1.3 y 2.1.4 se encuentra que tres factores son prioritarios en las instalaciones para optimizar la producción: calefacción, iluminación y ventilación. Sin dejar de lado el personal de trabajo y la electricidad que se emplea en el funcionamiento de equipos de laboratorio y oficina.

5.1.2 Consumo energético básico en el programa porcícola de Botana. La mayor relevancia en el consumo energético se presenta en las etapas de parideras y destetos, como se aprecia en la sección 2.1.3, en el estudio de Carbón trust⁵¹ y en Cómo Reducir los Costos en una Producción Porcina⁵² que acotan las opciones en la granja a:

- **Iluminación.** Se requiere porque mejora la seguridad de la granja y en la planta de producción intensiva de carne porcina. Además se emplea cuando hay actividades laborales en horarios sin luz solar e infiere en el comportamiento de los animales y su producción, volviendo indispensable los sistemas de iluminación.
- **Calefacción.** La planta porcícola de la granja Botana ya cuenta con un sistema parcial de quemadores de plato a flama abierta para calentar a los animales, este sistema se emplea en combinación con otros que demandan un mayor costo por que funcionan con corriente eléctrica, como las lámparas o bombillos infrarrojos y los termostatos de barras. Los sectores donde más se

⁵¹ CARBON TRUST. Energy Use in Pig Farming. Para descargar. [en línea]. <http://www.bpex.org.uk/environment-hub/energy/EnergyUsePigFarms.aspx>

⁵² Contenido y Disertantes del P.C.F.C.P. (Primer Curso Formador de Criadores de Porcinos) & Razas Porcinas. [en línea]. <http://razasporcinas.com/como-reducir-los-costos-de-energia-en-granjas-porcinas/>

utilizan estos elementos son aquellos de mayor sensibilidad a las temperaturas bajas: maternidad y corrales de destete (ver sección 2.1.4 y 2.1.2).

- **Ventilación.** Es una opción que se requiere para mantener la calidad del aire dentro de las instalaciones, requiere de elementos cuya base de funcionamiento es la electricidad. Por el momento la producción del ganado porcino se lleva con ventilación natural y no ha presentado mayores inconvenientes en cuanto a la producción y el bienestar de la granja, según afirma la responsable del programa porcícola, la zootecnista Kris Cortez.
- **Electricidad.** Este recurso brinda un soporte para una serie de actividades que impactan en la producción y en el bienestar de los animales y de los trabajadores, como: la preservación y estudio de espermatozoide, el manejo administrativo sistematizado de la sección porcícola, el manejo contable o su comunicación por internet.

En lo concerniente al programa porcícola de la Universidad de Nariño en la granja experimental Botana se recopila información de elementos y dispositivos empleados en los diferentes procesos de la planta porcícola y se relacionan con un promedio del consumo energético eléctrico diario como se muestra en la Tabla 18), los datos dependen de las circunstancias de producción que pueden ser muy variables ya que el nacimiento de los animales cambia semana a semana.

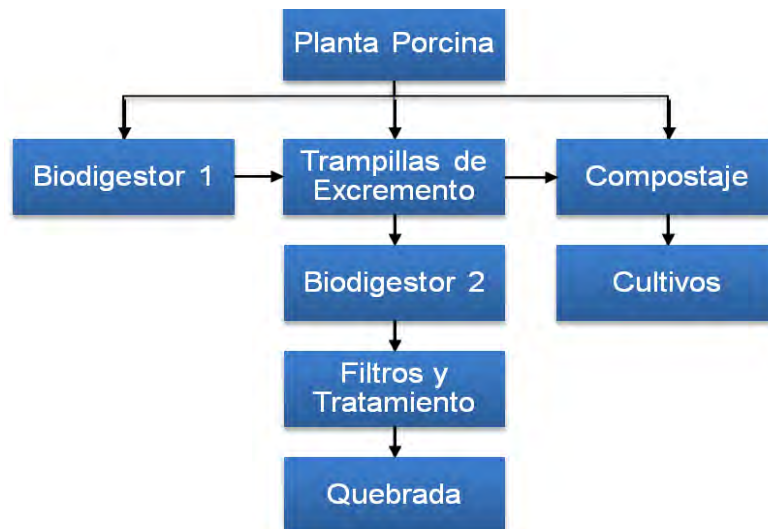
Tabla 18. Consumo energético promedio en el programa porcícola de la granja Botana

Equipo/elemento	Cantidad	lugar de uso	Carga (W)	Tiempo de uso (h/día)	Consumo (W/día)
Estufa Marca Haceb	1	Laboratorio	2.300	2	4.600
Unidad de refrigeración para semen (nevera climatizada 17 °C)	1	Laboratorio	550	24	13.200
calentador baño maría + termostato MT-156RVT PLUS	1	Laboratorio	1.150	1	1.150
microscopio Nikon Eclipse E110	1	Laboratorio	55	3	165
nevera 40 litros	1	Laboratorio	320	24	7.680
computador de escritorio + impresora + conexión a internet	1	Oficina	300	6	1.800
Bombillos Ahorradores 30 W	5	Varias	30	3	450
bombillo infrarrojo 250 W	21	Parideras	250	24	126.000
bombillo incandescente 250 W	9	Destetos	250	24	54.000
electrobomba 1/2 HP	1	Instalaciones	420	1	420
Total					209.465

Fuente: Producción propia

5.1.3 Biodigestores en Botana. Teniendo en cuenta las secciones 2.2, 2.3 y 2.4 del Marco Teórico y por su funcionamiento a flujo semi-continuo, alimentados con el agua resultante de la limpieza a las instalaciones del programa porcícola; y para tener una idea del tratamiento que se le da al sustrato que ingresa al biodigestor se describe el diagrama de bloque de la Figura 32, donde las heces fecales pasan de la planta a las secciones de Compostaje y secado mediante recolección de sólidos con carreta y pala; cuando el primer digestor está en mantenimiento o es desbordado por la cantidad de carga líquida esta pasa a unas Trampillas de excrementos para que al segundo Biodigestor solo lleguen partículas muy pequeñas menores a 3 milímetros. Después de pasar por un tratamiento extra con: Trampas de lípidos, cámara de oxidación y golpes del agua por gravedad, el agua de la granja llega al afluente hídrico (Quebrada o Riachuelo Botana).

Figura 322. Procesamiento de excretas porcinas en el área porcícola de la granja Botana de la universidad de Nariño.



Fuente: Producción propia

La granja experimental Botana de la Universidad de Nariño, cuenta con dos biodigestores (ver Figuras 33 y 34). **El biodigestor 1 de 10 m³** se instaló para que la granja se acogiera a las necesidades de preservación del medioambiente con la resolución 2640 del 2007 (ver Marco Legal). Por la cual se reglamentan las condiciones sanitarias y de inocuidad en la producción primaria de ganado porcino destinado al sacrificio para consumo humano y está en una etapa de desuso; mientras que el **segundo de 47 m³** se construyó por recomendación de la asociación colombiana de porcicultores mediante visita de ingeniero ambiental en el año 2013 (ver Anexo A) con el fin de cumplir con aspectos legales en relación a la manipulación de desechos de la producción porcina.

Figura 333. Biodigestor plástico tubular pequeño y antiguo de la granja Botana de la Universidad de Nariño. a) biodigestor y recubrimiento, b) vista lateral, c) interior



Fuente: Producción propia.

Figura 344. Biodigestor plástico tubular grande y nuevo de la granja Botana de la Universidad de Nariño. a) interior, b) vista lateral e c) desagüe



Fuente: Producción propia.

5.1.4 Producción de biogás en la granja Botana. En la granja no se tiene un registro de la producción de biogás en ninguno de los dos biodigestores por lo cual se calcula una aproximación de la producción del biodigestor viejo mediante los valores de consumo descritos en la Tabla 15 en la sección 2.4.5, donde la lámpara de capuchón consume 100 litros de biogás por hora y posee la misma abertura de paso que el quemador de plato a flama abierta empleado en el programa porcícola de la granja (cerca de 4 mm de diámetro). Ya que el dispositivo funciona 24 horas al día por cinco días a la semana alimentado por el producido del biodigestor viejo, según informa el encargado del mantenimiento Edwin Yovany Villota, se tiene que el consumo es de 2.4 m^3 de biogás al día ($24 \text{ horas} \times 100 \text{ litros/hora} = 2400 \text{ litros} = 2.4 \text{ m}^3$). Con el biodigestor más nuevo aun se tiene un proceso de adaptación por lo cual su producción es muy variable como para asegurar su producción semanal.

Otra aproximación del cálculo de producción de biogás en botana se obtiene del manual de construcción de un biodigestor por Botero y Preston en 1987⁵³ donde

⁵³ Botero & Preston. 1987. Biodigestores de bajo costo para la producción de combustible y fertilizante a partir de la excreta. Manual para su Instalación, operación y utilización. [en línea]. <http://www.utaoundation.org/publications/botero&preston.pdf>

se establece que el 75 % del volumen total del biodigestor está destinado para la mezcla de agua y excretas o fase líquida (afluente) y un 25 % del volumen para el gas. Por lo cual, al tener en cuenta el volumen de los biodigestores se puede obtener, en un caso ideal, que la producción de biogás es de 2.5 para el biodigestor viejo y 11.75 m³ para el nuevo. Pero como la producción depende de múltiples variables los valores cambian en un rango porcentual como se muestra en la Figura 35⁵⁴ dando como resultado un valor del gas de entre (0.5 a 4) m³ en el viejo y de (2.35 a 18.8) m³ para el nuevo.

Figura 355. Porcentaje del contenido en un biodigestor.



Fuente: Botero Botero Raúl MVZ, MSc. Universidad EARTH, Costa Rica Biodigestor de bajo costo, [en línea] <http://bioreactorcrc.wordpress.com/2011/03/31/biodigestor-de-bajo-costo/>

Al tener en cuenta el cálculo aproximado de la producción de biogás, es posible estipular el poder calorífico con que se puede llegar a contar en Botana. Tomando como referencia la tabla 16, se tiene que 1 metro cubico equivale a 5.335 Kilocalorías [kcal], para el caso 2.4 m³ de biogás para el biodigestor 1 son aproximadamente 12.804 kcal (2.4 m³ X 5.335 kcal/m³), para el biodigestor 2 se puede llegar a obtener un promedio de 62.686,25 kcal producidas por día. Si comparamos estos valores energéticos teóricos con los datos de consumo de la tabla 15 podemos encontrar el posible tiempo continuo para usar el biocombustible con el sistema de capuchón o del quemador a flama abierta, 5 días a la semana tiempo referenciado por el técnico de mantenimiento en el programa porcícola de la granja Botana, Yovany Villota.

5.1.5 Recopilación de información. En esta instancia se destaca los pocos estudios respecto al uso e implementación de la tecnología del biogás en la granja Botana. Actualmente se ha recopilado información de otras zonas del país y Latinoamérica, pero requieren adaptarse a las condiciones propias de la región. Con el fin de visualizar el actuar de algunas variables físicas sobre la capacidad de este gas en la granja Botana, por lo que se requiere de un sistema de adquisición

⁵⁴ Raúl Botero Botero MVZ, MSc. EL BIODIGESTOR DE BAJO COSTO, SU APOORTE A LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y SU POTENCIAL PARA REDUCIR LA POBREZA RURAL EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE, Universidad EARTH, Costa Rica, [en línea]. <https://bioreactorcrc.wordpress.com/2011/03/31/biodigestor-de-bajo-costo/>

de datos que sea capaz de recopilar información sobre algunas variables influyentes en la calidad y estado del combustible.

Aunque son muchas las variables a tener en cuenta a la hora de visualizar parámetros físicos en el biogás (ver sección 2.4), se destaca: la temperatura, el nivel de metano y la presión. Estas debido a su viabilidad económica y posibles estudios a futuro dentro de la granja.

- **Metano:** porque a mayor densidad en el biogás mejor desempeño brinda en los diferentes usos o aplicaciones dentro de la planta porcícola.
- **Temperatura:** debido a que es una variable que predomina en la producción del biogás (ver sección 2.4.3) que está estrechamente ligado a los factores climáticos y directamente relacionados con la teoría de los gases como la ley de Charles, Gay Lussac o la ley de gases ideales que se pueden emplear para obtener información sobre el biogás en estudios futuros.
- **Presión:** ya que es un parámetro que puede ayudar a solventar inconvenientes técnicos dentro de las instalaciones y se tiene muy en cuenta a la hora de emplear un gas.

5.2 DISEÑO

Los diagramas de flujo se diseñan en relación a los cuatro procedimientos que son objeto de estudio, para buscar la posibilidad de llegar a implementar cada uno de los sistemas en las instalaciones del programa porcícola de la granja Botana, sea de manera piloto o en exploración para futuros usos (ver figuras 36 a 39).

Figura 36. Sistema de iluminación



Figura 37. Sistema de calefacción



Figura 38. Sistema de producción eléctrica



Fuente: Producción propia

Figura 39. Sistema de adquisición de datos

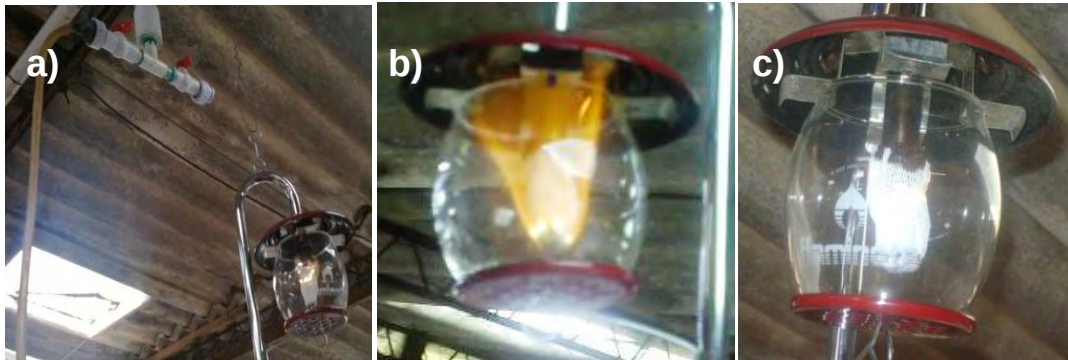


Fuente: Producción propia.

5.3 IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS.

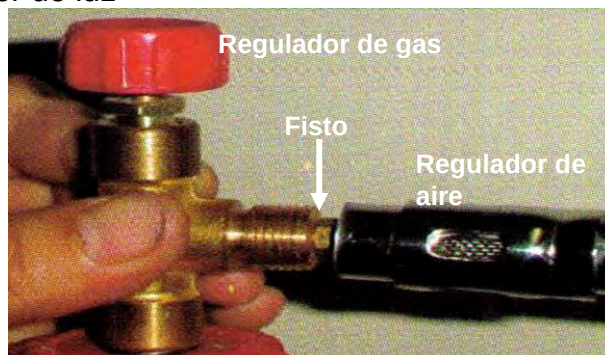
5.3.1 Sistema de iluminación. En el momento la iluminación del programa porcícola de la granja Botana se realiza con 5 bombillos ahorradores de 30 vatios. Como una opción alterna y en un nivel exploratorio, se hace uso de una lámpara de gas GLP, Marca Flamineta de la empresa DEPSA (Figura 40), por su bajo costo (80.000 Cop), se emplea con gas natural y puede ser adaptada para utilizar biogás en su funcionamiento con un cambio del Fisto (dispositivo que mantiene el diámetro de la abertura por donde pasa el gas) (ver Figura 41).

Figura 40. Lámpara de capuchón; a) lámpara apagada, b) máximo de combustible, c) iluminación blanca



Fuente: Producción propia

Figura 41. Regulador de luz



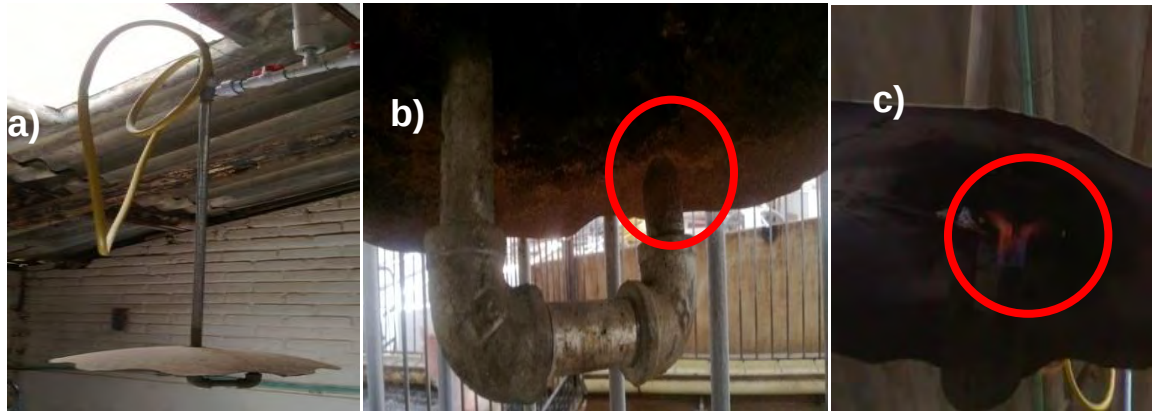
Fuente: Instructivo de operación para uso de lámparas a gas L.P de 300 y 600 bujías, <http://www.depsa.com.mx/pdf/productos/instructivo-lamparas.pdf>, pág. 3

Prueba. Es necesario señalar que en la instalación y puesta en funcionamiento de la lámpara cuando se conectó a las tuberías que transporta el biogás, se tuvo cierto inconveniente relacionado con la presión, ya que en un principio se proyecta un rango de luz muy tenue, razón por la cual se manipuló el regulador de gas (ver Figura 41), ampliando el ancho de paso para el mismo, finalmente se optó por eliminar el fisto. Con la experiencia se obtuvo que un diámetro de 2 mm inicia el proceso de iluminación con la lámpara aunque se logró un mejor resultado cuando el ducto tiene un ancho de 3 mm.

5.3.2 Sistema de calefacción. El programa porcícola de botana cuenta con un sistema de calefacción de quemadores de plato a flama abierta (ver Figura 42), construido por los trabajadores de la granja de forma empírica para brindar calor sobre las jaulas de precebos y sobre las parideras. El conjunto se construye a partir de tubo de media pulgada, codos galvanizado y un plato de arado ya en desuso (Figura 42b y 42c), se conecta a la tubería que transporta el biogás por medio de una manguera y acople universal, la regulación de la flama se realiza mediante una llave de paso ubicada en las terminales donde se conecta cada quemador (ver Figura 42a). En las áreas resaltadas se enciende la flama de forma equivalente a una estufa a gas de una hornilla, con fósforos, mecheras, etc., el diámetro de la abertura en la punta es de 3 a 5 milímetros dependiendo de cuál de los 6 quemadores se mida.

Se puede mejorar el funcionamiento del instrumento de calefacción mediante el aumento de la presión del biogás, ya sea con un colector o cambiando el nivel de las válvulas de seguridad de los biodigestores. También se puede fomentar el cambio del diseño del calefactor como se observa en la Figura 43 recomendada en la página 78 del **seminario – taller biodigestores** “Promoción y aportes para mejorar la competitividad rural en el Perú”. Presentado en Lima Perú el 23 y 24 de noviembre del 2011.

