



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BIODIGESTOR HINDÚ
ANAEROBIO EN LA FINCA “LOS CUENCANOS” DE LA
PARROQUIA GARCÍA MORENO”

Trabajo de titulación presentado para optar al grado académico de:

INGENIEROS EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORES: GARCÍA SÁNCHEZ JENNYFER GREIS
LEÓN WAMPUTSRIK ELIECER GONZALINO
TUTOR: DR. GERARDO LEÓN

Riobamba – Ecuador
2015

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

El Tribunal de Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BIODIGESTOR HINDÚ ANAEROBIO EN LA FINCA “LOS CUENCANOS” DE LA PARROQUIA GARCÍA MORENO”, de responsabilidad de la señorita Jennyfer Greis García Sánchez y del señor Eliecer Gonzalino León Wamputsrik, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

Dr. Gerardo León
**DIRECTOR DE TRABAJO
DE TITULACIÓN**

Ing. María Fernanda Rivera
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Mónica Murillo
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

**DOCUMENTALISTA
SISBIB ESPOCH**

Nosotros, Jennyfer Greis García Sánchez, Eliecer Gonzalino León Wamputsrik, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación; y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación, pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

JENNYFER GREIS GARCÍA SÁNCHEZ

ELIECER GONZALINO LEÓN WAMPUTSRIK

DEDICATORIA

Dedico este Trabajo de Titulación especialmente a DIOS que ha estado conmigo para guiar siempre mis pasos, dándome sabiduría e inteligencia, salud y perseverancia para lograr mis metas.

A mis papitos hermosos José Eduardo García Benavides y María Sánchez Miranda, a quien debo todo lo que soy, por ser el pilar de mi vida, por sus sabios consejos, por ser mi apoyo incondicional en todo momento, depositando su entera confianza en cada paso que he dado, los amo mucho.

A mi hermano Scott Glenn García Sánchez, ya que hemos estado siempre ayudándonos y superando cada adversidad, obstáculo que se nos ha presentado, lo amo mucho.

A mi abuelita Rosario Miranda, que supo brindarme su apoyo incondicional en cada momento.

A mi novio Jean Carlos Andrade, que ocupa un lugar muy importante en mi vida, nunca me ha dejado sola, me ha acompañado en todo momento, brindándome su amor y apoyo incondicional para ayudarme a cumplir con mis sueños, lo amo mucho.

De manera especial dedico este logro en memoria de quien fue una gran mujer, mi abuelita Enma Angélica Benavides, que desde aquí hasta la eternidad su recuerdo estará siempre conmigo. La extraño mucho.

Jennyfer

Dedico este trabajo a mi esposa Rosa Andy y a mis hijos Saúl León, Yarelys León por darme amor, ternura y motivarme a terminar mi carrera universitaria.

A mis padres Segundo León y María Josefina Wamputsrik, por darme la vida, amor y por enseñarme a ser una persona persistente para alcanzar los objetivos planteados.

Dedico también a mis hermanos; Wilmer León, Liana León, Erlinda León, Javier León y Frank León por estar siempre a mi lado apoyándome en los buenos y malos momentos de mi vida.

A mis cuñados/as; Remigio, Julio, Mirian, Jesica y Daney, por ser también las personas que han velado y apoyado para que termine mis estudios universitarios.

A mi tía Roselina, por encaminarme al estudio y a la formación como profesional.

Al Sr. Arturo Andy y Sra. Lidia Yumbo, por apoyarme incondicionalmente y estar pendientes de las necesidades para terminar los estudios.

Como también dedico este trabajo a todos mis amigos y compañeros de aula; José, Andrés, Nelson, Jorge, Alejandro, Darwin, Jefferson, Carlos, Marilyn, Jennyfer, Eliana, Yuly, Natacha, por estar conmigo y compartir muchos momentos de tristezas, alegrías y ser partícipes de mi formación como profesional durante toda la carrera universitaria.

Eliecer

AGRADECIMIENTO

El infinito agradecimiento a papito DIOS por darme la vida, la sabiduría y fortaleza necesaria para cumplir un reto más en mi vida.

Agradezco a mis padres, José Eduardo García Benavides y María Sánchez Miranda, quienes han estado conmigo siempre, apoyándome incondicionalmente y dándome ánimos para seguir adelante.

A mi hermano Scott Glenn García Sánchez, que supo comprenderme y entender en todo instante.