Figura 42. Platos quemadores a flama abierta



Fuente: Producción propia

Figura 43. Quemador de plato



Fuente: Botero, R. 2011. El biodigestor de bajo costo, su aporte a la mitigación del cambio climático y su potencial para reducir la pobreza rural en América latina y el Caribe. [En línea] http://www.minag.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/bioenergia/seminario_biodigestores/bio_prom_aportes.pdf

5.3.3 Generación de electricidad. Adicional a las primeras impresiones del desarrollo de este trabajo, se elige realizar algunas pruebas de carácter práctico sobre la generación de energía eléctrica a partir de biogás como combustible para su funcionamiento con un motor a combustión interna de cuatro tiempos (4T) (ver sección 2.4.5) de referencia EF1600 Yamaha, reusado. Lo cual muestra que es posible desarrollar esta tecnología de energía alternativa para la producción eléctrica en la granja Botana. También se debe tomar en cuenta aspectos relacionados con el clima, la efectividad en relación a nivel del mar y características propias del combustible y de la maquina (ver Figura 44).

Figura 44. Generador eléctrico Yamaha EF1600

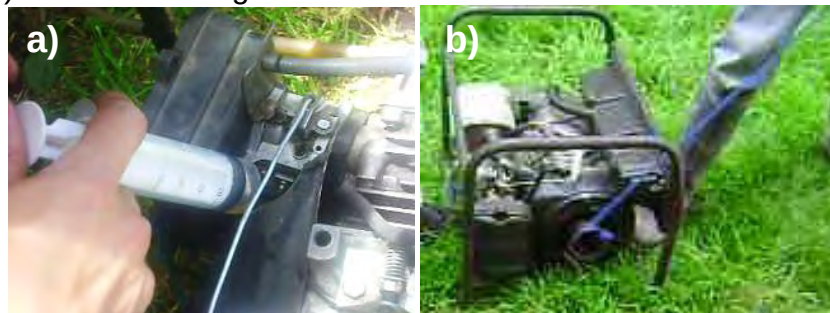


Fuente: Produccion propia

El generador tiene un motor 4T, su precio es de 400 000 pesos y por tratarse de un equipo de segunda mano, se realizaron ajustes y reparaciones necesarias para garantizar el funcionamiento del mismo. Al laborar con biogás su eficiencia baja un máximo de 29 % del valor dado por el fabricante⁵⁵, considerando que por cada 100 m.s.n.m. baja 1% la eficiencia del motor (ver sección 2.4.5) y que la granja botana se encuentra a 2.820 m.s.n.m. Se obtiene teóricamente, que el motor adquirido podría producir una potencia de 684.8 W de los 1.600 W de potencia que en condiciones ideales debe entregar dicha máquina.

Se realizaron pruebas de funcionamiento del generador con pequeñas cantidades de gasolina, suministradas en la forma como se observa en la Figura 45a y arrancado de forma manual, ya que este dispositivo no cuentan con un sistema de ignición electrónico (ver Figura 45b). Los resultados se encuentran incluidos en la Tabla 17, en la misma se aprecia que el generador tiene un consumo promedio de 204,6ml/h: se calcula dividiendo la cantidad inicial de combustible cargado en el motor entre el tiempo de operación de la maquina y luego se multiplica por sesenta para colocar las unidades en minutos.

Figura 45. Administración de gasolina para el encendido; a)administracion de gasolina y b) encendido del generador de forma manual



Fuente: Produccion propia

⁵⁵ Universidad Nacional de Ingeniería. Instituto Motores - Facultad de Ingeniería Mecánica. "Uso del Biogás en Motores de Combustión Interna" [en línea]. http://www.motores.uni.edu.pe/pry_01.html

Tabla 19. Consumo de combustible del motor a gasolina 4T

Cantidad inicial de prueba (ml)	Tiempo (min)	Consumo (ml/h)
10	2.8	214,2
20	6.0	200,0
25	7.2	208,3
Promedio		207,5

Fuente: Producción propia

Se realiza adaptaciones del motor a gasolina. Ya que en un principio se probó ingresar el biogas de la misma manera como se suministra la gasolina (Figura 46). Pero los resultados fueron insatisfactorios por no mantener funcionamiento mayor de 20 segundos. El carburador (dispositivo encargado de preparar y entregar la mezcla aire-combustible al cilindro del motor) resulta como la causa de la inoperación adecuada de la maquina al emplear biogás como combustible.

Figura 46. Ingreso de biogas como combustible

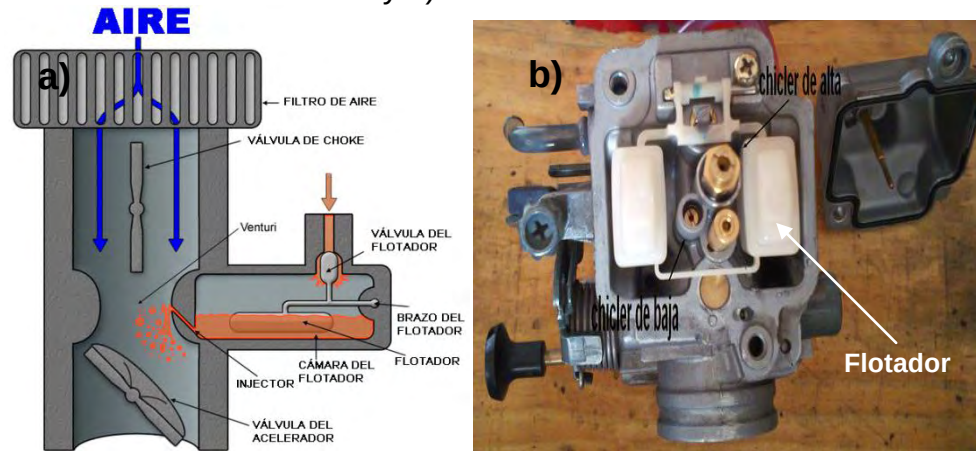


Fuente: Producción propia

Se resolvió manipular el carburador considerando que la falta de la proporción en la mezcla aire-biogás debería ser mayor. Se retiró la cubierta del filtro de aire, y se quitó el flotador del carburador (ver Figura 47), asegurando que exista suministro continuo de biogas y mayor paso de aire, al tiempo que se abrieron los chiclers (similares a tornillos de paso) que determinan la apertura de la inyección de combustible.⁵⁶

⁵⁶ WIKIPEDIA. Carburador. [en línea]. <http://es.wikipedia.org/wiki/Carburador>

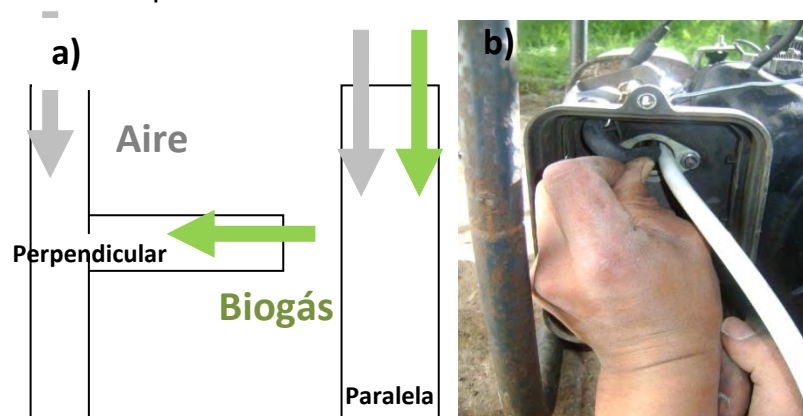
Figura 47. Parte interna de un carburador de motor a gasolina. a) principio de funcionamiento de un carburador y b) flotador en el carburador



Fuente: Produccion propia, basado en: Carburador, <http://es.wikipedia.org/wiki/Carburador>
 Fuente: Falla en carburación, <http://www.kawaclub.com.ar/foro/viewtopic.php?f=34&t=37744>

Tras realizar y revisar algunas consideraciones básicas, similares a las realizadas con los platos de llama abierta y la lámpara de capuchón, principalmente basados en la adaptación de los conductos de biogás y la apertura del mismo, equivalente a 8 mm de diámetro. Además de considerar la mezcla de aire-biogás en forma perpendicular y paralela: obteniendo los mejores resultados al ingresarlos de forma paralela Figura 48. Finalmente se obtuvieron los resultados deseados, el generador eléctrico funciona adecuadamente y de manera continua.

Figura 48. Mezcla aire-biogás a) tipos de Mezcla b) mezcla paralela usada en el generador eléctrico empleando la entrada del filtro de aire.



Fuente: Produccion propia

Finalmente se realizaron algunas pruebas de operación, con elementos básicos como son: bombillos que comunmente se usan en la granja y una herramienta de consumo medio (Taladro), para verificar la efectividad del sistema, como se observa en la Figura 49.

Figura 49. Pruebas de encendido eléctrico a) encendido de bombillos b) encendido de taladro



Fuente: Produccion propia

Un resumen de la carga soportada por el generador eléctrico puede ser visto en la Tabla 20.

Tabla 20. Carga de dispositivos electricos conectados al generador

Elemento	Consumo (W)	Cantidad	Consumo Total (KW/hora)
Bombillo Incandescente	60	12	0.720
Taladro percutor	650	1	0.650

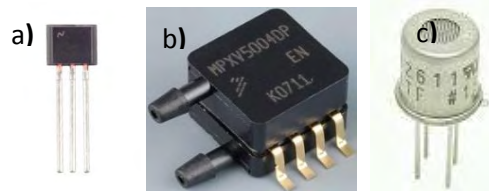
Fuente: Producción propia

Con estos datos se concreta que el producir energía eléctrica con el motor EF1600 de Yamaha a partir de biogás en la granja Botana llega a soportar una carga de 720 W por el tiempo que se mantenía la alimentación con el gas. Pero si este valor era superado, el voltaje provisto disminuía de entre 119 V - 108 V a entre 87.5 V - 61.5 V en las repeticiones de la prueba, percibiéndose disminución de iluminación en los bombillos y en el torque del taladro. Los costos de implementar esta fase exploratoria suman alrededor de 450.000 pesos, entre el alquiler del taladro, la compra del generador y materiales como: bombillos, cables, gasolina, clavijas, etc.

5.3.4 Sistema de adquisición de datos. Se procede a realizar una herramienta que nos permita analizar mejor algunas características físicas del biogás producido en una granja dedicada a la porcicultura. Este instrumento se conoce como sistema de adquisición de datos: la descripción de los elementos empleados se puede apreciar en la sección 2.5.

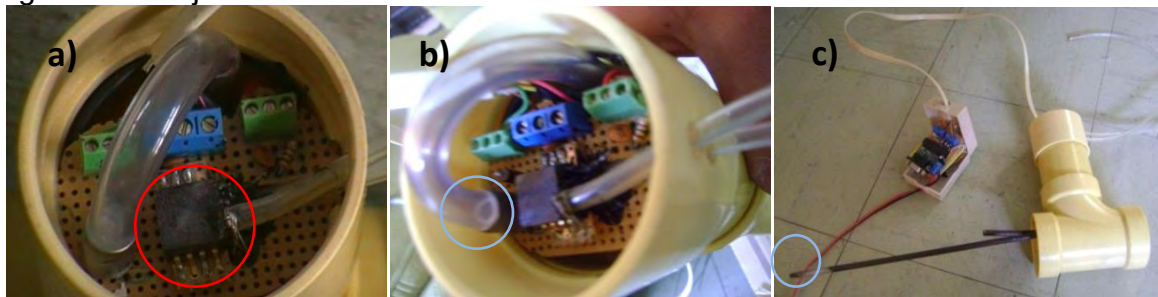
- **Sensores.** En la Figura 50 se pueden apreciar los sensores empleados. En la 50a está el de temperatura LM35, en la 50b el de presión MPX5004 y en la 50c el de metano TGS2611-E00. La tarjeta con los sensores implementados muestra en la Figura 51a resaltado en rojo el sensor de presión, en la 51b resaltado en azul se muestra el sensor de metano y en 51c el sensor de temperatura en violeta encajado en un soporte hermético y metálico que afectado muy tenuemente en las medidas, del orden de 0.5 grados centígrados.

Figura 50. Sensores implementados



Fuente: Sigma electrónica. [En línea]. <http://www.sigmaelectronica.net/sensores-c-25.html>

Figura 51. Tarjeta de sensores



Fuente: producción propia

Los sensores se escogen debido a las sus características y a la conveniencia del proceso de implementación. Se Resalta las variables del costo, la utilidad y la existencia en el mercado local o nacional (ver Tablas 21, 22 y 23).

Tabla 21. Sensores de Temperatura.

Sensor	Unidad de medida	Rango de medida	Resolución	Voltaje de operación (V)	Corriente de operación	Precio (cop)
LM335	Kelvin	- 40 °C a +100 °C	10 mV/°K	4 V a 15 V	400 uA a 5 mA	1000
LM35	Centígrados	-40 °C a +110 °C	10 mV/°C	4 V a 30 V	60 uA a 116 uA	2500
MLX90615	Centígrados	-20 °C a +85 °C	0.02 °C	3.6 V a 5 V	1.3 mA a 3 mA	34800

Fuente. Producción propia.

Tabla 22. Sensor de Metano.

Sensor	Usado en	Rango de detección (ppm)	Voltaje de operación (V)	Consumo (mW)	Sensibilidad	Pre calentamiento (días)
TGS2611-E00	Metano y gas natural	500 a 10000	5.0±0.2 DC	280	0.60 ± 0.06	7
TGS3870	Metano y monóxido de carbono	500 a 12500	5.0±0.1 DC	38	0.50 ~ 0.65	5
MQ-2	Butano, propano, metano, alcohol, Hidrogeno	5000 a 20000	5.0±0.1 DC/AC	800	~	1

Fuente: producción propia

Tabla 23. Sensor de presión

Sensor	Rango de presión (kPa)	Voltaje de operación (V)	Sensibilidad	Corriente de operación	Presión diferencial	Temperatura de operación (°C)
MPXM2102	(0 a 100)	10 a 16	0.4 mV/kPa	6 (mA)	no	-40 a +125
MPXV5004DP	(0 a 3.9)	4.75 a 5.25	1 V/kPa	10 (mA)	si	0 a +85
MPXV7002DP	(-2 a 2)	4.75 a 5.26	1 V/kPa	10 (mA)	no	10 a 60

Fuente: producción propia.

- **Dispositivo de adquisición de datos.** En la tarjeta DAQ mostrada en la Figura 52, se puede apreciar la tarjeta de comunicación RS232 y el conjunto de la etapa de adecuación para el dispositivo de adquisición de datos. En la fase de conversión análoga digital, y comunicación bidireccional se hace uso del PIC16f876A (ver Tabla 19), el cual debe estar grabado con la programación propia para las órdenes que requiere realizar, la misma se encuentra en el Anexo I (ver sección 2.5.)

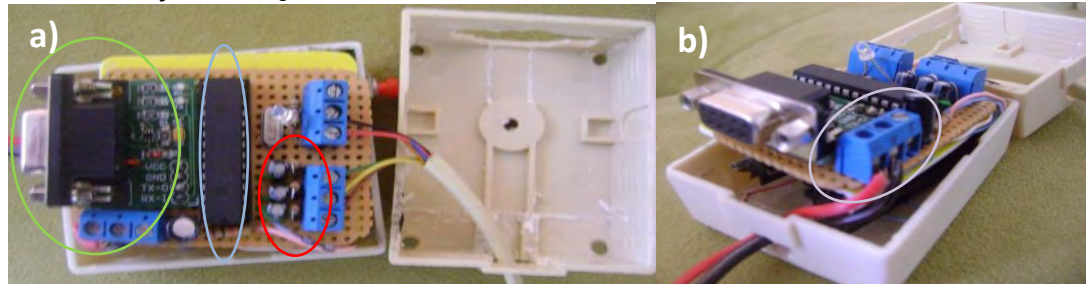
Tabla 24. Comparación de microcontroladores pic

Elemento	Memoria flash (kbytes)	Memoria RAM (bytes)	Eeprom (bytes)	ADC	Canal adc 10 bits	Usart	Comparador/ Analógico	Voltaje de operación VDC	Pines	Conexión usb
PIC12F675	1,75	64	128	si	4	no	1	2,0 - 5,5	8	no
pic16f876A	14,3	368	256	si	5	si	2	2,0 - 5,5	28	no
pic16f877A	14,3	368	256	si	8	si	2	2,0 - 5,5	40	no
pic18f2550	32	2048	256	si	10	si	2	2,0 - 5,5	28	si

Fuente: Producción propia

En la Figura 52a, se muestra resaltada en verde la tarjeta RS232, en azul el PIC16f876A y en rojo el filtro pasa bajos, esquema presentado en la Figura 25, mientras que en la Figura 52b, se presenta otra vista de la tarjeta, en donde además se señala la entrada de alimentación.

Figura 52. Tarjeta DAQ



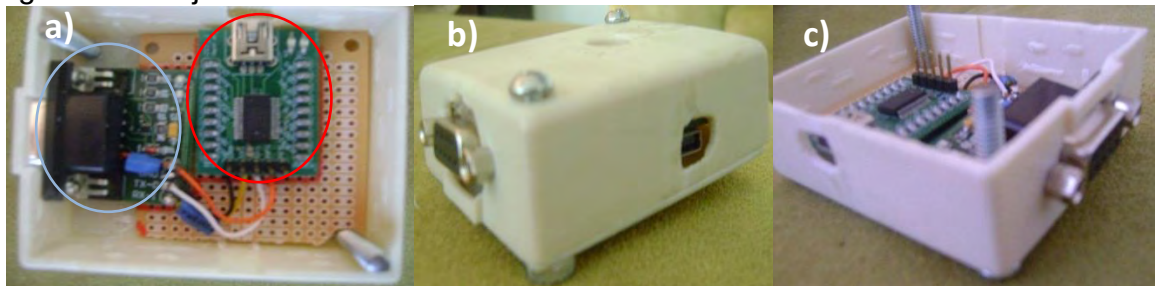
Fuente: Producción propia

También se requiere de la interfaz con la cual se hace conexión del equipo de cómputo mediante un cable miniUSB a USB, cuya descripción se realiza en la sección 2.5, haciendo uso de la tarjeta FT232, la cual esta resaltada en rojo en la Figura 53a, también se logra apreciar que se necesita de tarjeta RS232 (resaltada en azul) para establecer la comunicación desde el PIC hasta el computador, en las fases:

$$TTL - RS232 \rightarrow RS232 - TTL \rightarrow TTL - USB$$

Mientras que en las Figuras 53b y 53c se muestra la tarjeta en su caja y otra vista del interior de la tarjeta respectivamente.

Figura 53. Tarjeta de comunicación RS232-USB

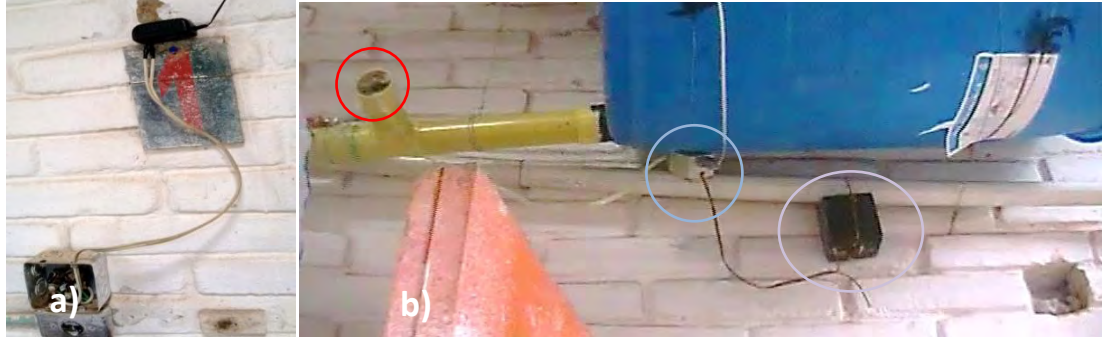


Fuente: Producción propia

Finalmente, se instala en la granja Botana en el área de porcinos, tal como se muestra en la Figura 54. En la misma se puede apreciar que se hizo uso de un adaptador de voltaje conectado a la red eléctrica (Figura 54a) para alimentar los circuitos necesarios para el adecuado funcionamiento de los sensores (Figura 54b resaltado en rojo) y el DAQ (Figura 54b resaltado en azul), Al tiempo que se establecieron un par de baterías (Figura 54b resaltado en violeta) de 6 V a 4 Ah,

tipo comercial, como alternativa de alimentación eléctrica, lo cual fue factible, con una duración promedio de 5 días continuos de suministro.