A mi querido novio Jean Andrade, por el apoyo incondicional y respaldo recibido en todo este tiempo.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por brindarme conocimientos dentro de sus aulas y formarme como profesional útil a la sociedad.

De manera especial, al Dr. Gerardo León, Director del Trabajo de Titulación, a la Ing. Fernanda Rivera, Miembro del Trabajo de Titulación, quienes con dedicación, preocupación y con sus conocimientos, aportaron para que iniciara y concluyera con éxito esta investigación.

Al Sr. Juan Cuenca y a la Sra. Rosa Alvarado, por darnos toda la apertura necesaria para el desarrollo de este proyecto.

Jennyfer

Agradezco a Dios, por darme las fuerzas, salud y dedicación para culminar mi carrera universitaria y sobre todo por guiarme a la terminación del trabajo de titulación.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por brindarme conocimientos dentro de sus aulas y formarme como profesional útil ante la sociedad.

De manera especial, al Dr. Gerardo León, Director de Tesis, a la Ing. Fernanda Rivera, Asesora de Tesis, quienes con dedicación, preocupación y con sus conocimientos, aportaron para iniciar y concluir con éxito esta investigación.

A mis profesores y amigos de la carrera de Ing. en Biotecnología Ambiental, quienes han puesto todo sus esfuerzos para hacer de mi persona un profesional de bien para el país.

Al Sr. Juan Cuenca y a la Sra. Rosa Alvarado, por darnos toda la apertura necesaria para el desarrollo de este proyecto.

Eliecer

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

| | |
|----------------------|--|
| °C | Grados Centígrados |
| C/N | Relación Carbono Nitrógeno |
| g | Gramo |
| m² | Metro cuadrado |
| L | Litro |
| cm | Centímetro |
| L/s | Litros por segundo |
| mg | Miligramo |
| kg | Kilogramo |
| m | Metro |
| m³ | Metro cúbico |
| ST | Sólidos Totales |
| TRH | Tiempo de Retención Hidráulico |
| GLP | Gas Licuado de Petróleo |
| pH | Potencial de Hidrógeno |
| °T | Temperatura |
| h | Hora |
| s | Segundo |
| LABSU | Laboratorio de Aguas, Suelos, Alimentos y Balanceados. |
| Kg E.F | Kilogramo de Estiércol Fresco. |
| Kg S.T | Kilogramo de Sólidos Totales. |
| Kg GLP | Kilogramo de Gas Licuado de Petróleo. |
| L E.F | Litros de Estiércol Fresco. |
| Vtb | Volumen del tanque del biodigestor. |
| Vnb | Volumen neto del biodigestor. |

| | |
|---------------------------------|---|
| $\emptyset b$ | Diámetro del biodigestor. |
| Hb | Altura del biodigestor. |
| Hcb | Altura de la cámara de biodigestión. |
| HOMz | Altura que Ocupa la mezcla. |
| Vmz | Volumen de la mezcla. |
| Hrcd | Altura remanente de la cámara de digestión. |
| Bb | Base del biodigestor. |
| $\emptyset c$ | Diámetro de la campana. |
| Hcamp | Altura de la campana. |
| Vcamp | Volumen de la campana. |
| Hcúp | Altura de la cúpula. |
| HTcamp | Altura total de la campana. |
| Rccúp | Radio de la curvatura de la cúpula. |
| Rcamp | Radio de la campana. |
| Vcúp | Volumen de la cúpula. |
| Rcurv | Radio de la curvatura. |
| VTcamp | Volumen total de la campana. |
| AMSCampB | Altura máxima que sobresaldrá la campana del biodigestor. |
| AT BICamp | Altura total del biodigestor incluido campana. |
| Lce | Longitud de la caja de entrada. |
| Vce | Volumen de la caja de entrada. |
| L | Lados. |
| Ltce | Longitud total de la caja de entrada. |
| Vtce | Volumen total de caja de entrada. |
| Vcs | Volumen de la caja de salida. |
| D carg evac | Días de carga a evacuar. |
| Lcs | Longitud de la caja de salida. |

| | |
|-------------------|---|
| Vcs sd | Volumen de la caja de salida sobredimensionada. |
| L lcs | Longitud de los lados de la caja de salida. |
| Hcs | Altura de la caja de salida. |
| Vc lod | Volumen de la caja de lodos. |
| Lc lod | Longitud de la caja de lodos. |
| Vclod sd | Volumen de la caja de lodos sobredimensionada. |
| Lc lod sd | Longitud de la caja de lodos sobredimensionada. |
| Pc lod rBb | Profundidad de la caja de lodos con respecto a la Base del biodigestor. |

SIMBOLOGÍA

| | |
|-----------------------------------|-----------------------|
| CH₄ | Metano. |
| CO₂ | Dióxido de carbono. |
| In | Pulgada. |
| Π | Pi. |
| % | Porcentaje. |
| C | Carbono. |
| O₂ | Oxígeno. |
| N | Nitrógeno. |
| H₂ | Hidrógeno. |
| H₂O | Agua. |
| H₂S | Sulfuro de hidrógeno. |
| NH₄⁺ | Ión amonio. |
| NH₃ | Amoníaco. |
| P | Fósforo. |
| Ca | Calcio. |
| K | Potasio. |
| Mg | Magnesio. |
| Ø | Diámetro. |

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|-------------------------------------|-------|
| CERTIFICACIÓN..... | ii |
| DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD..... | iii |
| DEDICATORIA..... | iv |
| AGRADECIMIENTO..... | vi |
| ÍNDICE DE ABREVIATURAS..... | viii |
| SIMBOLOGÍA..... | xi |
| TABLA DE CONTENIDO..... | xii |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | xvii |
| ÍNDICE DE CUADROS..... | xix |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | xx |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS..... | xxi |
| ÍNDICE DE ANEXOS..... | xxii |
| RESUMEN..... | xxiii |
| SUMARY..... | xxiv |
| INTRODUCCIÓN..... | - 1 - |
| JUSTIFICACIÓN..... | - 2 - |
| OBJETIVOS..... | - 2 - |
| Objetivo General..... | - 2 - |
| Objetivos Específicos..... | - 2 - |

CAPÍTULO I

| | | |
|-------|--|-------|
| 1 | MARCO TEÓRICO..... | - 3 - |
| 1.1 | Estiércol..... | - 4 - |
| 1.1.1 | <i>Estiércol de ganado bovino.....</i> | - 4 - |
| 1.1.2 | <i>Estiércol de ganado porcino.....</i> | - 5 - |
| 1.1.3 | <i>Composición y características del estiércol.....</i> | - 5 - |
| 1.2 | Biogás..... | - 5 - |
| 1.2.1 | <i>Características del Biogás.....</i> | - 6 - |
| 1.2.2 | <i>Beneficio ambiental del biogás.....</i> | - 6 - |
| 1.2.3 | <i>Factores que afectan la producción de biogás.....</i> | - 6 - |

| | | |
|----------|--|--------|
| 1.2.3.1 | <i>Tipo de materia prima</i> | - 7 - |
| 1.2.3.2 | <i>pH</i> | - 7 - |
| 1.2.3.3 | <i>Temperatura del sustrato</i> | - 7 - |
| 1.2.3.4 | <i>Velocidad de carga volumétrica</i> | - 8 - |
| 1.2.3.5 | <i>Tiempo de retención hidráulico</i> | - 8 - |
| 1.2.3.6 | <i>Contenido de sólidos</i> | - 8 - |
| 1.2.3.7 | <i>Inclusión de inoculantes</i> | - 9 - |
| 1.2.3.8 | <i>Relación carbono/nitrógeno (C/N) en las excretas</i> | - 9 - |
| 1.2.3.9 | <i>Inhibidores</i> | - 10 - |
| 1.2.3.10 | <i>La digestión anaerobia</i> | - 10 - |
| 1.2.4 | <i>Uso del biogás</i> | - 11 - |
| 1.3 | <i>El biol</i> | - 12 - |
| 1.3.1 | <i>Macro y micro elementos del biol</i> | - 12 - |
| 1.3.2 | <i>Ventajas del uso del biol</i> | - 12 - |
| 1.3.3 | <i>Desventajas del uso del biol</i> | - 13 - |
| 1.4 | <i>Disponibilidad para empezar el proceso de digestión anaerobia</i> | - 13 - |
| 1.5 | <i>Tipos de biodigestores</i> | - 14 - |
| 1.5.1 | <i>Biodigestor tipo Chino o de Cúpula Fija</i> | - 14 - |
| 1.5.2 | <i>Biodigestor tipo Hindú o de Campana flotante</i> | - 14 - |
| 1.5.3 | <i>Biodigestor tipo Taiwanés o de Estructura flexible</i> | - 15 - |