Figura 54. Instalación del sistema de adquisición de datos en el área de porcinos



Producción propia

Así mismo se puede ver en la Figura 55a el recorrido de aproximadamente 23 m desde el conducto principal del biodigestor hasta la oficina, en la Figura 55b, en donde se encuentra resaltado en amarillo la tarjeta de comunicación RS232-USB.

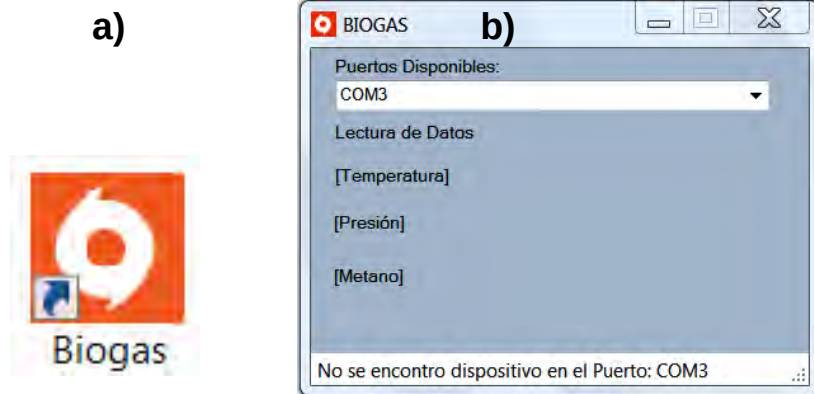
Figura 55. Instalación del sistema de adquisición de datos en el área de porcinos



Fuente: Producción propia

- **Computador.** Las necesidades de desarrollo llevan a diseñar un software con el cual sea posible la recepción de los datos provenientes del DAQ y almacenarlos de manera que se los pueda manipular posteriormente. De esta forma se crea el programa “*Biogas*”, cuyo icono y apariencia se puede apreciar en la Figura 56.

Figura 56. Software *Biogas*



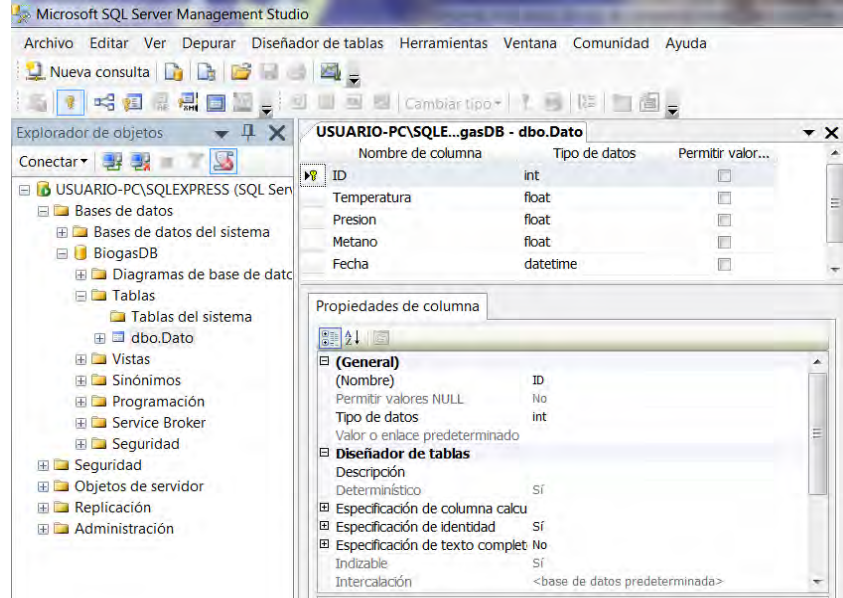
Fuente: Producción propia

El programa, desarrollado en Visual Studio, cuyo código de programación puede ser visto en el Anexo J, se encuentra habilitado para comunicarse con el DAQ y entregar en forma numérica el valor medido de presión, temperatura del gas y las partes por millón de metano existente en el punto de muestreo, al igual que la fecha y el tiempo de registro de la misma, comportándose básicamente como un sistema de reporte.

En la Figura 56b, se muestra la interfaz de usuario, en la cual se encuentra un menú desplegable con los puertos disponibles, y en el que se selecciona el puerto serial o de comunicación para el protocolo RS232 en el cual se conectó el DAQ. Pasó seguido, la programación indica un evento para determinar por realimentación si se ha establecido comunicación con el DAQ (ver Anexos I y J), enviando una orden y esperando respuesta. Si se recibe una señal afirmativa, se procede a tomar la lectura de las variables y se almacenan en base de datos creada mediante Microsoft SQL Server. Caso contrario, si no se recibe respuesta, el puerto de comunicación es restaurado y el programa presenta el mensaje “No se encontró dispositivo en el puerto: COMx”, donde “x” representa el numeral tomado por el puerto de comunicación.

La información se almacena en bases de datos (Figura 57), para posteriormente ser manipulada a conveniencia del usuario. Para este caso y como medio demostrativo se realizó este proceso en el programa Excel de Microsoft Office 2010, logrando una visualización de los datos como la que se presenta en la figura 58a, en el que la única consideración es la necesidad de *Habilitar contenido*, para establecer conexión con base de datos y posteriormente aplicar en la pestaña *Datos* y clic en el icono de *Actualizar todo* (ver Figura 58b), de esta forma los datos que se hayan adquirido son agregados a este archivo.

Figura 57. Base de datos implementada en Microsoft SQL Server

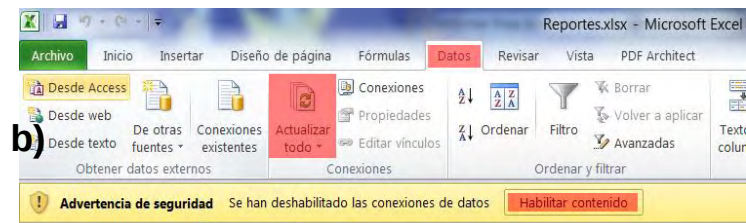


Fuente: Producción propia

Figura 58. Conexión de Excel con base de datos

a)

	A	B	C	D	E
1	ID	Temperatura (°C)	Presion (Pascal)	Metano (%)	Fecha y Hora
2	1289	13,65126	1.775,54126	98,19126	29/06/2013 10:16
3	1290	14,25366	1.776,14366	98,79366	29/06/2013 10:17
4	1291	14,17812	1.776,06812	98,71812	29/06/2013 10:17
5	1292	14,24886	1.776,13886	98,78886	29/06/2013 10:18
6	1293	14,20530	1.776,09530	98,74530	29/06/2013 10:18
7	1294	13,82405	1.775,71405	98,36405	29/06/2013 10:19
8	1295	13,75237	1.775,64237	98,29237	29/06/2013 10:20
9	1296	13,59146	1.775,48146	98,13146	29/06/2013 10:20
10	1297	14,17082	1.776,06082	98,71082	29/06/2013 10:21
11	1298	14,01359	1.775,90359	98,55359	29/06/2013 10:21
12	1299	13,62263	1.775,51263	98,16263	29/06/2013 10:22
13	1300	13,49709	1.775,38709	98,03709	29/06/2013 10:22
14	1301	13,81002	1.775,70002	98,35002	29/06/2013 10:23
15	1302	14,18202	1.776,07202	98,72202	29/06/2013 10:23
16	1303	13,89316	1.775,78316	98,43316	29/06/2013 10:24
17	1304	13,62049	1.775,51049	98,16049	29/06/2013 10:40

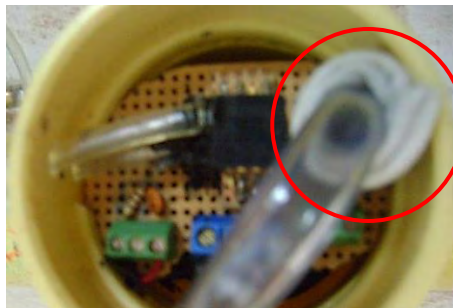


Fuente: Producción propia

Se resalta que teniendo en conjunto todos los elementos del sistema en un principio no se apreciaba señal por parte del sensor de metano, obteniendo solo valor en cero, razón por la cual tras revisar minuciosamente la tarjeta de sensores,

y percibir que el sensor no disipaba calor (necesario para “quemar” parte del gas y obtener la medida), a razón de que la temperatura descendía cerca de 0 °C y las condiciones de operación recomendadas se establecen en 20 °C, razón por la cual se procedió a aislar el dispositivo mediante espuma que conserve el calor (ver Figura 59), con lo cual mejoraron las condiciones de operación del mismo, consideración que se debe tener en cuenta para futuras implementaciones con sensores de gas como el utilizado.

Figura 59. Aislamiento del sensor TGS2611



Fuente: Producción propia

Las especifican de las necesidades mínimas del equipo de cómputo, al igual que el software requerido para un adecuado funcionamiento, se resumen en la Tabla 25.

Tabla 25. Requerimientos de operación del programa *Biogas*

Características	Detalle
Sistema Operativo	Probado Exitosamente con Windows XP Service Pack 2 (SP2) y Windows 7 Ultimate
Procesador	AMD Centurión / Intel® Core™2 Duo
Memoria RAM	512 Mb
Espacio en disco duro	2 Mb
Software previamente instalado	Microsoft SQL Studio Microsoft Office 2007, posteriores o algún programa con conexión a base de datos

Fuente: Producción propia

5.3.5 Presupuesto de implementación. Los costos de poner en marcha los sistemas en el desarrollo se solucionan de manera artesanal y con los materiales disponibles en el momento y lugar, algunos gastos como: asesorías en software y hardware, entrevistas con operarios o aprobaciones de permisos para laborar en la granja, así como las licencias de los software y equipos son de carácter gratuito o de pertenencia de la Universidad de Nariño o del estudiante. El resto de inversión y consumos se asumen por parte de quien entrega este informe. Además la granja cuenta con equipos, materiales y herramientas para implementar algunos sistemas como el de calefacción empleado en el programa

porcícola de la granja Botana. Los gastos más destacados asumidos se pueden ver en la tabla 26.

Tabla 126. Gastos destacados para la implementación de los sistemas.

Artículo o Labor	Costo (Pesos Colombianos)
Para el sistema de Iluminación	
Lámpara de capuchón	\$ 80.000
Manguera para acople de ¼"	\$ 10.000
Para el sistema de Calefacción	
Calefactor de plato	\$ 20.000
Para el sistema generador de Electricidad	
Motor 4t a gasolina	\$ 400.000
Gasolina	\$ 5.000
Para el sistema de Adquisición de datos	
Sensores	\$ 100.000
DAQ (pic, conectores, resistencias...)	\$ 20.000
Módulos de comunicación	\$ 50.000
Cable	\$ 12.000
Gastos Varios	
Acoples	\$15.000
Llaves de paso	\$ 42.000
Cintas (aislante, papel, teflón...)	\$ 7.000
Tubería	\$ 25.000
Pegamentos (soldadura, silicona...)	\$ 15.000
Otros Gastos	
Internet	\$ 300.000
Carreas y alquiler de vehículos	\$ 500.000
Teléfono	\$ 60.000
Total	\$ 1.661.000

5.4 MANTENIMIENTO

Ya que los sistemas son creados para determinar si es posible utilizarlos con el biogás producido en el programa porcícola de la granja Botana solo se emplea para las pruebas. Se recomienda que cuando este en pleno funcionamiento se realice una limpieza cada 15 días de los dispositivos y componentes para librarlos de la acumulación de polvo y mugre, y se revise a diario la señal de los sistemas en general.

6. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Las posibilidades de aprovechar el biogas para suplir necesidades energéticas de una granja nariñense dedicada a la porcicultura. Se destacan con:

Descripción del aprovechamiento de un sistema de calefacción a partir de quemadores de plato a llama abierta, que usan el biogás como su fuente de alimentación.

Un sistema de iluminación con lámpara de capuchón que emplean el biogás como su fuente energética.

La descripción e implementación, en etapa exploratoria, de un sistema productor de electricidad a partir de generadores con motores a combustión interna, de cuatro tiempos, que emplea el biogás como combustible para su funcionamiento.

Se deja el diseño de un sistema de adquisición de datos en el programa de producción porcícola dentro de la granja experimental Botana, para futuras investigaciones sobre la capacidad del biogas como fuente de energía alternativa.

La confirmación de la buena calidad del biogas en la granja, ya que en el informe de los laboratorios especializados (Anexo B) se obtiene un resultados del 99 % de Metano en las muestras del gas recolectado al final de las tuberías de transporte del gas, después de los filtros implementados por los trabajadores de la granja.

El compendio de información que se puede utilizar para posteriores estudios e implementaciones de tecnologías alternativas, y agro-tecnológicas que usan el biogás en sus procesos de funcionamiento.

CONCLUSIONES.

El proyecto muestra que es posible emplear el biogás como fuente de energía alternativa en el programa porcícola de la granja experimental Botana de la universidad de Nariño en áreas de consumo energético como: calefacción, electricidad e iluminación.

Para el buen funcionamiento del generador eléctrico con motor a gasolina de cuatro tiempos Yamaha EF1600 se debe modificar el carburador si se desea emplear el biogás como combustible alterno.

El biodigestor es un sistema empleado para el tratamiento de aguas, debe proponerse como medio generador de biogás o como fuente energética alternativa para tener un aliciente económico al momento de ser implementado en una granja porcícola. Además no requiere de gran instrumentación, mecanismos de control o manipulación muy sofisticados en su funcionamiento.

La apertura para el aprovechamiento de espacios de investigación en la granja experimental Botana y el departamento de electrónica de la Universidad de Nariño, para desarrollo de Biotecnologías con enfoque agro-ecológico destaca la disponibilidad de los funcionarios para encontrar mejores respuestas en pro de soluciones energéticas que conserven el medio ambiente.

RECOMENDACIONES.

Estudiar más a fondo la forma emplear el biodigestor viejo para la producción de biogás y no solo con el objeto de tratar el agua residual de la granja. Ya que se tiene cubierta la tarea del tratamiento de agua con el biodigestor nuevo.

Seguir usando los biodigestores en dos etapas como se está haciendo en la actualidad. Ya que proporciona una herramienta eficaz en el tratamiento de aguas eliminando una mayor cantidad de patógenos a la vez que incide en la producción de Biogás.

Usar un colector de biogás para tener una reserva del combustible y mejorar los niveles de presión en la distribución del gas.

Estudiar más a fondo el impacto del biodigestor sobre el agua desechada y la producción de biogás con parámetros propios de la región nariñense.

Promover en la Universidad de Nariño, más espacios para desarrollar tecnologías dirigidas a mercados agro-ecológicos y a la utilización de energías limpias o que sean amigables con el medioambiente.

Mejorar los calefactores de plato o quemadores de flama abierta, pasando de una flama a dos en el mismo plato y tallo de suministro conectado a la tubería de suministro de biogás.

Utilizar caudalímetros para medir de forma directa la producción del biogás en los biodigestores y para obtener el consumo actual del mismo en los equipos empleados dentro de la granja.

Acoplar el sistema de adquisición de datos a un servidor web, con lo cual se pueda realizar el primer paso para automatizar procesos de la producción de carne en la región Nariñense.

BIBLIOGRAFÍA.

ACERO ADÁMEZ, Pedro. Planificación y manejo de la explotación de ganado porcino. [En línea]. <http://www.jcyl.es/web/jcyl/binarios/606/247/Porcino.pdf>

ALEGSA. PORTAL DE INFORMÁTICA, INTERNET, TECNOLOGÍAS Y WEB. Definición de interfaz. Santa Fe. Argentina. [En línea]. <http://www.alegsa.com.ar/Dic/interfaz.php>

ALFONZO HERRERA, Ernesto José. Propuesta técnica de un biodigestor anaerobio de uso en el medio rural, Municipio de Piar. Upata Venezuela, Mayo de 2010. Trabajo de grado (Ingeniero Industrias Forestales). Universidad experimental de Guayana, Facultad de industrias forestales. [En línea]. http://www.cidar.uneg.edu.ve/DB/bcuneg/EDOCS/TESIS/TESIS_PREGRADO/INFORMES%20DE%20PASANTIAS/IP81782010AlfonzoErnesto.pdf

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE PORCICULTORES. FONDO NACIONAL PARA PORCICULTURA. Guía ambiental para la porcicultura, segunda edición. 2009, 115 pp. 22-50. [en línea]. <http://www.porcicol.org.co/dataFiles/docFiles/guiaambiental2009.pdf>

AUTORIDAD DEL AMBIENTE. Implementación de un sistema de generación de biogás y abono biológico mediante el tratamiento de residuos producidos en una granja agroindustrial (porcina) localizada en la provincia de Veraguas, república de Panamá. Panamá. 44 páginas. 2006. [En línea]. <http://appext.sica.int/eeppiWEB/files/1207598951606.doc>

BEJARANO BAZAN, Jhonatan. Sistema de adquisición de datos con micrófono electret. 32 páginas. Universidad Continental. [En línea]. <http://es.calameo.com/read/0033497100b42ccf60e63>

BHT AVANZA. Descripción de los términos usados en el portal bht: Sensor. Información y Tecnología Aplicada al Entorno. [En línea]. www.bhtavanza.com/es/informacion/informaciong?task=list&glossid=1&letter=S

BIODIGESTOR. Documento disponible [en línea].
<https://www.uploadss.s3.amazonaws.com/biodigestor-u-1313887514504-b-u.docx>

Borrero Natalia; Esquivel Gloria; Loaiza Carlota; Rodríguez Margarita. El abc del cambio climático en Colombia. Ministerio de Medio Ambiente. Diciembre 2009. [En línea].
http://www.minambiente.gov.co/documentos/211209_abc_del_cambio_climatico_en_colombia.pdf

BOTERO BOTERO, Raúl. Biodigestor de bajo costo para la producción de combustible y fertilizante a partir de excretas, Manual Para Su Instalación, Operación y Utilización. Preston, Thomas R. 1987. [En línea].
<http://www.utafoundation.org/publications/botero&preston.pdf>

BOTERO BOTERO. Raúl. El biodigestor de bajo costo, su aporte a la mitigación del cambio climático y su potencial para reducir la pobreza rural en América Latina y el Caribe. Marzo de 2011. [En línea].
<http://bioreactorcrc.wordpress.com/2011/03/31/biodigestor-de-bajo-costos/>

BRISEÑO FLORES, Walter Eduardo. Obtención de biogás. 22 de noviembre de 2010. [En línea]. <http://es.scribd.com/doc/77193057/MONOGRAFIA-DEL-BIOGAS>

CARMONA, Fabio Antonio; OROZCO, Julio Enrique; BOTERO Botero, Raúl; HERNÁNDEZ, Carlos.: utilización de biogás para operar motores a gasolina y diesel. Universidad EARTH, Costa Rica. 26 de febrero de 2007. [En línea].
<http://www.engormix.com/MA-porcicultura/manejo/foros/articulo-utilizacion-biogas-operar-t10686/124-p0.htm>

Cauich Kú, Jose Mario. Sensores: inductivo, infrarrojo, magnético, efecto hall. Alipso: Monografías4. Septiembre 2009. 10 páginas. [En línea].
http://www.alipso.com/monografias4/SENSORES_INDUCTIVO,_INFRAROJO,_MAGNETICO,_EFECTO_HALL/SENSORES_INDUCTIVO,_INFRAROJO,_MAGNETICO,_EFECTO_HALL.doc