CAPÍTULO II

| | | |
|-----------|---|--------|
| 2 | MARCO METODOLÓGICO | - 17 - |
| 2.1 | <i>Área de estudio</i> | - 17 - |
| 2.1.1 | <i>Ubicación geográfica</i> | - 17 - |
| 2.1.1.1 | <i>Macrolocalización</i> | - 17 - |
| 2.1.1.2 | <i>Microlocalización</i> | - 20 - |
| 2.2 | <i>Metodología</i> | - 20 - |
| 2.2.1 | <i>Levantamiento de la línea base ambiental</i> | - 21 - |
| 2.2.2 | <i>Cuantificación de la carga diaria del estiércol bovino y porcino disponible</i> .. | - 22 - |
| 2.2.3 | <i>Muestreo y caracterización del estiércol bovino y porcino</i> | - 23 - |
| 2.2.3.1 | <i>Metodología para el muestreo</i> | - 23 - |
| 2.2.3.2 | <i>Metodología para la caracterización del estiércol</i> | - 24 - |
| 2.2.3.2.1 | <i>Determinaciones de parámetros in-situ</i> | - 24 - |

| | | |
|-----------|--|--------|
| 2.2.3.2.2 | <i>Determinaciones ex-situ</i> | - 24- |
| 2.2.4 | <i>Localización del área de estudio</i> | - 25- |
| 2.2.5 | <i>Obtención y producción de biogás mediante dos biodigestores prototipos (Tipo Batch)</i> | - 26- |
| 2.2.5.1 | <i>Prototipo #1 relación 1:0.75</i> | - 26- |
| 2.2.5.2 | <i>Prototipo #2 relación 1:1</i> | - 29- |
| 2.2.6 | <i>Elección del biodigestor</i> | - 30- |
| 2.2.6.1 | <i>Preselección</i> | - 30- |
| 2.2.6.2 | <i>Factores a tomar en cuenta en la matriz de preselección</i> | - 31- |
| 2.2.6.3 | <i>Matrices para la selección del modelo de biodigestor</i> | - 32- |
| 2.2.7 | <i>Dimensionamiento del biodigestor hindú</i> | - 33 - |
| 2.2.8 | <i>Elaboración de planos</i> | - 45- |
| 2.2.9 | <i>Evaluación de Impacto Ambiental</i> | - 45- |
| 2.2.10 | <i>Construcción del biodigestor hindú</i> | - 53- |
| 2.2.11 | <i>Carga de la mezcla homogénea al biodigestor</i> | - 56- |
| 2.2.12 | <i>Funcionamiento del biodigestor</i> | - 57- |

CAPÍTULO III

| | | |
|-----------|--|-------|
| 3 | MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS | - 58- |
| 3.1 | Cálculos y resultados | - 58- |
| 3.1.1 | <i>Cálculos del dimensionamiento del biodigestor Hindú</i> | - 58- |
| 3.1.1.1 | <i>Cuantificación del estiércol fresco disponible</i> | - 58- |
| 3.1.1.2 | <i>Determinación de los m³ de biogás/día, en base a la materia prima disponible</i> | - 62- |
| 3.1.1.3 | <i>Cantidad en kg de GLP que se consume mensualmente en la finca</i> | - 63- |
| 3.1.1.4 | <i>Dimensionamiento de la cámara de digestión</i> | - 64- |
| 3.1.1.4.1 | <i>Cálculo de la mezcla (agua + estiércol), cargada al biodigestor</i> | - 64- |
| 3.1.1.4.2 | <i>Volumen del tanque del biodigestor</i> | - 64- |
| 3.1.1.4.3 | <i>Volumen neto del biodigestor</i> | - 65- |
| 3.1.1.4.4 | <i>Diámetro del biodigestor</i> | - 66- |
| 3.1.1.4.5 | <i>Altura de la cámara de digestión</i> | - 66- |
| 3.1.1.4.6 | <i>Altura que ocupa la mezcla</i> | - 67- |
| 3.1.1.4.7 | <i>Altura remanente de la cámara de digestión</i> | - 68- |