CHIAPPELLA. Juan Sebastián. Cambio climático y seguridad alimentaria, 2009. [En línea]. http://inta.gob.ar/documentos/cambio-climatico-y-seguridad-alimentaria/at_multi_download/file/INTA%20Cambio%20clim%C3%A1tico%20y%20seguridad%20alimentaria.pdf

COLOMBIA. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE LA FUNCIÓN PÚBLICA. Decreto 3570 De 2011: Artículo 1. 2011. [En línea]. http://www.minambiente.gov.co/documentos/normativa/ambiente/decreto/dec_3570_270911.pdf

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRESTRE. Guía ambiental para el subsector porcícola. Santa Fe de Bogotá: Dirección general ambiental sectorial. 2002. [En línea]. <http://www.minambiente.gov.co/documentos/porc%C3%ADcola.pdf>

COMISIÓN NACIONAL PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA. ¿Por qué varían los rendimientos de combustible? México. [En línea]. http://www.conuee.gob.mx/wb/CONAE/porque_varian_los_rendimientos_de_combustible

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (DANE), boletín de prensa, “reporte del sacrificio de ganado del primer trimestre del 2012”, 25 de mayo del 2012. [En línea]. www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/sacrificio/bol_sacrif_ltrim12.pdf

DEPSA. Instructivo de operación para lámparas a gas L.P Flamita de 300 y 600 bujías. Jalisco. México. 4 páginas. [En línea]. <http://www.depsa.com.mx/pdf/productos/instructivo-lamparas.pdf>

DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN AGRARIA, 3º Ciclo Básico Agrario, Versión preliminar. Manual de porcinos. Buenos Aires. 190 págs. [En línea]. <http://www.acevedonet.com.ar/efa/manuales/3/porcinos.pdf>

DIRECCIÓN REGIONAL DE AGRICULTURA TACNA, Glosario Pecuario, 2004. [En línea]. <http://www.agritacna.gob.pe/informacion/anuario2004/cap3.22.pdf>

EMPRESA METROPOLITANA DE ASEO SA ESP EMAS PASTO. Relleno Antanas, pionera en desarrollo de desgasificación en Colombia. [En línea]. http://www.emaspasto.com.co/index.php?option=com_content&view=article&id=85&catid=32&Itemid=47

EVARISTO ACEVEDO, Leonardo. Comportamiento de cerdos: Sistemas de producción y su interacción con los nutrientes. Engormix. Abril 2011. [En línea]. <http://www.engormix.com/MA-porcicultura/manejo/articulos/comportamiento-cerdos-sistemas-produccion-t3319/124-p0.htm>

Fondo Acción. Incentivo financiero para la eficiencia energética y tecnologías amigables con el clima. Colombia. Agosto 1 del 2011. [En línea]. www.accionambiental.org/sccs/detalles_item_listado.php?id=2&id_categoria=3

GARCERÁN HERNÁNDEZ, Vicente. Configuración del sistema de adquisición de datos mediante PC. Departamento de Electrónica, Tecnología, Computadores y Proyectos. Universidad Politécnica de Cartagena. Murcia, España. 2010. 18 págs. [En línea]. http://www.dtcp.upct.es/Personal/Vgarceran3/Practica_1B.pdf

GRANDIN. Temple, Traducción: GIMÉNEZ ZAPIOLA, Marcos. Recomendaciones para el manejo de animales en las plantas de faena. American Meat Institute, Washington, DC, 1991. [En línea]. <http://www.grandin.com/spanish/Recomendaciones.html>

GUALSAQUÍ, Juan. MORALES, Angélica. TOCAIN, Diego. Producción de biogás. [En línea]. <http://www.slideshare.net/Caps593/biogas-33770700>

GUTIÉRREZ, MARTÍNEZ Pilar. Manual práctico de porcicultura intensiva. Marzo 14 de 2008. 77 págs. [En línea]. <http://www.jcyl.es/web/jcyl/binarios/708/897/porcicultura1.pdf>

HERNÁNDEZ, Edwin. Programa de introductorio electrónica, maestría de ingeniería electrónica. 30 páginas. [En línea]. <http://es.scribd.com/doc/138519752/introductorio-1-pptx>

I. RODRÍGUEZ, Lilian O. Manejo y utilización de los excrementos en granjas porcinas. [En línea] <http://larodriguez77.tumblr.com/post/26846464603/manejo-y-utilizacion-de-las-excremento-en-granjas>

IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). “BIOMASA: DIGESTORES ANAERÓBICOS”. 2007. [En línea]. http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10737_Biomasa_digestores_07_a996b846.pdf

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES PORCINAS. Una revisión corta de aspectos microbiológicos y funcionales de las plantas de biogás para el tratamiento de residuales. La Habana Cuba. [En línea].
<http://www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/rccpn/rev61/rcppart1.htm>

KOWI. Sabor y salud para ti: Tabla nutricional y tips de salud. [En línea].
<http://www.kowi.com.mx/web/subsecciones/2>

LANDÍN, Gerardo Mariscal. Tecnologías disponibles para reducir el potencial contaminante de las excretas de granjas porcícola, Capítulo 7. Depósito de documentos de la fao. [En línea].
<http://www.fao.org/wairdocs/lead/x6372s/x6372s08.htm>

LANDIN, Gerardo Mariscal. Tratamiento excretas cerdos: capítulo 1. 2007. [En línea].
http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_porcina/00-produccion_porcina_general/63-excretas_cerdos.pdf

LÓPEZ CARVAJAL. Eliana Lizbeth. RODRÍGUEZ VEGA, Beatriz Alejandra. Medidor de distorsión lineal. Labview. 2012. 71 páginas. [En línea].
<http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/12341/1/Medidor%20de%20Distorsi%C3%B3n%20Lineal%20en%20LabVIEW.pdf>

LÓPEZ MENDOZA, Claudia. LÓPEZ SOLÍS, Omar Anthelmo. Diseño, construcción y puesta en operación de un biodigestor anaerobio continuo para el laboratorio de ingeniería química de la facultad de ciencias químicas de la universidad veracruzana. 2009. [En línea].
<http://cdigital.uv.mx/bitstream/12345678/932/1/Lopez%20MENDOZA%20CLAUDI A.pdf>

LÓPEZ PÉREZ, Antonio Carlos. Valorización del estiércol de cerdo a través de la producción de biogás. [En línea]. <http://es.scribd.com/doc/136545255/3-2-Manual-Biodigestor>
LÓPEZ PÉREZ. Antonio Carlos. Valorización del estiércol de cerdo a través de la producción de biogás, Asociación de porcicultores de Colombia, 2003, pp. 1-37

MANTECA, Xavier. Bienestar animal: particularidades de la maternidad, destete y cebo. Noviembre de 2008. [En línea].

http://www.avparagon.com/pdfs/documentos/instalaciones/BIENESTAR_MATERNIDAD_CEBO_MANTECA.pdf

MANUAL SOBRE EL CUIDADO Y USO DE LOS ANIMALES DE EXPERIMENTACIÓN, Capítulo IV: Instalaciones Y Ambiente Para Los Animales Domésticos. Volumen 1 (2da edición). [En línea]. <http://www.ccac.ca/Documents/Standards/Guidelines/Spanish/04.pdf>

MAYNÉ Jordi. Sensores acondicionadores y procesadores de señal. 2003. 60 páginas. [En línea]. <http://www.jcee.upc.edu/JCEE2002/MAYNEPONENCIA.pdf>

ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICO OCDE. Agriculture Trade and the Environment: The Pig Sector, 2003, p 13. [En línea]. <http://www.oecd.org/dataoecd/26/35/19486152.pdf>

PALACIOS ROJAS. Diego Alexander; ROJAS PAZ. Carlos Andrés. Diseño e implementación de una interfaz electrónica para el monitoreo de vehículos de transporte público en tiempo real en la ciudad de pasto, 2010, pp. 53-87

QUIMINET. ¿Qué es la sílica gel? Usos y aplicaciones. [En línea]. <http://www.quiminet.com/articulos/que-es-la-silica-gel-6215.htm>

REBREATHERS. Cal soldada: Todo sobre los recicladores de buceo. [En línea]. <http://rebreathers.es/calsodada.htm>

REYES Lucelly. Sistemas de adquisición de datos. 20 páginas. [En línea]. http://fisica.udea.edu.co/~lab-gicm/Instrumentacion/2014_Chipkit%20UNO32_ADC.pdf

SANUT. Biodigestores. [En línea].

<http://www.sanut.com/divisiones/veterinaria/proyectos/biodigestores>

SEPÚLVEDA VILLADA. Luis Aníbal. Aprovechamiento de residuos orgánicos biodegradables en complejos residenciales y turísticos. II Conferencia internacional. Gestión de Residuos en América latina, Cali, junio del 2011.

TEXTOS CIENTÍFICOS. Factores que afectan la producción de gas. [En línea].
<http://www.textoscientificos.com/energia/biogas/factores>

TEXTOS CIENTÍFICOS. Usos del biogás. [En línea].
<http://www.textoscientificos.com/energia/biogas/ usos>

UNIVERSIDAD DE BARCELONA. Manejo y producción de porcino: Breve manual de aproximación a la empresa porcina para estudiantes de veterinaria. Departament de Ciència Animal i dels Aliments. 45 págs. [En línea].
llojtadovic.org/redaccio/arxiu/imatgesbutlleti/manual%20porcino%20final.pdf

UNIVERSIDAD DE SEVILLA. Área de producción animal: Producciones de porcino. [En línea]. <http://grupo.us.es/gprodanim/Porcino/instalaciones.pdf>

UNIVERSO PORCINO, EL PORTAL DEL PUERCO. Producción de excretas porcinas y contaminación ambiental. [En línea].
http://www.aacporcinos.com.ar/articulos/manejo_porcino_03-2013_produccion_de_excretas_porcinas_y_contaminacion_ambiental.html

VAMERO Moreno, María Teresa. Manual de biogás: Remoción de Barreras para la Electrificación Rural con Energías Renovables. 2011. [En línea].
www.olade.org/sites/default/files/CIDA/Biocomustibles/FAO/manual_biogas.pdf

WIKIPEDIA, la enciclopedia libre. Lámpara de gas. [En línea].
http://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%A1mpara_de_gas

WIKIPEDIA, la enciclopedia libre. Sensor. [En línea].
<http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor>

WIKIPEDIA. Carburador. [En línea]. <http://es.wikipedia.org/wiki/Carburador>

WIKIPEDIA. RS-232. [En línea]. <http://es.wikipedia.org/wiki/RS-232>

YAMAHA MOTORS CORPORATION. EF1600/EF2600/YG2600 OWNER'S MANUAL. Cypress California. Estados Unidos de América. 41 páginas. 2003. [En línea]. <http://www.poweredgenerators.com/yamaha/manuals/ef2600.pdf>

ANEXOS



ANEXO A. INFORME DE LA ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE PORCICULTORES DE LA VISITA TÉCNICA A LA GRANJA EXPERIMENTAL BOTANA DE LA UNIVERSIDAD DE NARIÑO.

	INFORME DE VISITA TECNICA GRANJA PORCICOLA LA BOTANA	
--	---	---

PRESENTACIÓN

En el desarrollo de este documento se identifican todas las acciones que la granja deberá empezar a implementar para asegurar un comportamiento pecuario amigable con el medio ambiente de igual manera se anexaron diseños para la construcciones de programas que emprenderá la granja para mitigar la contaminación.

La granja está en proceso de certificación y tiene acciones ambientales muy buenas, se espera que este informe les permita orientarlos para que terminen de establecer las obligaciones.

1. INFORMACIÓN GENERAL



Foto 1: Parideras

Foto 2: Precebos

Foto 3: Hembras Gestación

Foto 4: Ceba

1.1 DATOS DEL SOLICITANTE

Nombre o Razón Social: Diana Ortiz. U. de Nariño -- La Botana	
C.C. o Nit: 1. 085. 269. 206	Teléfono/Fax:
Propietario: [x]	Depositario: [] Tenedor o Poseedor []
Dirección de residencia: Cra 24ª # 4-87 Pasto	
No. Celular: 313 640 16 57	
Nombre: Diana Ortiz.	
C.C. o Nit: 1. 085. 269. 206	Teléfono/Fax:
Dirección de residencia: Cra 24ª # 4-87 Pasto	
No. celular: 313 640 16 57	e-mail:
Fecha de Visita: 16 de Marzo de 2012	

1.2 UBICACIÓN DE LA EXPLOTACIÓN

Nombre del predio: Granja La Botana	Dpto: Nariño
Municipio: Pasto	Corregimiento: La Botana
Fuente hídrica más cercana:	
Distancia de la fuente hídrica (en metros) respecto a la explotación porcícola:	
Coordenadas X: Y :	Altura sobre el nivel del mar (a.s.n.m.):

1.3 Ubicación del Proyecto o actividad

La granja está ubicada en la Vereda La Botana del Municipio de Pasto, a la margen derecha de la vía panamericana.

	INFORME DE VISITA TECNICA GRANJA PORCICOLA LA BOTANA	
--	---	---

2. ASPECTOS LEGALES

2.1 USO DEL SUELO

El certificado de usos del suelo expedido por la oficina de planeación municipal del Pasto, no se evidencia el certificado de uso del suelo.

2.2 Permiso de Concesión de aguas. La granja no cuenta con la concesión de aguas subterráneas.

2.3 Permiso de vertimientos. La granja no cuenta con este permiso.

2.4 Permiso de emisiones. La granja no tiene fuentes fijas de contaminación atmosféricas.

Recomendaciones:

- Es muy importante que la granja defina los aspectos legales ya que nos encontramos en un periodo de transición legal.
- Realizar con prontitud estos trámites para evitar las sanciones.
- Anexe el informe ambiental en los documentos para que solicite el permiso de vertimiento.

3. MANEJO DE SUBPRODUCTOS LIQUIDOS Y SOLIDOS.

3.1 Manejo de porcinaza líquida

La granja cuenta con un sistema de tratamiento para las aguas residuales que consta de un biodigestor 10 mts y 4 sedimentadores paralelos.

Los sedimentadores presentan falencias en el manejo, se les recomienda tal como lo hablamos en la visita, mandar a hacer las tapas y colocar las guaduas y soportes para la respectivo utilización de estos sistemas.



Foto 5: Biodigestor



Foto 6: sedimentadores

	INFORME DE VISITA TECNICA GRANJA PORCICOLA LA BOTANA	
--	---	---

Cálculos de la Producción de Porcinaza Líquida que se Requiere Tratar

Proyección del sistema de tratamiento para la granja

PRODUCCIÓN DE MATERIA FECAL Y ORINA							
Grupo Etareo	Inventario Actual o máximo	Estiércol Como % del Peso Vivo	Peso kg/animal	Estiércol kg/cab/día	Estiércol (inventario Actual)	Excreta sólida kg (55%)	Orina lt (45%)
B	C	D	E	F	G	H	I
Hembra vacia	1	4,61	160	7,38	7,376	4,06	3,32
Hembra gestante	28	3	180	5,40	151,2	83,16	68,04
Hembra lactante	5	7,72	190	14,67	73,34	40,34	33,00
Reemplazos	0	4,61	160	7,38	0	0,00	0,00
Reproductor	2	2,81	200	5,62	11,24	6,18	5,06
Lechón lactante	50	8,02	3,5	0,28	14,035	7,72	6,32
Precebos	48	7,64	16	1,22	58,6752	32,27	26,40
Levante	31	6,26	35	2,19	67,921	37,36	30,56
Ceba	31	6,26	80	5,01	155,248	85,39	69,86
TOTAL	196				539,0352	296,47	242,57

RECOLECCIÓN	SI
377,32464	

Calculo para el dimensionamiento del biodigestor		
1. Calculo de la cantidad de agua requerida en la granja		
a. Gasto de agua en operaciones de limpieza	10	lts/animal/día
b. Número de animales	196	animales
c. Total Gasto de Agua	1960	lts/granja/dia
2. Cantidad de estiércol producido en la granja		
d. Estiércol Producido en la granja	377,32464	kg
e. Total producción de porcinaza en la granja	2337,32464	kg/día
3. Tiempo Hidráulico		
f. Tiempo de retención clima cálido	20	días
g. Total volumen a tratar	46746,4928	lts
4. Calculo de la fosa para el biodigestor		
h. Volumen	47	m3
i. Base Superior	2,5	mts
j. Base Inferior	2,0	mts
k. Altura	1,5	mts
l. Longitud		mts
m. Total Longitud del Biodigestor	13,9	mts

PORCICOLA LA BOTANA

	INFORME DE VISITA TECNICA GRANJA PORCICOLA LA BOTANA	 Asociación Colombiana de Porcicultores FORO NACIONAL DE LA PORCICULTURA
--	---	---

La granja requiere de un tratamiento de 47 m3, para cumplir con las especificaciones requeridas.

El biodigestor actual es de 10 mts pero tiene las especificaciones de un biodigestor pequeño, se puede ampliar la profundidad y ancho de la excavación cuando se tenga que cambiar el plástico para mejorar capacidad de tratamiento.

Recomendaciones.

- Recomienda realizar la separación de sólidos en los respectivos corrales y jaulas.
- Desviar las aguas lluvias.
- Implementar el programa de uso eficiente del recurso hídrico.
- La implementación del sistema lo más rápido posible.
- Desviar las aguas con detergente y desinfectante, esto mata los micro organismos del biodigestor.

3.2. Almacenamiento de la Porcinaza Liquida

La granja no cuenta con un sistema de almacenamiento para una sección que se puede adecuar para sedimentación.

DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE ESTERCOLERO

Cantidad de Efluente Diario	2337,32464 lts/día
Tiempo de Riego Promedio	1 día
Tiempo Máximo de Riego	2 días
Tiempo para sortear Contingencia	1 día
Tiempo de Almacenamiento	3 días
Volumen del tanque Estercolero	7,0 m3
Constante (II)	3,1416
Primera Opción	
Altura (a)	2 mts
Total Diámetro	2,1 mts
Segunda Opción	
Radio (r2)	1,5 mts
Borde Libre	0,5 mst
Total Altura	1,5 mtrs

TANQUE ESTERCOLERO



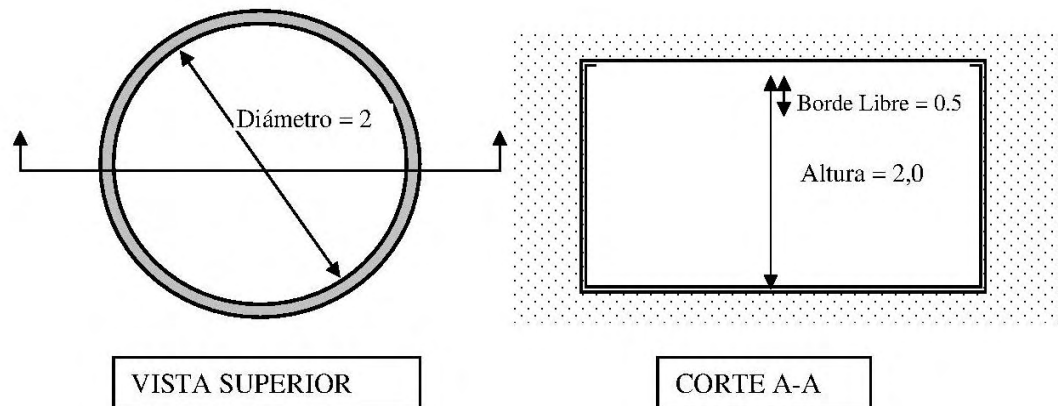
Foto 7: Ejemplo de Tanque estercolero

Recomendaciones:

- La fertilización es importante para la granja y la finca, se debe establecer un plan partiendo de la dosificación.
- El almacenamiento es de 7 m3.

	INFORME DE VISITA TECNICA GRANJA PORCICOLA LA BOTANA	
--	---	---

TANQUE ESTERCOLERO



3.3 Plan de Fertilización con porcinaza liquida.

Se anexa el plan de fertilización para que se presente a la corporación Autónoma Regional o al ICA.

La granja debe establecer como actividad la fertilización con porcinaza liquida, esta fertilización se realizara en cultivos de pastos. A continuación se describe la producción de nitrógeno en la granja:

Paso 1: Cálculo del Nitrógeno producido: Producción de Nitrógeno con la capacidad de alojamiento actual de la granja

**A esta población el inventario en kilos se divide en 100, ya que la producción de Nitrógeno está dada por cada 100 kilos de población porcina en pie.

PRODUCCION DE NITROGENO				
Grupo Etareo	Número de animales		Nitrógeno (kg/animal) por día	Total Pcc de Nitrógeno
Hembra vacía		1	0,052	0,05
Hembra gestante		28	0,052	1,46
Hembras de reemplazos		0	0,052	0,00
Reproductor		2	0,052	0,10
Precebos**	48	7,68	0,0543	0,42
Levante**	31	10,85	0,0451	0,49
Ceba**	31	24,8	0,0445	1,10
TOTAL		79,33	0,67	4,29
Recolección de Sólidos	si			
3,00				

	INFORME DE VISITA TECNICA GRANJA PORCICOLA LA BOTANA	 Asociación Colombiana de Porcicultores FONDO NACIONAL DE LA PORCICULTURA
--	---	--

Paso 2: Cálculo de las necesidades de fertilizante nitrogenado

a. Fertilización recomendada: Pasto	50 Kg de N /ha/ pastoreo
b. No. de dosis para fraccionar la recomendación	1 dosis
c. No. de días promedio de cada rotación o cosecha	30 días
d. Número de cosechas / año = 365/28	12,167 cosechas/año
e. Necesidad total de Nitrógeno al año: 13.0036 x 55	608,333 Kg de N/ha/año

Paso 3: Balance de fertilizante producción vs. necesidad:

f. Total N a utilizar por día	3,001 Kg
g. Producción anual (N producido por día kg) x 365	1095,318 kg de N/año
h. Superficie necesaria para disponerle n Producido (Kg de N al año / Necesidad total de N / hectárea al año)	1,801 hectáreas
i. Superficie de cultivos disponibles para fertilizar	3,00 hectáreas disponibles

Paso 4: Cálculo del nivel de fertilización resultante:

j. Cantidad de fertilizante a aplicar por hectárea (Producción anual de N / Superficie disponible)	365,106 Kg de N /ha - año
k. Cantidad de fertilizante por cosecha (Aplicación anual / Nro de cosechas al año)	30,009 Kg de N / ha-corte
l. Cantidad de fertilizantes por dosis en cada cosecha ((Kg de fertilizantes /cosecha) / (Nro de dosis /cosecha))	30,009 Kg de N / ha-dosis

Paso 5 : Cálculo de la superficie posible de fertilizar cada día:

m. Cantidad (días) de porcínaza por hectárea en cada cosecha ((kg de N por dosis) / (Kg de N producidos / día))	10,000 días
n. Numeros de Animales en el inventario	79 Animales
n. *Producción de porcínaza día en litros (Nros de animales x 10 litros / animal – día)	634,64 Litros
o. Producción de porcínaza en volumen por dosis ((cantidad litros/día) x (porcínaza necesaria /ha))	6346,400 litros / ha-dosis
p. Área a fertilizar por día ((N producido / día) / (N por dosis))	0,100 ha/día
6,35	m ³ /ha-dosis

Paso 6: Tiempo de aplicación de la porcínaza

Tiempo de Aplicación	30,0 días
----------------------	-----------

3.4. Manejo de porcínaza sólida

La granja realiza separación de porcínaza sólida, se lleva a un lecho de, según lo hablado en la visita se iniciara un ensayo para mejorar el secado utilizando las hileras como mecanismo de secamiento.

	INFORME DE VISITA TECNICA GRANJA PORCICOLA LA BOTANA	 Asociación Colombiana de Porcicultores FORO NACIONAL DE LA PORCICULTURA
--	---	---

Recomendaciones:

- La recolección implica una reducción en la cantidad de sólidos totales que se estarían manejando en los sistemas de tratamiento, aumentando la eficiencia en el tratamiento
- La separación de sólidos implica que las operaciones de lavado son más eficientes.
- La recolección se debe realizar todos los días.
- La recolección se debe realizar antes del lavado
- La recolección en seco se debe realizar con pala y preferiblemente con escoba.
- El secamiento se debe realizar en hileras no mayor a 10 cm.



Foto 8: Lecho de secado

4. MANEJO DE MORTALIDAD, PLACENTAS Y AMPUTACIONES

La granja no cuenta con compostaje de mortalidad, esta se incinera sin ningún parámetro técnico.

Etapas productivas	Inventario	% de Mortalidad	# de Animales Muertos	Peso Promedio por Animal en Kg	Total Mortalidad en Kg
Hembras	34	0,006	0,204	180	36,72
Lechones Lactantes	50	0,07	3,5	1,5	5,25
Precebos	48	0,05	2,4	16	38,4
Levante	31	0,02	0,62	35	21,7
Ceba	31	0,02	0,62	80	49,6
Total Kg de Mortalidad mes					114,95
Total Kg de Mortalidad año					1416,12

	Inventario	# de Partos año	Total Partos	Peso de la Placenta en Kg	Total de Placenta en Kg
Placentas	34	2,3	78,2	4	312,8

total mortalidad año en kg	1728,92	Kg/año
Total mortalidad esperada en un día	4,73676712	Kg/día
Total mortalidad esperada en un mes	142,103014	Kg/mes
Total área requerida para la mortalidad	0,94735342	Mt2

	INFORME DE VISITA TECNICA GRANJA PORCICOLA LA BOTANA	
--	---	---

Área	Nº de Cajones
0,95	3,0

Medidas del Cajón		
Primera Opción	1,20	0,79
Segunda Opción	1,00	0,95

Se requiere utilizar un compostaje de 1.5 x 1.5 x 1.5 mts de dimensiones.



Foto 9: Ejemplo Compostaje de Mortalidad

Las recomendaciones de manejo son las siguientes:

- No se adicionara cal con el fin de favorecer la descomposición orgánica permanente.
- Los animales grandes y pequeños serán fraccionados para facilitar su descomposición.
- Animales después de 30 kg deben ser picados con el fin de facilitar el proceso.
- A todos los animales se les abrirá el tracto digestivo, para que su contenido se riegue por toda la canal favoreciendo el proceso de descomposición.
- El primer volteo se realizara a los 60 días y el proceso durara 90 días en total.
- Se recomienda trabajar con cisco, en las capas para no producir lixiviados y olores.
- Encima de la mortalidad agregaremos Porcinaza sólida con el fin de incrementar la actividad microbiana.
- El encerramiento es recomendable para evitar la entrada de animales

ANEXO B. CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR DE TEMPERATURA LM35-DZ



LM35

www.ti.com

SNIS159D–AUGUST 1999–REVISED OCTOBER 2013

LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

FEATURES

- Calibrated Directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear + 10 mV/°C Scale Factor
- 0.5°C Ensured Accuracy (at +25°C)
- Rated for Full –55°C to +150°C Range
- Suitable for Remote Applications
- Low Cost Due to Wafer-Level Trimming
- Operates from 4 to 30 V
- Less than 60-μA Current Drain
- Low Self-Heating, 0.08°C in Still Air
- Nonlinearity Only ±¼°C Typical
- Low Impedance Output, 0.1 Ω for 1 mA Load

DESCRIPTION

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, with an output voltage linearly proportional to the Centigrade temperature. Thus the LM35 has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from the output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of ±¼°C at room temperature and ±¼°C over a full –55°C to +150°C temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The low output impedance, linear output, and precise inherent calibration of the LM35 make interfacing to readout or control circuitry especially easy. The device is used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As the LM35 draws only 60 μA from the supply, it has very low self-heating of less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a –55°C to +150°C temperature range, while the LM35C is rated for a –40°C to +110°C range (–10° with improved accuracy). The LM35 series is available packaged in hermetic TO transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface-mount small-outline package and a plastic TO-220 package.

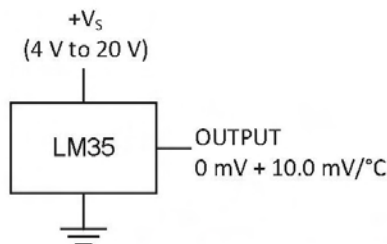
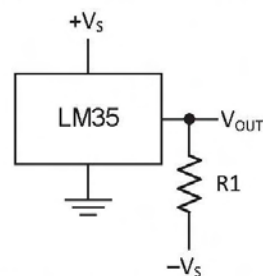


Figure 1. Basic Centigrade Temperature Sensor (+2°C to +150°C)



Choose $R_1 = -V_S / 50 \mu\text{A}$
 $V_{\text{OUT}} = 1500 \text{ mV at } 150^\circ\text{C}$
 $V_{\text{OUT}} = 250 \text{ mV at } 25^\circ\text{C}$
 $V_{\text{OUT}} = -550 \text{ mV at } -55^\circ\text{C}$

Figure 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

All trademarks are the property of their respective owners.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of the Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

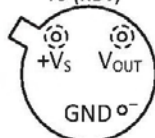
Copyright © 1999–2013, Texas Instruments Incorporated



These devices have limited built-in ESD protection. The leads should be shorted together or the device placed in conductive foam during storage or handling to prevent electrostatic damage to the MOS gates.

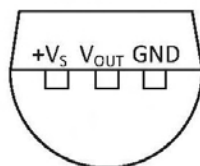
CONNECTION DIAGRAMS

**METAL CAN PACKAGE
TO (NDV)**

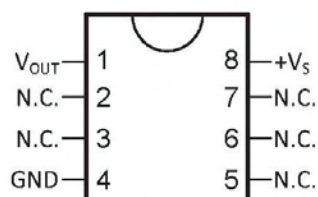


Case is connected to negative pin (GND)

**PLASTIC PACKAGE
TO-92 (LP)
BOTTOM VIEW**

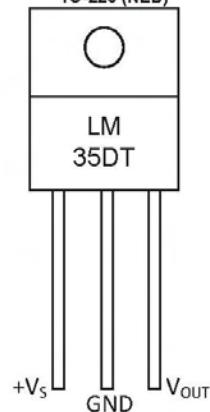


**SMALL-OUTLINE MOLDED PACKAGE
SOIC-8 (D)
TOP VIEW**



N.C. = No connection

**PLASTIC PACKAGE
TO-220 (NEB)**



Tab is connected to the negative pin (GND).

NOTE: The LM35DT pinout is different than the discontinued LM35DP.

ANEXO C. SENSOR DE PRESIÓN

Pressure

Freescale Semiconductor

MPXV5004G
Rev 12, 09/2009

Integrated Silicon Pressure Sensor On-Chip Signal Conditioned, Temperature Compensated and Calibrated

The MPx5004 series piezoresistive transducer is a state-of-the-art monolithic silicon pressure sensor designed for a wide range of applications, but particularly those employing a microcontroller or microprocessor with A/D inputs. This sensor combines a highly sensitive implanted strain gauge with advanced micromachining techniques, thin-film metallization, and bipolar processing to provide an accurate, high level analog output signal that is proportional to the applied pressure.

Features

- 1.5% Maximum Error for 0 to 100 mm H₂O over +10° to +60°C with Auto Zero
- 2.5% Maximum Error for 100 to 400 mm H₂O over +10° to +60°C with Auto Zero
- 6.25% Maximum Error for 0 to 400 mm H₂O over +10° to +60°C without Auto Zero
- Temperature Compensated over 10° to 60°C
- Available in Gauge Surface Mount (SMT) or Through-Hole (DIP) Configurations
- Durable Thermoplastic (PPS) Package

MPXV5004 MPVZ5004 Series

0 to 3.92 kPa
(0 to 400 mm H₂O)
1.0 to 4.9 V Output

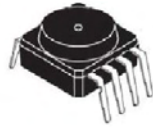
Application Examples

- Washing Machine Water Level
- Ideally Suited for Microprocessor or Microcontroller-Based Systems
- Appliance Liquid Level and Pressure Measurement
- Respiratory Equipment

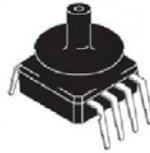
ORDERING INFORMATION

ORDERING INFORMATION								
Device Name	Case No.	# of Ports			Pressure Type			Device Marking
		None	Single	Dual	Gauge	Differential	Absolute	
Small Outline Package (MPXV5004 Series)								
MPXV5004DP	1351			*		*		MPXV5004DP
MPXV5004GC6T1	482A		*		*			MPXV5004G
MPXV5004GC6U	482A		*		*			MPXV5004G
MPXV5004GC7U	482C		*		*			MPXV5004G
MPXV5004GP	1369		*		*			MPXV5004GP
MPXV5004GPT 1	1369		*		*			MPXV5004GP
MPXV5004GVP	1368		*		*			MPXV5004GVP
Small Outline Package (Media Resistant Gel) (MPVZ5004 Series)								
MPVZ5004G6T1	482	*			*			MPVZ5004G
MPVZ5004G6U	482	*			*			MPVZ5004G
MPVZ5004G7U	482B	*			*			MPVZ5004G
MPVZ5004G6C8U	482A		*		*			MPVZ5004G
MPVZ5004GW6U	1735		*		*			MZ5004GW
MPVZ5004GW7U	1560		*		*			MZ5004GW

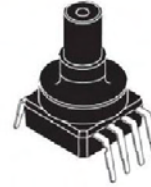
SMALL OUTLINE PACKAGES THROUGH-HOLE



MPVZ5004G7U
CASE 482B-03

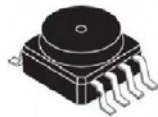


MPXV5004GC7U
CASE 482C-03

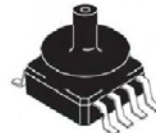


MPVZ5004GW7U
CASE 1560-02

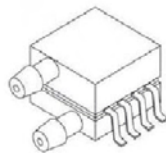
SMALL OUTLINE PACKAGES SURFACE MOUNT



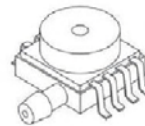
MPVZ5004G6U/6T1
CASE 482-01



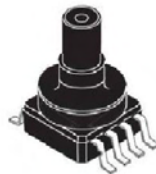
MPXV5004G6U/6T1, MPVZ5004GC6U
CASE 482A-01



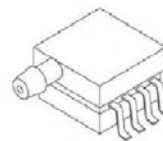
MPXV5004DP
CASE 1351-01



MPXV5004GVP
CASE 1368-01



MPVZ5004GW6U
CASE 1735-01



MPXV5004GP/GPT1
CASE 1369-01

Operating Characteristics

Table 1. Operating Characteristics ($V_S = 5.0 V_{DC}$, $T_A = 25^\circ C$ unless otherwise noted, $P_1 > P_2$)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Units
Pressure Range	P_{OP}	0	—	3.92 400	kPa mm H ₂ O
Supply Voltage ⁽¹⁾	V_S	4.75	5.0	5.25	V_{DC}
Supply Current	I_S	—	—	10	mA _{dc}
Span @ 306 mm H ₂ O (3 kPa) ⁽²⁾	V_{FSS}	—	3.0	—	V
Full Scale Span @ 400 mm H ₂ O (3.92 kPa) ⁽²⁾		—	4.0	—	
Offset ⁽³⁾	V_{OFF}	0.75	1.0	1.25	V
Sensitivity	V/P	—	1.0	—	V/kPa
Accuracy ^{(4) (5)}	0 to 100 mm H ₂ O (10 to 60°C)	—	—	±1.5	% V_{FSS} with auto zero
	100 to 400 mm H ₂ O (10 to 60°C)	—	—	±2.5	% V_{FSS} with auto zero
	0 to 400 mm H ₂ O (10 to 60°C)	—	—	±6.25	% V_{FSS} without auto zero

1. Device is ratiometric within this specified excitation range.
2. Span is defined as the algebraic difference between the output voltage at specified pressure and the output voltage at the minimum rated pressure.
3. Offset (V_{OFF}) is defined as the output voltage at the minimum rated pressure.
4. Accuracy (error budget) consists of the following:
 Linearity: Output deviation from a straight line relationship with pressure over the specified pressure range.
 Temperature Hysteresis: Output deviation at any temperature within the operating temperature range, after the temperature is cycled to and from the minimum or maximum operating temperature points, with zero differential pressure applied.
 Pressure Hysteresis: Output deviation at any pressure within the specified range, when this pressure is cycled to and from the minimum or maximum rated pressure, at 25°C.
 Offset Stability: Output deviation, after 1000 temperature cycles, -30 to 100°C, and 1.5 million pressure cycles, with minimum rated pressure applied.
 ToSpan: Output deviation over the temperature range of 10 to 60°C, relative to 25°C.
 ToOffset: Output deviation with minimum rated pressure applied, over the temperature range of 10 to 60°C, relative to 25°C.
 Variation from Nominal: The variation from nominal values, for Offset or Full Scale Span, as a percent of V_{FSS} , at 25°C.
5. Auto Zero at Factory Installation: Due to the sensitivity of the MPVZ5004G, external mechanical stresses and mounting position can affect the zero pressure output reading. Autozeroing is defined as storing the zero pressure output reading and subtracting this from the device's output during normal operations. Reference AN1636 for specific information. The specified accuracy assumes a maximum temperature change of ±5°C between autozero and measurement.

Pressure

Maximum Ratings

Table 2. Maximum Ratings⁽¹⁾

Rating	Symbol	Value	Unit
Maximum Pressure (P1 > P2)	P _{MAX}	16	kPa
Storage Temperature	T _{STG}	-30 to +100	°C
Operating Temperature	T _A	0 to +85	°C

1. Exposure beyond the specified limits may cause permanent damage or degradation to the device.

Figure 1 shows a block diagram of the internal circuitry integrated on a pressure sensor chip.

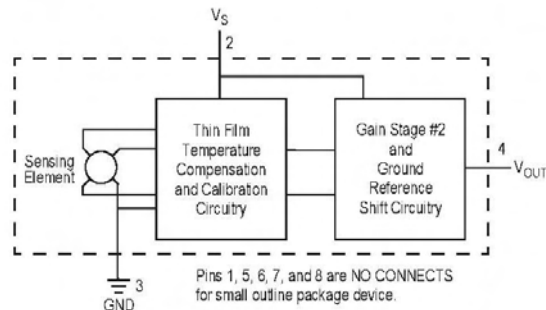


Figure 1. Integrated Pressure Sensor Schematic

On-chip Temperature Compensation and Calibration

The performance over temperature is achieved by integrating the shear-stress strain gauge, temperature compensation, calibration and signal conditioning circuitry onto a single monolithic chip.

Figure 2 illustrates the gauge configuration in the basic chip carrier (Case 482). A fluorosilicone gel isolates the die surface and wire bonds from the environment, while allowing the pressure signal to be transmitted to the silicon diaphragm.

The MPxx5004G series sensor operating characteristics are based on use of dry air as pressure media. Media, other than dry air, may have adverse effects on sensor performance and long-term reliability. Internal reliability and

qualification test for dry air, and other media, are available from the factory. Contact the factory for information regarding media tolerance in your application.

Figure 3 shows the recommended decoupling circuit for interfacing the output of the MPxx5004G to the A/D input of the microprocessor or microcontroller. Proper decoupling of the power supply is recommended.

Typical, minimum and maximum output curves are shown for operation over a temperature range of 10°C to 60°C using the decoupling circuit shown in Figure 3. The output will saturate outside of the specified pressure range.