| | | |
|------------|---|-------|
| 3.1.1.4.8 | <i>Altura neta del biodigestor.....</i> | - 68- |
| 3.1.1.5 | <i>Dimensionamiento de la campana.....</i> | - 69- |
| 3.1.1.5.1 | <i>Diámetro de la campana.....</i> | - 69- |
| 3.1.1.5.2 | <i>Altura de la campana.....</i> | - 69- |
| 3.1.1.5.3 | <i>Volumen de la campana.....</i> | - 70- |
| 3.1.1.5.4 | <i>Altura total de la campana.....</i> | - 71- |
| 3.1.1.5.5 | <i>Altura de la cúpula.....</i> | - 71- |
| 3.1.1.5.6 | <i>Radio de la curvatura de la cúpula.....</i> | - 72- |
| 3.1.1.5.7 | <i>Volumen de la cúpula.....</i> | - 72- |
| 3.1.1.5.8 | <i>Volumen total de la campana.....</i> | - 73- |
| 3.1.1.5.9 | <i>Altura máxima que sobresaldrá la campana del biodigestor.....</i> | - 73- |
| 3.1.1.5.10 | <i>Altura total del biodigestor incluido campana.....</i> | - 74- |
| 3.1.1.6 | <i>Dimensionamiento de la caja de entrada.....</i> | - 74- |
| 3.1.1.6.1 | <i>Longitud de la caja de entrada.....</i> | - 75- |
| 3.1.1.6.2 | <i>Longitud total de la caja de entrada.....</i> | - 75- |
| 3.1.1.6.3 | <i>Volumen total de la caja de entrada.....</i> | - 76- |
| 3.1.1.7 | <i>Dimensionamiento de la caja de salida.....</i> | - 76- |
| 3.1.1.7.1 | <i>Volumen de la caja de salida.....</i> | - 77- |
| 3.1.1.7.2 | <i>Longitud de la caja de salida.....</i> | - 77- |
| 3.1.1.7.3 | <i>Volumen de la caja de salida sobredimensionada.....</i> | - 78- |
| 3.1.1.7.4 | <i>Longitud de los lados de la caja de salida.....</i> | - 79- |
| 3.1.1.7.5 | <i>Altura de la caja de salida.....</i> | - 79- |
| 3.1.1.8 | <i>Dimensionamiento de la caja de acumulación de lodos.....</i> | - 80- |
| 3.1.1.8.1 | <i>Volumen de la caja de lodos.....</i> | - 81- |
| 3.1.1.8.2 | <i>Longitud de la caja de lodos.....</i> | - 81- |
| 3.1.1.8.3 | <i>Volumen de la caja de lodos sobredimensionada.....</i> | - 82- |
| 3.1.1.8.4 | <i>Longitud de la caja de lodos sobredimensionada.....</i> | - 82- |
| 3.1.1.8.5 | <i>Profundidad de la caja de lodos con respecto a la altura de la mezcla del biodigestor.....</i> | - 83- |
| 3.1.1.8.6 | <i>Tiempo estimado para el mantenimiento del biodigestor.....</i> | - 83- |
| 3.1.2 | <i>Resultados.....</i> | - 85- |
| 3.1.2.1 | <i>Resultados de la caracterización del estiércol.....</i> | - 85- |
| 3.1.2.1.1 | <i>Resultado de Sólidos totales.....</i> | - 85- |
| 3.1.2.1.2 | <i>Resultado del Potencial de Hidrógeno. (pH).....</i> | - 86- |

| | | |
|-----------|--|-------|
| 3.1.2.1.3 | <i>Resultado de la Materia orgánica</i> | -87- |
| 3.1.2.1.4 | <i>Resultado de la Humedad</i> | -88- |
| 3.1.2.1.5 | <i>Resultado de la Ceniza</i> | -89- |
| 3.1.2.1.6 | <i>Resultado de la Relación Carbono – Nitrógeno (C/N)</i> | -90- |
| 3.1.2.2 | <i>Resultados de análisis post-tratamiento (Biol.)</i> | -91- |
| 3.2 | Análisis y Discusión de resultados..... | -92- |
| 3.2.1 | <i>Prototipos</i> | -92- |
| 3.2.2 | <i>Propuesta</i> | -99- |
| 3.2.3 | <i>Evaluación de Impactos Ambientales</i> | -99- |
| 3.2.4 | <i>Biodigestor Hindú</i> | -101- |
| 3.3 | Estimación del presupuesto de la construcción del biodigestor..... | -107- |
| | CONCLUSIONES..... | -111- |
| | RECOMENDACIONES..... | -113- |