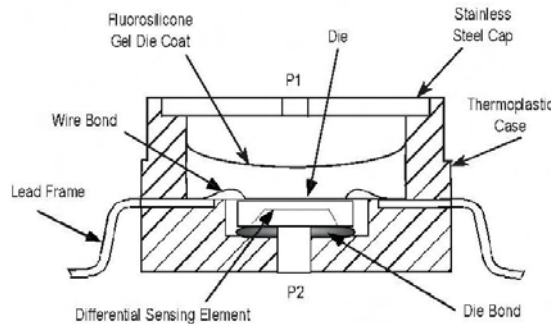


Figure 2. Cross-Sectional Diagram (Not to Scale)

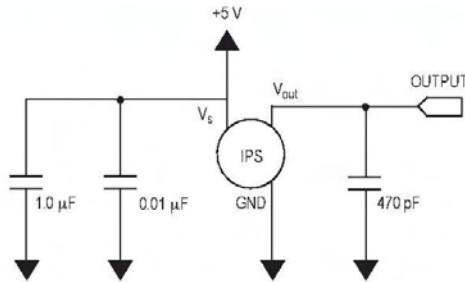


Figure 3. Recommended Power Supply Decoupling and Output Filtering
(For additional output filtering, please refer to AN1646.)

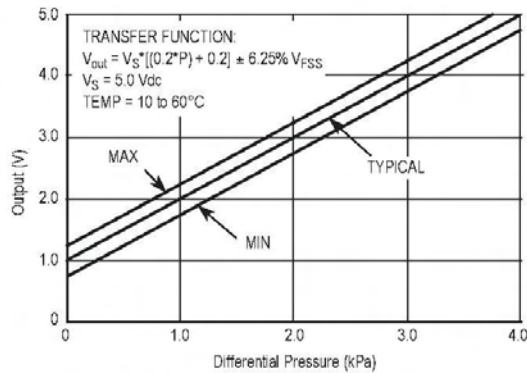


Figure 4. Output vs. Pressure Differential
at $\pm 6.25\% V_{FSS}$ (without auto zero, Table 1., note 5)

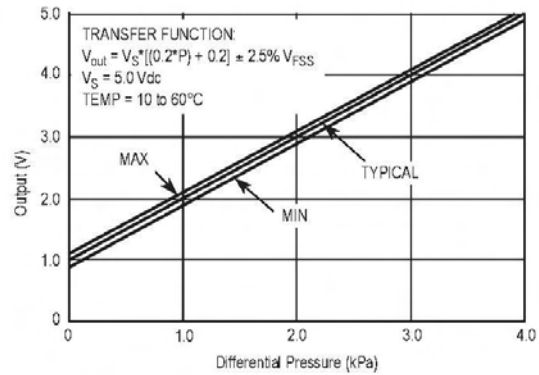


Figure 5. Output vs. Pressure Differential
at $\pm 2.5\% V_{FSS}$ (with auto zero, Table 1., note 5))

PRESSURE (P1)/VACUUM (P2) SIDE IDENTIFICATION TABLE

Freescall Semiconductor designates the two sides of the pressure sensor as the Pressure (P1) side and the Vacuum (P2) side. The Pressure (P1) side is the side containing silicone gel which isolates the die from the environment.

The Freescall Semiconductor pressure sensor is designed to operate with positive differential pressure applied, $P1 > P2$.

The Pressure (P1) side may be identified by using the table below.

Part Number	Case Type	Pressure (P1) Side Identifier
MPXV5004DP	1351	Side with Part Marking
MPXV5004GC6U/6T1, MPVZ5004GC6U	482A	Side with Port Attached
MPXV5004GC7U	482C	Side with Port Attached
MPXV5004GP/GPT1	1369	Side with Port Attached
MPXV5004GVP	1368	Stainless Steel Cap
MPVZ5004G6U/6T1	482	Stainless Steel Cap
MPVZ5004G7U	482B	Stainless Steel Cap
MPVZ5004GW6U	1735	Vertical Port Attached
MPVZ5004GW7U	1560	Vertical Port Attached

MPXV5004G

ANEXO D. CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR DE METANO TGS 2611

FIGARO

PRODUCT INFORMATION

TGS 2611 - for the detection of Methane

Features:

- * Low power consumption
- * High sensitivity to methane
- * Long life and low cost
- * Uses simple electrical circuit

Applications:

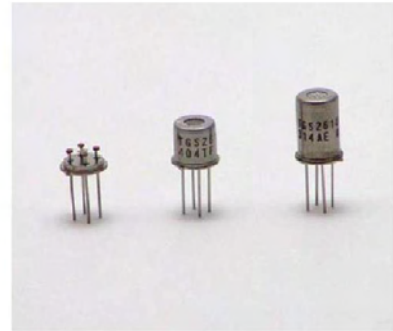
- * Domestic gas alarms
- * Portable gas detectors
- * Gas leak detector for gas appliances

TGS2611 is a semiconductor type gas sensor which combines very high sensitivity to methane gas with low power consumption and long life. Due to miniaturization of its sensing chip, TGS2611 requires a heater current of only 56mA and the device is housed in a standard TO-5 package.

The TGS2611 is available in two different models which have different external housings but identical sensitivity to methane gas. Both models are able to satisfy the requirements of performance standards such as UL1484 and EN50194.

TGS2611-C00 possesses small size and quick gas response, making it suitable for gas leakage checkers.

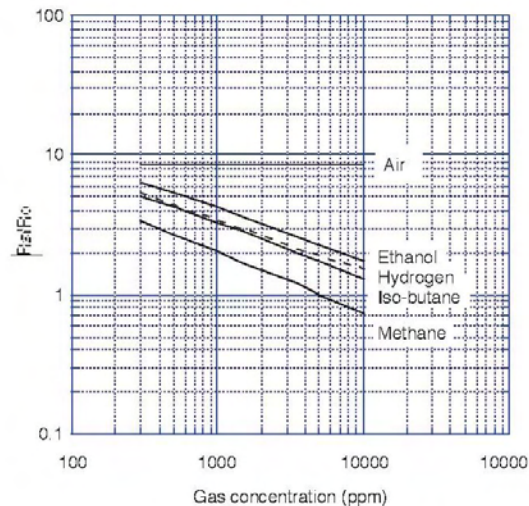
TGS2611-E00 uses filter material in its housing which eliminates the influence of interference gases such as alcohol, resulting in highly selective response to methane gas. This feature makes the sensor ideal for residential gas leakage detectors which require durability and resistance against interference gas.



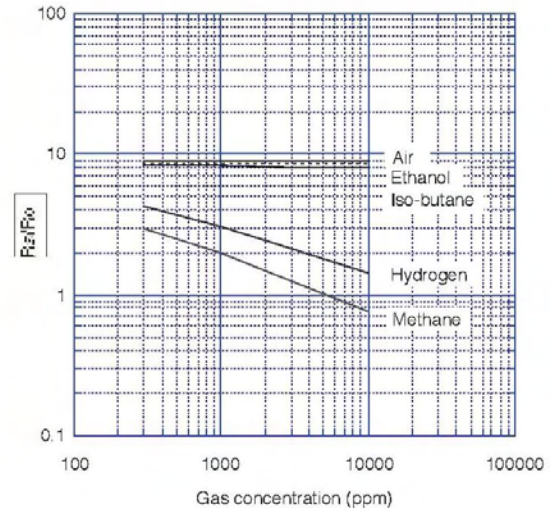
The figure below represents typical sensitivity characteristics, all data having been gathered at standard test conditions (see reverse side of this sheet). The Y-axis is indicated as sensor resistance ratio (R_s/R_o) which is defined as follows:

R_s = Sensor resistance in displayed gases at various concentrations
 R_o = Sensor resistance in 5000ppm of methane

TGS2611-C00 Sensitivity Characteristics:



TGS2611-E00 Sensitivity Characteristics:

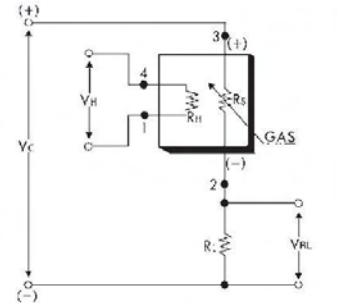


IMPORTANT NOTE: OPERATING CONDITIONS IN WHICH FIGARO SENSORS ARE USED WILL VARY WITH EACH CUSTOMER'S SPECIFIC APPLICATIONS. FIGARO STRONGLY RECOMMENDS CONSULTING OUR TECHNICAL STAFF BEFORE DEPLOYING FIGARO SENSORS IN YOUR APPLICATION AND, IN PARTICULAR, WHEN CUSTOMER'S TARGET GASES ARE NOT LISTED HEREIN. FIGARO CANNOT ASSUME ANY RESPONSIBILITY FOR ANY USE OF ITS SENSORS IN A PRODUCT OR APPLICATION FOR WHICH SENSOR HAS NOT BEEN SPECIFICALLY TESTED BY FIGARO.

Basic Measuring Circuit:

The sensor requires two voltage inputs: heater voltage (V_H) and circuit voltage (V_C). The heater voltage (V_H) is applied to the integrated heater in order to maintain the sensing element at a specific temperature which is optimal for sensing. Circuit voltage (V_C) is applied to allow measurement of voltage (V_{RL}) across a load resistor (R_L) which is connected in series with the sensor.

A common power supply circuit can be used for both V_C and V_H to fulfill the sensor's electrical requirements. The value of the load resistor (R_L) should be chosen to optimize the alarm threshold value, keeping power dissipation (P_S) of the semiconductor below a limit of 15mW. Power dissipation (P_S) will be highest when the value of R_S is equal to R_L on exposure to gas.

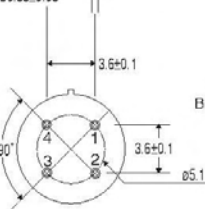
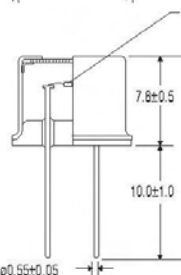
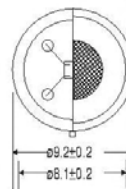


Specifications:

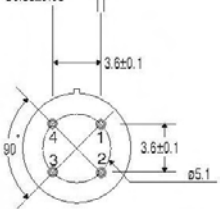
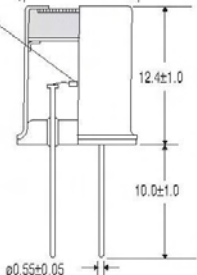
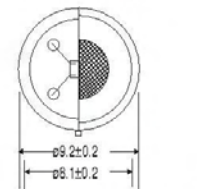
Model number		TGS 2611	
Sensing element type		D1	
Standard package		TO-5 metal can	
Target gases		Methane, Natural Gas	
Typical detection range		500 ~ 10,000 ppm	
Standard circuit conditions	Heater Voltage	V_H	5.0±0.2V DC/AC
	Circuit voltage	V_C	5.0±0.2V DC $P_S \leq 15mW$
	Load resistance	R_L	Variable 0.45kΩ min.
Electrical characteristics under standard test conditions	Heater resistance	R_H	59Ω at room temp. (typical)
	Heater current	I_H	56 ± 5mA
	Heater power consumption	P_H	280±25mW
	Sensor resistance	R_S	0.68~6.8 kΩ in 5000ppm methane
	Sensitivity (change ratio of R_S)		0.60 ± 0.06 R_S (9000ppm) R_S (3000ppm)
Standard test conditions	Test gas conditions	Methane in air at 20±2°C, 65±5%RH	
	Circuit conditions	$V_C = 5.0 \pm 0.01V$ DC $V_H = 5.0 \pm 0.05V$ DC	
	Conditioning period before test	7 days	

Structure and Dimensions:

TGS2611-C00



TGS2611-E00



u/m:mm

Pin connection:

- 1: Heater
- 2: Sensor electrode (-)
- 3: Sensor electrode (+)
- 4: Heater

The value of power dissipation (P_S) can be calculated by utilizing the following formula:

$$P_S = \frac{(V_C - V_{RL})^2}{R_S}$$

Sensor resistance (R_S) is calculated with a measured value of V_{RL} by using the following formula:

$$R_S = \frac{V_C - V_{RL}}{V_{RL}} \times R_L$$

For information on warranty, please refer to Standard Terms and Conditions of Sale of Figaro USA Inc. All sensor characteristics shown in this brochure represent typical characteristics. Actual characteristics vary from sensor to sensor. The only characteristics warranted are those in the Specification table above.

FIGARO USA, INC.

121 S. Wilke Rd. Suite 300
Arlington Heights, Illinois 60005
Phone: (847)-832-1701
Fax: (847)-832-1705
email: figarousa@figarosensor.com

REV: 02/05

ANEXO E. CARACTERÍSTICAS DEL PIC 16F876A



PIC16F87XA

28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers

Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873A
- PIC16F874A
- PIC16F876A
- PIC16F877A

High-Performance RISC CPU:

- Only 35 single-word instructions to learn
- All single-cycle instructions except for program branches, which are two-cycle
- Operating speed: DC – 20 MHz clock input
DC – 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of Flash Program Memory,
Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM),
Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to other 28-pin or 40/44-pin
PIC16CXXX and PIC16FXXX microcontrollers

Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler,
can be incremented during Sleep via external
crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period
register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
 - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
 - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
 - PWM max. resolution is 10-bit
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™
(Master mode) and I²C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver
Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address
detection
- Parallel Slave Port (PSP) – 8 bits wide with
external RD, WR and CS controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for
Brown-out Reset (BOR)

Analog Features:

- 10-bit, up to 8-channel Analog-to-Digital
Converter (A/D)
- Brown-out Reset (BOR)
- Analog Comparator module with:
 - Two analog comparators
 - Programmable on-chip voltage reference
(VREF) module
 - Programmable input multiplexing from device
inputs and internal voltage reference
 - Comparator outputs are externally accessible

Special Microcontroller Features:

- 100,000 erase/write cycle Enhanced Flash
program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle Data EEPROM
memory typical
- Data EEPROM Retention > 40 years
- Self-reprogrammable under software control
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™)
via two pins
- Single-supply 5V In-Circuit Serial Programming
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC
oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving Sleep mode
- Selectable oscillator options
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins

CMOS Technology:

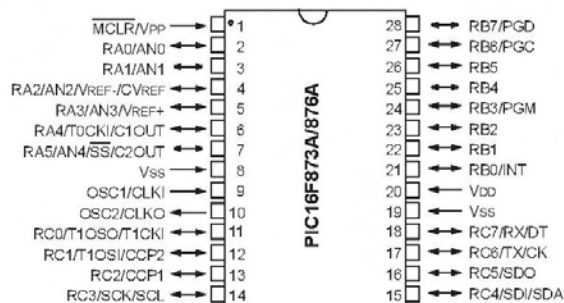
- Low-power, high-speed Flash/EEPROM
technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)
- Commercial and Industrial temperature ranges
- Low-power consumption

Device	Program Memory		Data SRAM (Bytes)	EEPROM (Bytes)	I/O	10-bit A/D (ch)	CCP (PWM)	MSSP		USART	Timers 8/16-bit	Comparators
	Bytes	# Single Word Instructions						SPI	Master I²C			
PIC16F873A	7.2K	4096	192	128	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F874A	7.2K	4096	192	128	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F876A	14.3K	8192	368	256	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F877A	14.3K	8192	368	256	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2

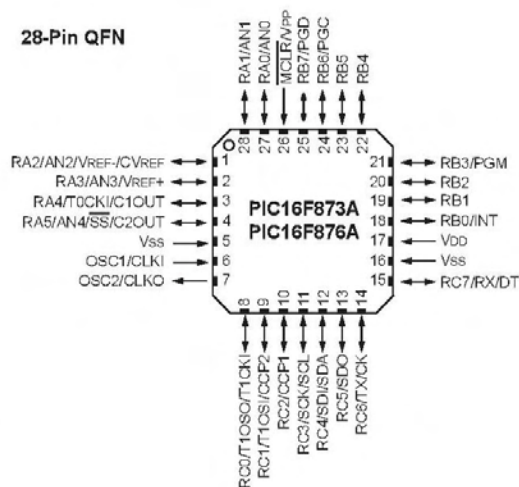
PIC16F87XA

Pin Diagrams

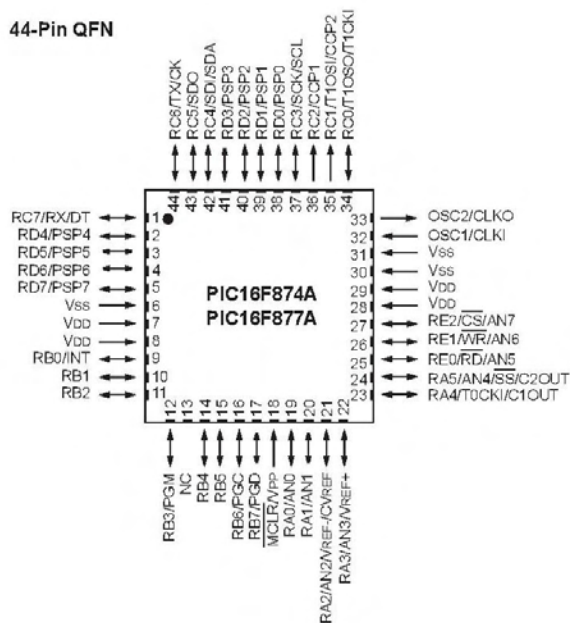
28-Pin PDIP, SOIC, SSOP



28-Pin QFN



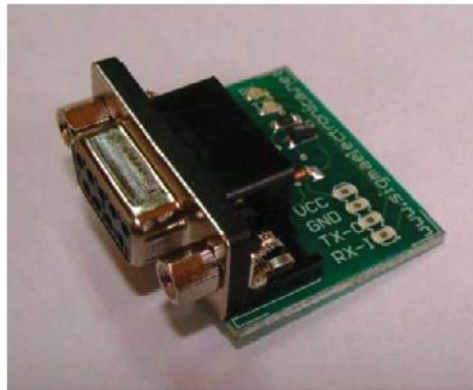
44-Pin QFN



ANEXO F. CARACTERÍSTICAS DE TARJETA SIGMA RS232



TARJETA RS232 SIGMA ELECTRÓNICA



Tarjeta de circuito de conversión serial. Convierte niveles RS232 a TTL y viceversa (TX y RX). Permite la comunicación de un microcontrolador con un computador. Puede trabajar a cualquier voltaje, si la tarjeta se alimenta a 5V la conversión será RS232 a 5V, si la tarjeta se alimenta a 3.3V la conversión será RS232 a 3.3V. Tiene leds indicadores de transmisión y trabaja de 300 baudios a 115200 baudios.



ANEXO G. CARACTERÍSTICAS DE LA TARJETA SIGMA FT 232



TARJETA FT232 SIGMA ELECTRONICA



Imagen 1: Tarjeta FT232.

DESCRIPCION

Tarjeta para el [FT232RL](#), circuito integrado conversor de interfaz serial USB-UART.

Se alimenta directamente del puerto USB, y su pin VCCIO puede ser puesto a 3.3V por medio del solder-jumper (SJ-1, ubicado en la cara superior entre el FT232 y la regleta de 5 pines). La mayoría de los pines del integrado vienen conectados a las regletas laterales para que el integrado pueda usarse directamente sobre un protoboard.