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|--------------------|--|-------|
| Tabla 1-1. | Composición Química del Biogás..... | -6- |
| Tabla 2-1. | Efectos del pH en la producción de biogás..... | -7- |
| Tabla 3-1. | Rangos de temperatura para la digestión anaeróbica..... | -8- |
| Tabla 4-1. | Tiempo de retención dependiendo de la materia orgánica..... | -8- |
| Tabla 5-1. | Datos promedios sobre el contenido de sólidos totales..... | -9- |
| Tabla 6-1. | Relación C/N de las materias primas empleadas..... | -10- |
| Tabla 7-1. | Usos del Biogás..... | -11- |
| Tabla 8-1. | Composición química del biol..... | -12- |
| Tabla 9-2. | Ubicación Político Administrativo del proyecto..... | -17- |
| Tabla 10-2. | Coordenadas del lugar de estudio..... | -17- |
| Tabla 11-3. | Datos aproximados de Diseño para biodigestores destinados a la producción de biogás generados a partir de la mezcla homogénea, obtenidos a partir de un prototipo..... | -62- |
| Tabla 12-3. | Resultados de los análisis del Pre-Tratamiento en muestras de mezcla homogénea con estiércol bovino y porcino..... | -85- |
| Tabla 13-3. | Resultados obtenidos de la medición de biogás..... | -93- |
| Tabla 14-3. | Resultado de los litros de biogás a partir de los datos de ST determinados en el laboratorio (T.R 28 días) relación 1:0.75..... | -94- |
| Tabla 15-3. | Resultado en m ³ de biogás generado por los ST existentes en el prototipo..... | -94- |
| Tabla 16-3. | Resultado en m ³ de biogás, de acuerdo a los S.T obtenidos por cada Kg E.F..... | -95- |
| Tabla 17-3. | Resultado en m ³ de biogás, de acuerdo a 1 Kg S.T..... | -96- |
| Tabla 18-3. | Obtención de la medición de biogás de acuerdo al método de desplazamiento de líquido..... | -102- |
| Tabla 19-3. | Obtención de la medición de biogás en L..... | -102- |
| Tabla 20-3. | Resultados obtenidos de biogás en m ³ a una sola medición..... | -102- |
| Tabla 21-3. | Determinación del volumen de biogás en ml, de acuerdo a los ST determinados por el laboratorio existentes en 1kg EF..... | -103- |
| Tabla 22-3. | Determinación del volumen de biogás en ml, de acuerdo a los ST..... | -104- |
| Tabla 23-3. | Determinación del volumen de biogás en L, de acuerdo a los ST..... | -104- |

| | | |
|--------------------|--|-------|
| Tabla 24-3. | Resultado de biogás generados durante el proceso de producción, con un tiempo de retención de 28 días con relación en la mezcla de 1:0.75..... | -104- |
| Tabla 25-3. | Promedio de valores de temperatura obtenidos cada 7 días..... | -105- |
| Tabla 26-3. | Costo de los materiales del biodigestor Hindú | -108- |
| Tabla 27-3. | Costo de mano de obra directa..... | -107- |
| Tabla 28-3. | Gastos logísticos..... | -107- |
| Tabla 29-3. | Materiales de campo..... | -107- |
| Tabla 30-3. | Materiales de oficina..... | -108- |
| Tabla 31-3. | Análisis de laboratorio Pre-tratamiento..... | -108- |
| Tabla 32-3. | Análisis de laboratorio (Biol)..... | -108- |
| Tabla 33-3. | Costo total del proyecto..... | -109- |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|------|
| Cuadro 1-2. Parámetros Pre-Tratamiento analizados..... | -25- |
| Cuadro 2-2. Matriz de Preselección del Biodigestor tipo “Chino” o de Cúpula Fija..... | -32- |
| Cuadro 3-2. Matriz de Preselección del Biodigestor de “Estructura Flexible”..... | -32- |
| Cuadro 4-2. Matriz de Preselección del digestor tipo “Hindú”..... | -33- |
| Cuadro 5-2. Actividades que se efectuarán durante la construcción y operación..... | -51- |
| Cuadro 6-3. Determinación de estiércol diario de acuerdo al peso vivo de cada bovino. | -59- |
| Cuadro 7-3. Determinación de la materia prima disponible en bovinos..... | -60- |
| Cuadro 8-3. Determinación de estiércol diario de acuerdo al peso vivo de cada porcino. | -61- |
| Cuadro 9-3. Determinación de la materia prima disponible en porcinos..... | -61- |
| Cuadro 10-3. Total de materia prima disponible..... | -62- |
| Cuadro 11-3. Resultados de biol del biodigestor Hindú de la Finca “Los Cuencanos”... | -91- |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|------|
| Figura 1-1. Estiércol de bovinos en la finca “Los Cuencanos” | -4- |
| Figura 2-1. Estiércol de porcinos en la finca “Los Cuencanos” | -5- |
| Figura 3-1. Partes de un biodigestor tipo “Chino” | -14- |
| Figura 4-1. Partes de un biodigestor tipo “Hindú” | -15- |
| Figura 5-1. Biodigestor de polietileno..... | -16- |
| Figura 6-2. Localización de la Provincia de Orellana..... | -18- |
| Figura 7-2. Localización del cantón Fco. de Orellana..... | -19- |
| Figura 8-2. Localización de la parroquia y de la finca donde se ejecutará el proyecto..... | -20- |
| Figura 9-3. Vista superior del plano del biodigestor Hindú..... | -99- |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | | |
|----------------------|--|-------|
| Gráfico 1-3. | Sólidos Totales en estiércol fresco..... | -87- |
| Gráfico 2-3. | pH Estiércol Fresco..... | -87- |
| Gráfico 3-3. | % Materia orgánica Estiércol Fresco..... | -88- |
| Gráfico 4-3. | % Humedad Estiércol Fresco..... | -89- |
| Gráfico 5-3. | % Ceniza Estiércol Fresco..... | -90- |
| Gráfico 6-3. | Relación C/N Estiércol Fresco..... | -91- |
| Gráfico 7-3. | Análisis post- tratamiento..... | -92- |
| Gráfico 8-3. | Biogás obtenido por el método de desplazamiento de líquido... | -93- |
| Gráfico 9-3. | Producción de biogás generado por los ST existentes en el prototipo..... | -95- |
| Gráfico 10-3. | Variación de la temperatura..... | -97- |
| Gráfico 11-3. | Variación de la temperatura..... | -98- |
| Gráfico 12-3. | Volumen de biogás producido | -103- |
| Gráfico 13-3. | Variación de la temperatura..... | -105- |