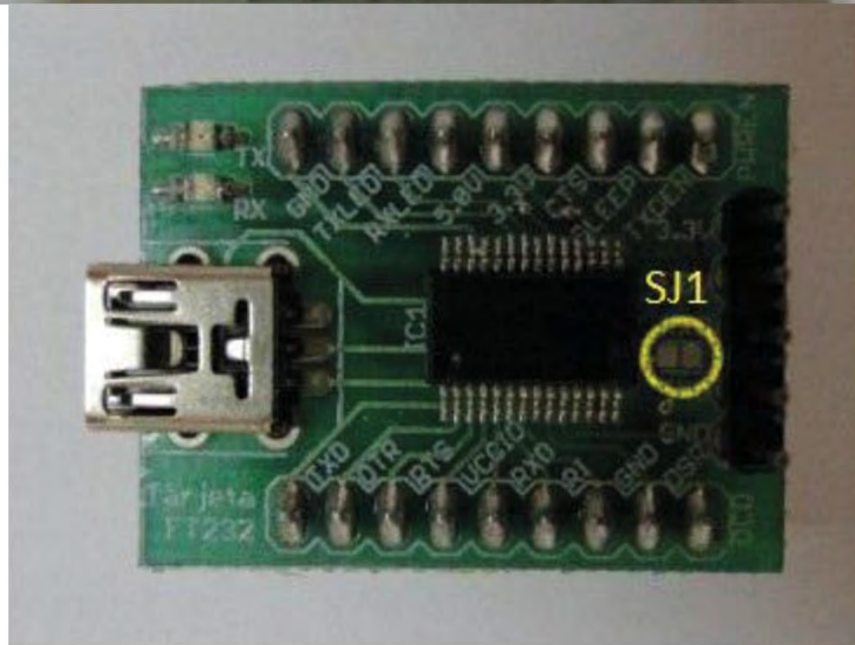
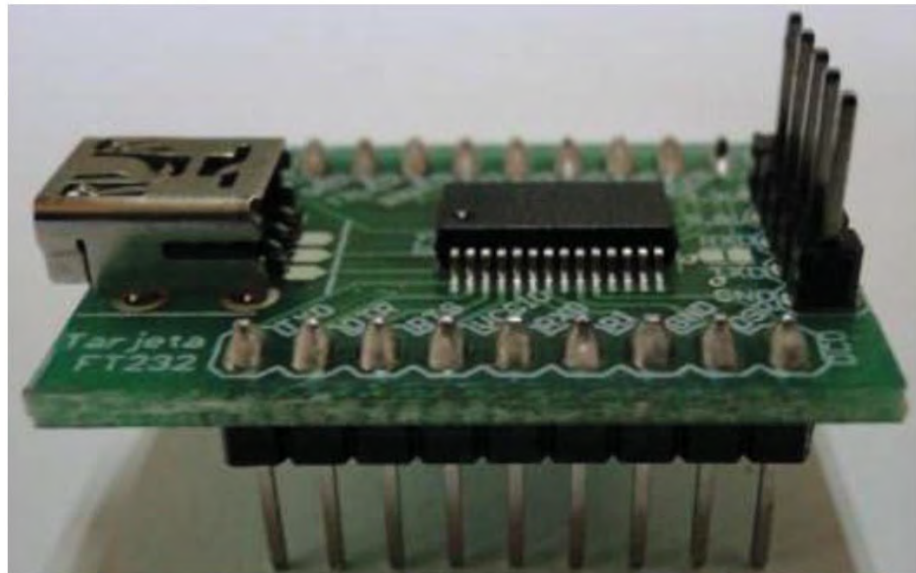
Utiliza un puerto Mini USB (Mini-B) para conectarse al PC, aquí puede usar el [Cable Mini USB](#).

La tarjeta posee dos regletas de 9 pines con espacios de 0.1" (2.54mm) entre pines y 0.7" (17.78mm) de espacio entre ellas. El terminal de salida de 3.3v puede proveer hasta 50mA para lógica externa de ser necesario.

Dimensiones de la tarjeta: 32mm x 23mm.

Los drivers para el Virtual Com Port que usa este integrado, los puede descargar [aquí](#).

Imágenes de Referencia:



ANEXO H. CÓDIGO FUENTE PARA EL PIC 16F876A EMPLEADO EN EL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.

```
#include <16F876A.h>
#device adc=10
#FUSES NOWDT           //No Watch Dog Timer
#FUSES XT              //Crystal osc <= 4mhz for PCM/PCH , 3mhz to 10 mhz
for PCD
#FUSES NOPUT          //No Power Up Timer
#FUSES NOPROTECT       //Code not protected from reading
#FUSES NODEBUG         //No Debug mode for ICD
#FUSES NOBROWNOUT     //No brownout reset
#FUSES NOLVP           //No low voltage prgming, B3(PIC16) or B5(PIC18)
used for I/O
#FUSES NOCPD           //No EE protection
#FUSES NOWRT           //Program memory not write protected
#use delay(clock=4000000)
#use
rs232(baud=9600,parity=N,xmit=PIN_C6,rcv=PIN_C7,bits=8,enable=PIN_A2)
////////programa principal////////
void Selector(int8);
void main()
{   int8 recepcion;
    While (TRUE) //CICLO INFINITO
    {
        recepcion= getch();    //lectura(recepcion);
        Selector (recepcion);
    }
}

void Selector(int8 i)
{   int16 valor_digital;
    float valor_analogico;
    setup_adc_ports(AN0_AN1_AN3); // configurando An0 - An2 como entradas
    analogas, el resto digital.
    setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL);

    switch(i)
    {   case 'p':
        printf("\n\rPresión:");
        set_adc_channel(0);
        delay_ms(200);
        valor_digital=read_adc();
        valor_analogico=valor_digital*0.48828125;
        printf("%2f\n\r",valor_analogico);
```

```

break;
case 't':
    printf("\n\rTemperatura:");
    set_adc_channel(1);
    delay_ms(200);
    valor_digital=read_adc();
    valor_analogico=valor_digital*0.48828125;
    printf("%2f\n\r",valor_analogico);
break;
case 'm':
    printf("\n\rMetano:");
    set_adc_channel(3);
    delay_ms(200);
    valor_digital=read_adc();
    valor_analogico=500.0*valor_digital/1022.0;
    printf("%2f\n\r",valor_analogico);
break;
default:
    printf("\n\rOpción invalida.");
break;
}
setup_adc (adc_off); //Apaga ADC
}

```

ANEXO I. CÓDIGO FUENTE DEL PROGRAMA BIOGÁS

```
using System;
using System.IO.Ports;
using System.Linq;
using System.Threading;
using System.Windows.Forms;
using DataLibrary;
namespace Biogas
{
    public partial class frmPrincipal : Form
    {
        Thread hLeerDatos;
        public string NombrePuertoSerial = "";
        public SerialPort PuertoSerial;
        public volatile bool Detener = false;
        public frmPrincipal()
        {
            InitializeComponent();
            Control.CheckForIllegalCrossThreadCalls = false;
        }

        private void frmPrincipal_Load(object sender, EventArgs e)
        {
            if (FormWindowState.Minimized == WindowState)
                Hide();
            hLeerDatos = new Thread(new ThreadStart(LeerInformacion));
            PuertoSerial = new SerialPort();
            PuertoSerial.Parity = Parity.None;
            PuertoSerial.BaudRate = 9600;
            PuertoSerial.DataBits = 8;
            PuertoSerial.StopBits = StopBits.One;
            string[] puertos = SerialPort.GetPortNames();
            this.cmbPuertos.DataSource = puertos.ToList();
        }

        private void cmbPuertos_SelectedIndexChanged(object sender, EventArgs e)
        {
            Detener = true;
            this.niBiogas.Icon = Biogas.Recursos.Origins;
            NombrePuertoSerial = this.cmbPuertos.SelectedValue.ToString();
            PuertoSerial.PortName = NombrePuertoSerial;
            this.tsIInformacion.Text = string.Format("Puerto: {0}", NombrePuertoSerial);
            Detener = false;
            if (hLeerDatos.ThreadState == ThreadState.Stopped)
                hLeerDatos = new Thread(new ThreadStart(LeerInformacion));
            if (hLeerDatos.ThreadState == ThreadState.Unstarted)
```

```

        hLeerDatos.Start();
    }
    private void LeerInformacion()
    {
        try
        {
            while (!Detener)
            {
                PuertoSerial.Open();
                PuertoSerial.Write("t");
                Thread.Sleep(600);
                string t = PuertoSerial.ReadExisting();
                PuertoSerial.Write("p");
                Thread.Sleep(600);
                string p = PuertoSerial.ReadExisting();
                PuertoSerial.Write("m");
                Thread.Sleep(600);
                string m = PuertoSerial.ReadExisting();
                PuertoSerial.Close();
                this.lblTemperatura.Text = string.Format("Temperatura: {0}",
t.Remove(0, 14));
                this.lblPresion.Text = string.Format("Presión: {0}", p.Remove(0, 10));
                this.lblMetano.Text = string.Format("Metano: {0}", m.Remove(0, 9));
                BioGASDataContext cxt = new BioGASDataContext();
                Dato d = new Dato();
                d.Temperatura = double.Parse(t.Remove(0, 14).Replace('.', ','));
                d.Presion = double.Parse(p.Remove(0, 10).Replace('.', ','));
                d.Metano = double.Parse(m.Remove(0, 9).Replace('.', ','));
                d.Fecha = DateTime.Now;
                cxt.Datos.InsertOnSubmit(d);
                cxt.SubmitChanges();
                Thread.Sleep(10000);
            }
        }
        catch (Exception)
        {
            Detener = true;
            this.tsIInformacion.Text = string.Format("No se encontró dispositivo en el
Puerto: {0} ", NombrePuertoSerial);
            this.niBiogas.Icon = Biogas.Recursos.Origins_Off;
            hLeerDatos.Abort();
        }
    }
    private void frmPrincipal_FormClosing(object sender, FormClosingEventArgs
e)

```

```

        {
            hLeerDatos.Abort();
            hLeerDatos.Join();
        }
        private void salirToolStripMenuItem1_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            Close();
        }
        private void niBiogas_DoubleClick(object sender, EventArgs e)
        {
            this.StartPosition = FormStartPosition.CenterScreen;
            Show();
            WindowState = FormWindowState.Normal;
        }
    }
}
#pragma warning disable 1591
//-----
// <auto-generated>
//   This code was generated by a tool.
//   Runtime Version:2.0.50727.5466
//
//   Changes to this file may cause incorrect behavior and will be lost if
//   the code is regenerated.
// </auto-generated>
//-----
namespace DataLibrary
{
    using System.Data.Linq;
    using System.Data.Linq.Mapping;
    using System.Data;
    using System.Collections.Generic;
    using System.Reflection;
    using System.Linq;
    using System.Linq.Expressions;
    using System.ComponentModel;
    using System;

    [System.Data.Linq.Mapping.DatabaseAttribute(Name="BiogasDB")]
    public partial class BioGASDataContext : System.Data.Linq.DataContext
    {
        private static System.Data.Linq.Mapping.MappingSource
mappingSource = new AttributeMappingSource();
        #region Extensibility Method Definitions
        partial void OnCreated();
    }
}

```

```

partial void InsertDato(Dato instance);
partial void UpdateDato(Dato instance);
partial void DeleteDato(Dato instance);
#endregion

public BioGASDataContext() :
    base(global::DataLibrary.Properties.Settings.Default.BiogasDBConnectionString, mappingSource)
{
    OnCreated();
}

public BioGASDataContext(string connection) :
    base(connection, mappingSource)
{
    OnCreated();
}

public BioGASDataContext(System.Data.IDbConnection connection)
:
    base(connection, mappingSource)
{
    OnCreated();
}

public BioGASDataContext(string connection,
System.Data.Linq.Mapping.MappingSource mappingSource) :
    base(connection, mappingSource)
{
    OnCreated();
}

public BioGASDataContext(System.Data.IDbConnection connection,
System.Data.Linq.Mapping.MappingSource mappingSource) :
    base(connection, mappingSource)
{
    OnCreated();
}

public System.Data.Linq.Table<Dato> Datos
{
    get
    {
        return this.GetTable<Dato>();
    }
}

}
[Table(Name="dbo.Dato")]
public partial class Dato : INotifyPropertyChanging, INotifyPropertyChanged
{

```

```

        private static PropertyChangingEventArgs emptyChangingEventArgs
= new PropertyChangingEventArgs(String.Empty);

```

```

private int _ID;
    private double _Temperatura;
    private double _Presion;
    private double _Metano;
    private System.DateTime _Fecha;

```

```

#region Extensibility Method Definitions

```

```

partial void OnLoaded();
partial void OnValidate(System.Data.Linq.ChangeAction action);
partial void OnCreated();
partial void OnIDChanging(int value);
partial void OnIDChanged();
partial void OnTemperaturaChanging(double value);
partial void OnTemperaturaChanged();
partial void OnPresionChanging(double value);
partial void OnPresionChanged();
partial void OnMetanoChanging(double value);
partial void OnMetanoChanged();
partial void OnFechaChanging(System.DateTime value);
partial void OnFechaChanged();
#endregion

```

```

        public Dato()
        {
            OnCreated();
        }
        [Column(Storage="_ID", AutoSync=AutoSync.OnInsert, DbType="Int
NOT NULL IDENTITY", IsPrimaryKey=true, IsDbGenerated=true)]
        public int ID
        {
            get
            {
                return this._ID;
            }
            set
            {
                if ((this._ID != value))
                {
                    this.OnIDChanging(value);
                    this.SendPropertyChanging();
                    this._ID = value;
                    this.SendPropertyChanged("ID");
                }
            }
        }

```

```

        this.OnIDChanged();
    }
}
[Column(Storage="_Temperatura", DbType="Float NOT NULL")]
public double Temperatura
{
    get
    {
        return this._Temperatura;
    }
    set
    {
        if ((this._Temperatura != value))
        {
            this.OnTemperaturaChanging(value);
            this.SendPropertyChanging();
            this._Temperatura = value;
            this.SendPropertyChanged("Temperatura");
            this.OnTemperaturaChanged();
        }
    }
}
[Column(Storage="_Presion", DbType="Float NOT NULL")]
public double Presion
{
    get
    {
        return this._Presion;
    }
    set
    {
        if ((this._Presion != value))
        {
            this.OnPresionChanging(value);
            this.SendPropertyChanging();
            this._Presion = value;
            this.SendPropertyChanged("Presion");
            this.OnPresionChanged();
        }
    }
}
[Column(Storage="_Metano", DbType="Float NOT NULL")]
public double Metano
{

```

```

        get
        {
            return this._Metano;
        }
        set
        {
            if ((this._Metano != value))
            {
                this.OnMetanoChanging(value);
                this.SendPropertyChanging();
                this._Metano = value;
                this.SendPropertyChanged("Metano");
                this.OnMetanoChanged();
            }
        }
    }
    [Column(Storage="_Fecha", DbType="DateTime NOT NULL")]
    public System.DateTime Fecha
    {
        get
        {
            return this._Fecha;
        }
        set
        {
            if ((this._Fecha != value))
            {
                this.OnFechaChanging(value);
                this.SendPropertyChanging();
                this._Fecha = value;
                this.SendPropertyChanged("Fecha");
                this.OnFechaChanged();
            }
        }
    }
    public event PropertyChangingEventHandler PropertyChanging;
    public event PropertyChangedEventHandler PropertyChanged;
    protected virtual void SendPropertyChanging()
    {
        if ((this.PropertyChanging != null))
        {
            this.PropertyChanging(this, emptyChangingEventArgs);
        }
    }
    protected virtual void SendPropertyChanged(String propertyName)

```

```
        {
            if ((this.PropertyChanged != null))
            {
                this.PropertyChanged(this, new
PropertyChangeEventArgs(propertyName));
            }
        }
    }
}
#pragma warning restore 1591
```

ANEXO J. MANUAL DE USUARIO DEL SOFTWARE BIOGAS

BIOGAS

Instrucciones De Uso
MANUAL DE SOFTWARE

1. Descripción

Como una mejora dentro de la realización del proyecto de grado denominado “SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y CALEFACCIÓN A PARTIR DE BIOGÁS”, se plasmó paulatinamente, como medio para dar a conocer características inherentes de la producción de biogás, la intervención de un sistema de adquisición de datos, cuya clave se plantea en el software al que se nombra *BIOGAS*; con el cual se realizan registros temporales de variables físicas que permitan una determinación de la estabilidad y eficiencia de la producción de biogás dentro de las instalaciones del Programa Porcícola de la Universidad de Nariño, siendo un método para mejorar las características energéticas del biogás producido.

2. Preparativos para instalación

El software BIOGAS, se desarrolla en ambiente Windows, bajo el entorno de programación de Microsoft® Visual Studio® 2008, por lo que requiere un sistema operativo Windows para su instalación y operación.

2.1. Microsoft SQL Server 2008. Trabaja con Microsoft® SQL Server® 2008 Management Studio Express, el cual es un entorno gratuito e integrado para obtener acceso, configurar, administrar y desarrollar todos los componentes de SQL Server, así como para combinar un amplio grupo de herramientas gráficas y enriquecidos editores de scripts que proporcionan acceso a SQL Server para programadores y administradores de todos los niveles. Se usa con el fin de recopilar la información suministrada por el programa en base de datos y un posterior tratamiento. La descarga del mismo se realiza directamente en la página de Microsoft de forma gratuita, desde:

<http://www.microsoft.com/es-co/download/details.aspx?id=7593>

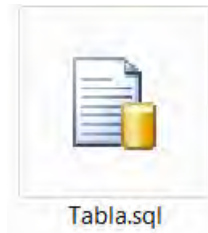
En sus versiones de 64 bits SQLManagementStudio_x64_ESN.exe o 32 bits SQLManagementStudio_x86_ESN.exe

También se hace necesaria la instalación de Microsoft® SQL Server® 2008 Express, edición gratuita de SQL Server®, una plataforma de datos ideal para aprender y ejecutar pequeñas aplicaciones de servidor y de escritorio, y para su redistribución a través de ISV. La cual puede ser descargada fácilmente y de forma gratuita en la página de Microsoft, desde: <http://www.microsoft.com/es->

co/download/details.aspx?id=1695. En sus versiones de 64 bits SQLEXPRESS_x64_ESN.exe o 32 bits SQLEXPRESS_x86_ESN.exe.

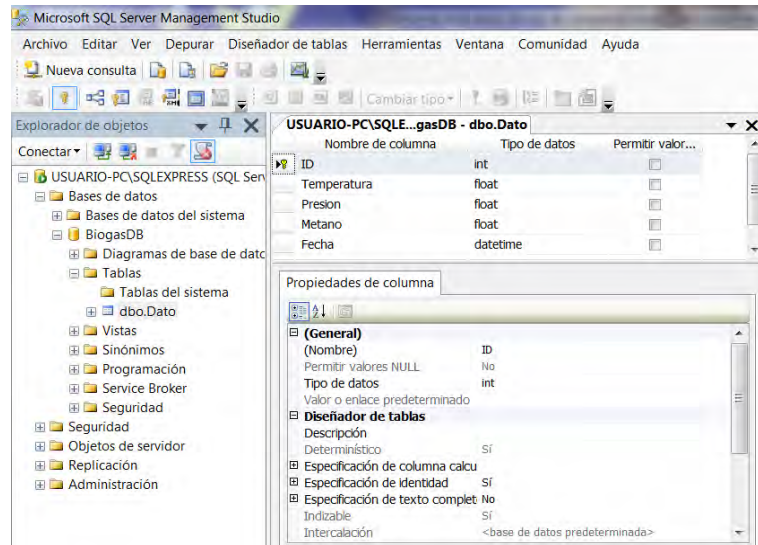
2.2. Creación de base de datos.

Para ello el usuario puede acceder al archivo *Tabla.sql*



O insertar manualmente una base de datos denominada *BiogasDB*, en la cual se deberá crear cinco (5) campos que llevarán por nombre:

- ID, de tipo int (entero)
- Temperatura, de tipo float (punto flotante)
- Presión, de tipo float (punto flotante)
- Metano, de tipo float (punto flotante) y
- Fecha, de tipo datetime (fecha y hora)



2.3. Instalación del controlador para detección del DAQ

La adquisición de datos se realiza mediante la implementación de dispositivos electrónicos que suministran la información desde su localización hasta el equipo de cómputo en el que se ejecuta la adquisición de datos.

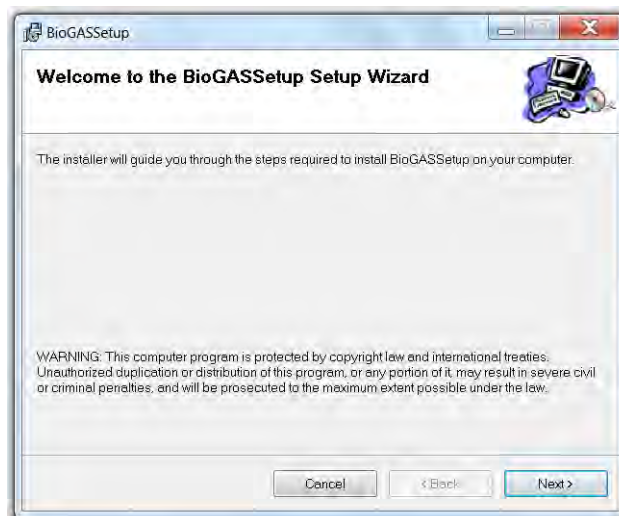
Para la detección, control y direccionamiento a partir del programa se hace necesaria la instalación del controlador de emulación de comunicación *Serial*, cuya descarga para posterior instalación se realiza desde la página web <http://www.ftdichip.com/Drivers/VCP.htm>, en su sección *Currently Supported VCP Drivers*. Seleccionar la descarga correspondiente a *Operating System – Windows*, debido a que el programa BIOGAS funciona en entorno de este Sistema Operativo.

3. Instalación Del Software BIOGAS

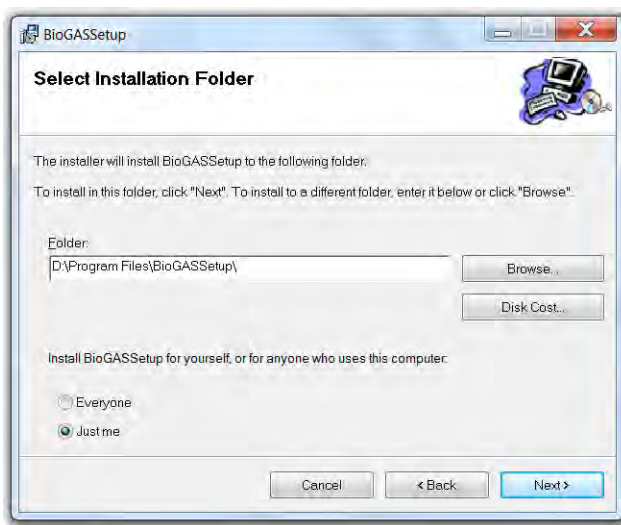
La instalación del software BIOGAS, requiere del paquete de instalación *BioGASSetup.msi*, ícono sobre el cual debe hacer doble clic y esperar un momento, mientras se inicia el proceso de instalación.



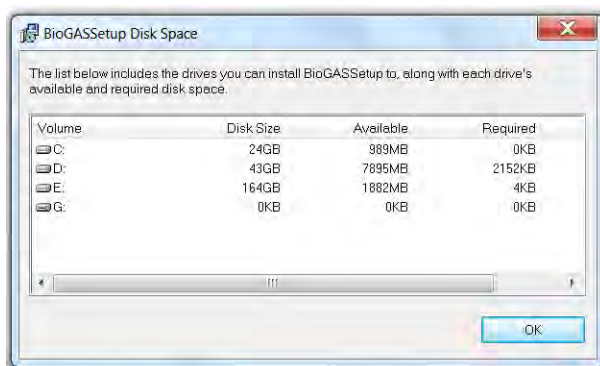
Paso seguido haga clic en el botón *Next >* para continuar, o *Cancel* para cancelar la instalación.



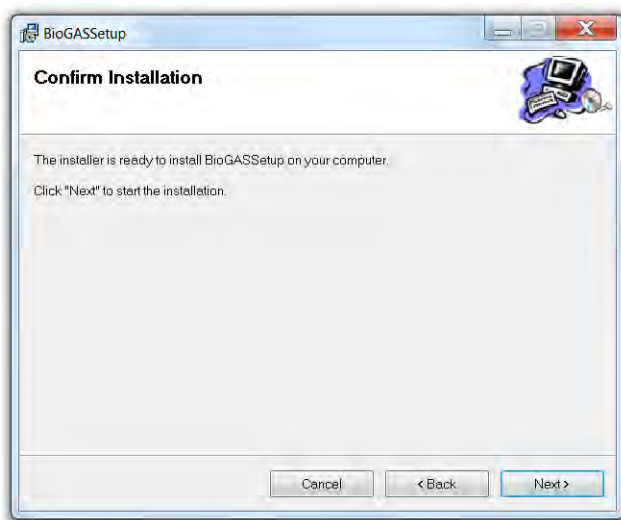
Seleccione la ubicación en donde desea instalar el software BIOGAS, o si lo desea, puede determinar el espacio con el que cuenta y el requerimiento en espacio del programa de 2152 Kb, aproximadamente 2.1 Mb.



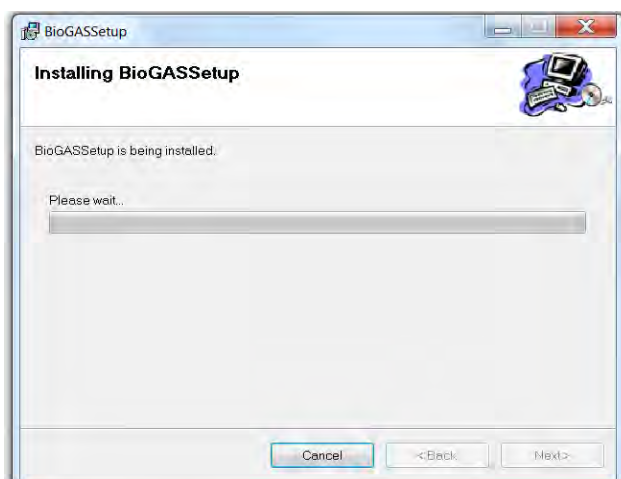
Haga clic en el botón **OK** para continuar con la ventana anterior.



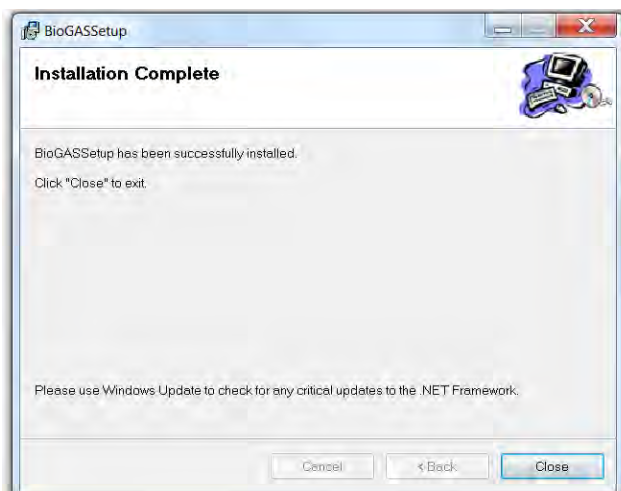
De clic en el botón **Next >** para continuar.



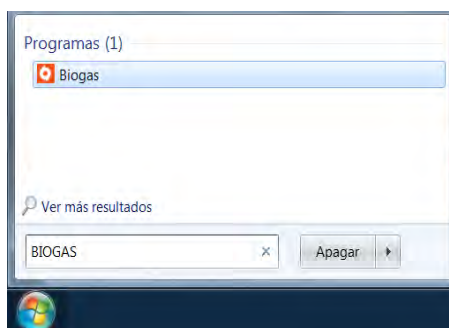
Podrá ver la ventana de confirmación de inicio para la instalación del software BIOGAS en su computador. Debe esperar un momento mientras la instalación se lleva a cabo.



Finalmente observará el mensaje que indica la que la instalación se ha efectuado de manera satisfactoria. Hacer clic en *Close* para salir.



Ahora puede utilizar el software BIOGAS en su computador



4. Conexión de DAQ

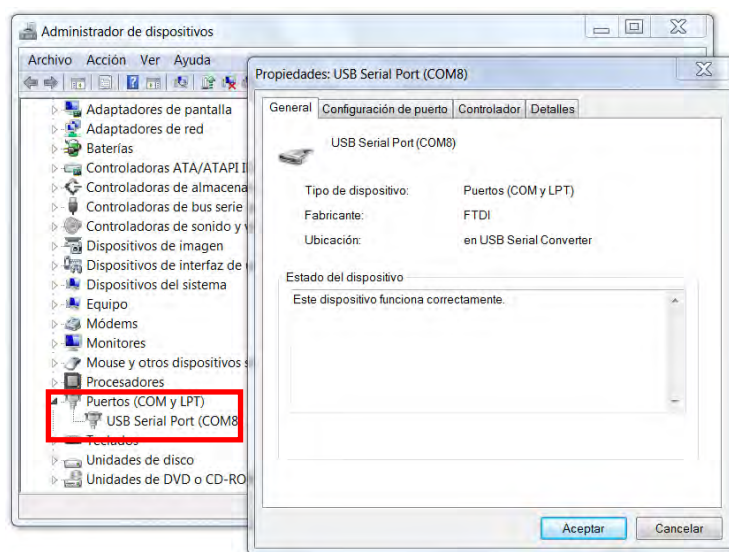
La conexión del DAQ, se realiza por medio de un cable miniUSB a USB, donde el terminal correspondiente a conexión miniUSB se introduce en la DAQ, mientras que el terminal USB se conecta directamente a uno de los puertos USB del equipo en el que se ha realizado la instalación del software BIOGAS.



Con el fin de verificar que la instalación del controlador del DAQ y que la comunicación en esta sección sea la adecuada, se recomienda verificar por primera vez la instalación mediante el Administrador De Dispositivos De Windows, que puede ser encontrado en *Panel de control -> Sistema y seguridad -> Sistema* y en la sección superior izquierda del panel de *Sistema*



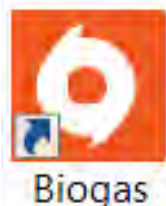
Verificar los puestos de comunicación, desplegar el árbol y observar que el puerto de comunicación USB Serial Port se encuentre correctamente instalado y funcione adecuadamente, al tiempo que se determina el descriptor (número) del puerto conectado para ser usado por el software BIOGAS.



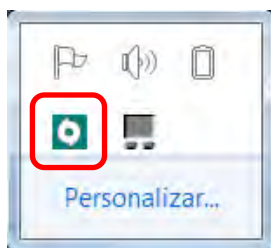
5. Ejecución Del Software BIOGAS

El software BIOGAS establece comunicación con el DAQ y entrega en forma numérica el valor medido de temperatura, presión y concentración de metano, al igual que la fecha y el tiempo de registro de la misma, comportándose básicamente como un sistema de reporte.

Para abrir el programa se hace doble clic sobre su icono

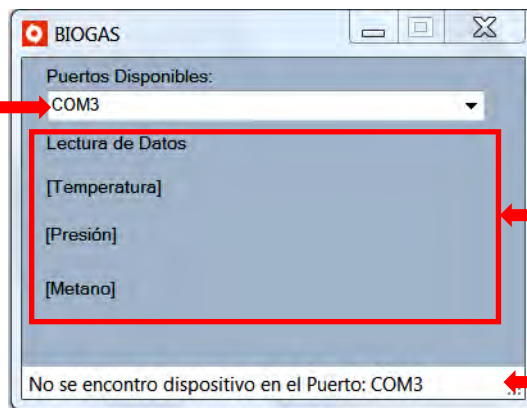


Apareciendo el mismo en el *Área De Iconos De Notificación De Windows* (sección inferior derecha). En esta sección cambia su icono a color azul, la que indica que no se encuentra activado, pero está a la espera de su ejecución.



Hacer doble clic sobre este icono para mostrar la interfaz del software BIOGAS

**Selección
Puerto de
Comunicación**



**Área de
Información**

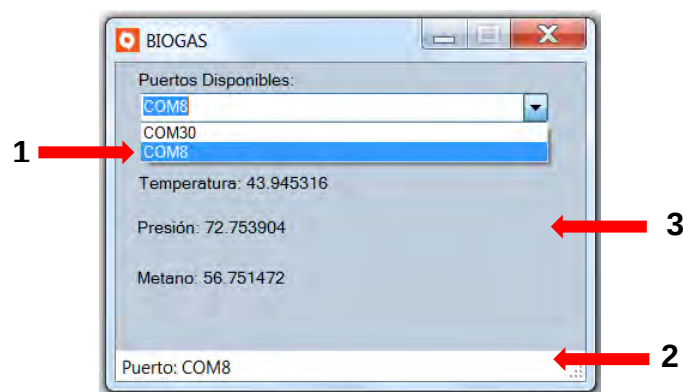
**Área de
Notificación**

Selección Puerto de Comunicación: Trata de un menú desplegable, en el cual se listan los diferentes puertos de comunicación serial que posee el computador sobre el cual se ejecuta la aplicación. En este mismo se realiza la selección del puerto en el cual se encuentra conectado el DAQ (ver sección 4).

Área de Información: Presenta la información relacionada con la toma de datos a partir de los sensores implementados en la DAQ. Se establece esta medida en milivoltios (mV), lo que considera el nivel de voltaje de salida desde los sensores. Almacena este valor con el fin de realizar un posterior tratamiento con operaciones que a nivel de la tarjeta pueden resultar complejos para dar una medida directa. Así mismo se deja abierto este valor, debido a la necesidad de cambiar o modificar el dispositivo de sensado, lo cual permitirá al usuario establecerlo(s) según sus necesidades.

Área de Notificación: Información relacionada sobre la conexión con DAQ, en donde se informa al usuario si ha ocurrido un error de conexión o si en el puerto seleccionado no se ha encontrado el DAQ.

6. Inicio de la adquisición



La sección anterior muestra la interfaz del software BIOGAS, cuya puesta en marcha se realiza tras la selección del puerto de comunicación serial o de comunicación para el protocolo RS232 sobre al cual se conecta el DAQ (ver sección 4), tras desplegar el menú de selección y escoger el puerto a usar (1). El software determina mediante un evento la comunicación con el DAQ, caso contrario, señala que existe algún problema para establecer comunicación (2) y presenta el mensaje “No se encontró dispositivo en el puerto: COMx”, donde “x” representa el numeral tomado por el puerto de comunicación.

Finalmente, si la respuesta es afirmativa, se procederá a tomar lectura de los niveles de voltaje suministrados por los sensores (3) y almacenando esta información en base de datos (ver sección 2.1). El proceso se repite en continuo durante la ejecución del programa en lapsos de 10 segundos.

7. Uso y actualización en base de datos

Como se plantea en un principio, la información se almacena en base de datos (ver sección 2.2), a la cual el usuario puede acceder para posteriormente ser manipulada.

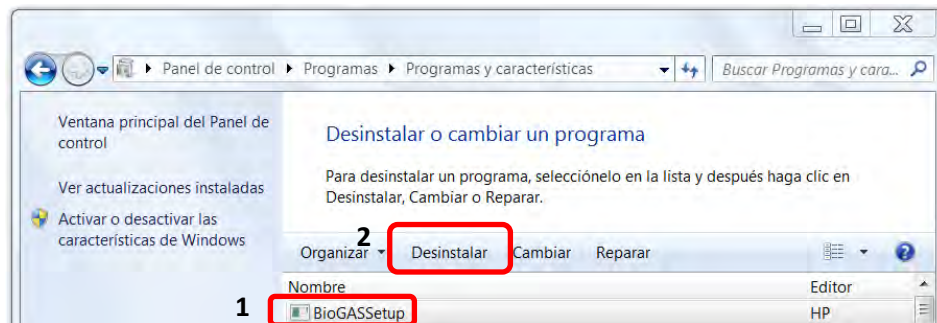
Para el caso propuesto se realiza la conexión con base de datos mediante el software Excel de Microsoft® Office® 2010, lo cual puede permitir un posterior tratamiento estadístico.

	A	B	C	D	E
1	ID	Temperatura (°C)	Presion (Pascal)	Metano(ppm)	Fecha y Hora
2	1289	13,65126	1.775,54126	98,19126	29/06/2013 10:16
3	1290	14,25366	1.776,14366	98,79366	29/06/2013 10:17
4	1291	14,17812	1.776,06812	98,71812	29/06/2013 10:17
5	1292	14,24886	1.776,13886	98,78886	29/06/2013 10:18
6	1293	14,20530	1.776,09530	98,74530	29/06/2013 10:18
7	1294	13,82405	1.775,71405	98,36405	29/06/2013 10:19
8	1295	13,75237	1.775,64237	98,29237	29/06/2013 10:20
9	1296	13,59146	1.775,48146	98,13146	29/06/2013 10:20
10	1297	14,17082	1.776,06082	98,71082	29/06/2013 10:21
11	1298	14,01359	1.775,90359	98,55359	29/06/2013 10:21
12	1299	13,62263	1.775,51263	98,16263	29/06/2013 10:22
13	1300	13,49709	1.775,38709	98,03709	29/06/2013 10:22
14	1301	13,81002	1.775,70002	98,35002	29/06/2013 10:23
15	1302	14,18202	1.776,07202	98,72202	29/06/2013 10:23
16	1303	13,89316	1.775,78316	98,43316	29/06/2013 10:24
17	1304	13,62049	1.775,51049	98,16049	29/06/2013 10:40
18	1305	14,07346	1.775,96346	98,61346	29/06/2013 10:40
19	1306	13,34534	1.775,23534	97,88534	29/06/2013 10:41
20	1307	13,45559	1.775,34559	97,99559	29/06/2013 10:42
21	1308	13,75387	1.775,64387	98,29387	29/06/2013 10:42

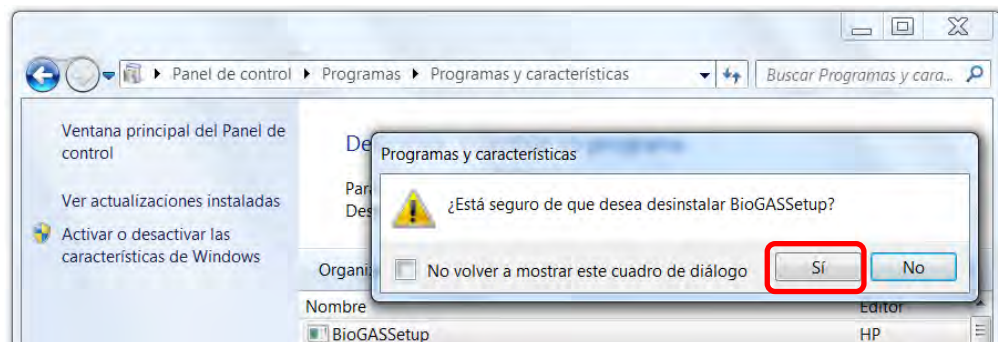
Nota: Se informa que este tipo de conexión a base de datos no es imperativo realizarlo con el paquete de Microsoft® Office® 2010, tan solo se realiza con el fin de demostrar el proceso que se podría estar llevando a cabo para un posterior tratamiento de los datos e información almacenada mediante el software BIOGAS. El usuario se encuentra en la libertad de manipular esta información con cualquier tipo de software que le permita realizar tales actividades.

8. Desinstalación Del Software BIOGAS

La desinstalación del software BIOGAS, se puede llevar a cabo siguiendo los pasos Panel de control -> Programas -> Programas y características -> Desinstalar un programa. Seleccionar *BioGASSetup* (1) de entre el listado y dar clic en *Desinstalar* (2).



Aceptar los permisos de desinstalación, dando clic a *si* para continuar con la desinstalación.



Esperar un momento mientras el proceso de desinstalación se lleva a cabo.

Finalmente tras el avance de la barra de progreso el software se desinstala.