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. BOVINOS DE RAZA BRAHMÁN ROJO.

ANEXO B. PORCINOS DE RAZA PORLANCHÍN.

ANEXO C. CUANTIFICACIÓN DE LA MATERIA PRIMA. (ESTIÉRCOL BOVINO Y PORCINO).

ANEXO D. TOMA DE MUESTRAS DE ESTIÉRCOL BOVINO Y PORCINO, PARA ANÁLISIS DE LABORATORIO PRE-TRATAMIENTO.

ANEXO E. LUGAR DONDE SE EJECUTARÁ EL PROYECTO.

ANEXO F. ESQUEMA DE LOS MATERIALES EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LOS BIODIGESTORES PROTOTIPOS (TIPO BATCH).

ANEXO G. ELABORACIÓN DE BIODIGESTORES PROTOTIPOS TIPO BATCH.

ANEXO H. PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN PROTOTIPO CON RELACIÓN (1:0.75)

ANEXO I. QUEMA DEL BIOGÁS PROVENIENTE DEL BIODIGESTOR PROTOTIPO (1:0.75), DURANTE EL (T.R 28 DÍAS).

ANEXO J. HOJA DE CONTROL DE LA TEMPERATURA Y pH DEL PROTOTIPO #1 RELACIÓN 1:0.75

ANEXO K. HOJA DE CONTROL DE LA TEMPERATURA Y pH DEL PROTOTIPO #2, RELACIÓN 1:1

ANEXO L. ESPECIES DE FLORA PRESENTES EN EL ÁREA DE INFLUENCIA.

ANEXO M. ESPECIES DE FAUNA PRESENTES EN EL ÁREA.

ANEXO N. MATRIZ DE LEOPOLD MODIFICADO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.

ANEXO Ñ. MATRIZ DE LEOPOLD MODIFICADO PARA LA VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.

ANEXO O. ETAPAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL BIODIGESTOR HINDÚ.

ANEXO P. CARGA DE LA MEZCLA HOMOGÉNEA AL BIODIGESTOR.

ANEXO Q. CONTROL DEL FUNCIONAMIENTO DEL BIODIGESTOR.

ANEXO R. HOJA DE CONTROL DE LA TEMPERATURA Y pH DEL BIODIGESTOR HINDÚ, RELACIÓN 1:0.75

ANEXO S. PLANOS.

ANEXO T. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO, MUESTRAS PRE-TRATAMIENTO.

ANEXO U. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO, MUESTRA DE BIOL POST-TRATAMIENTO.

ANEXO V. MANUAL DE OPERACIÓN DEL BIODIGESTOR HINDÚ.

RESUMEN

El objetivo de la investigación consistió en diseñar y construir un biodigestor Hindú para la producción de biogás mediante caracterización del estiércol homogéneo de ganado bovino y porcino usando análisis físicos-químicos en laboratorio, para la finca los Cuencanos de la parroquia García Moreno, Provincia de Orellana. Para el mismo se realizaron dos prototipos pilotos, por medio de los cuales se conoció la relación de mezcla entre los dos tipos de estiércol y la relación 1:0.75 agua estiércol. Para el efecto fue usado un envase de plástico de 6 L, mangueras de ½ pulgada, válvula de paso de ½ pulgada. Los resultados iniciales sirvieron para conocer el valor aproximado de producción de biogás y por medio de fórmulas ingenieriles diseñar el biodigestor requerido. Las estructuras del biodigestor se dividen en dos partes; la de concreto de 1.93 m de alto y 1.86 m de ancho, caja de entrada, caja de salida de biol y caja de lodos; la parte de acero inoxidable (gasómetro) de 1.54 m de alto y 1.28 m de ancho con capacidad de almacenamiento de biogás de 1.73 m³, con tiempo de retención de 28 días. Mediante el análisis pre-tratamiento se determina una concentración de sólidos totales de 19%, relación C/N 11,57 %, pH 7 y una temperatura del sustrato de 26°C. Determinando la producción en intervalos de siete días mediante la técnica de desplazamiento de líquido, produciendo 0.0285 m³ a 22°C, a los 14 días 0.038 m³ a 26 °C, a los 21 días se obtuvo 0.0532 m³ de biogás a 34°C y 0.0627 m³ a 37 °C con retención de 28 días y una eficiencia de 74%. Se concluye que el biodigestor produce 0.2 m³ de biogás/día, cumpliendo así la demanda de requerimiento energético para la finca. Se recomienda que la construcción de este sistema es una buena alternativa tecnológica para la producción de biogás y manejo de desechos provenientes de la crianza de animales en las fincas.

Palabras Clave: <BIODIGESTOR HINDÚ>, <BIOGÁS>, <HOMOGÉNEO>, <GASÓMETRO>, <PRE-TRATAMIENTO>, <SÓLIDOS TOTALES>, <SUSTRATO> <GARCÍA MORENO [Parroquia]> <FRANCISCO DE ORELLANA [Cantón]>

SUMMARY

This investigation aims to design and construct a Hindu biodigester to produce biogas by means of the homogenous-cattle and pig manure characterization using the laboratory physical-chemical analysis for Los Cuencanos farm at Garcia Moreno Parish, Province of Orellana. Two prototypes were carried whereby the mixture rate between the two types of manure and 1:0.75 water manure rate were determined. A 6 L plastic container, a $\frac{1}{2}$ inch hose and a $\frac{1}{2}$ inch shut-off valve were used. From the initial results, the approximate biogas production value was known. The engineering formula helped to design the required biodigester. Its structures are divided into two: 1) concrete was 1.93 m high and 1.86 m wide, an input box, a Biol output box, a mud box and 2) a stainless steel part (gas meter) 1.54 m high and 1.28 m wide to store biogas up to 1.73 m³ with retaining time of 28 days. The total solid concentration of 19%, C/N rate 11.57%, pH 7 and the substrate temperature 26°C were determined with the pretreatment analysis. Determining 7 day production intervals with the water displacement method and producing 0.0285 m³ at 22°C in 14 days, 0.038 m³ at 26°C in 14 days, 0.0532 m³ of biogas at 34°C in 21 days and 0.0627 m³ at 37°C in 28 days of retention and 74% of efficiency were gotten. It is concluded that the biodigester produces 0.2 m³ of biogas/day, that is, the energetic demand for the farm is met. It is recommended to construct this system since it is a good technological alternative to produce biogas and to handle farm animal-raising waste.

Key words: <HINDU BIODIGESTOR>; <BIOGAS>; <HOMOGENOUS>; <GASMETER>; <PRETREATMENT>; <TOTAL SOLID>; <SUBSTRATE>; <GARCIA MORENO Parish>; <FRANCISCO DE ORELLANA Canton>

INTRODUCCIÓN

El deterioro del ambiente ocurre directamente por la ejecución antropogénica, donde se ha visto afectado el agua, suelo, flora y fauna. La agropecuaria es uno de los trabajos que principalmente contaminan los recursos naturales, lo cual ha generado inquietud y por ende la importancia de revertir, haciendo uso de nuevas técnicas de reutilización y tratamientos de los residuos generados, con el fin de buscar nuevas alternativas que vayan en beneficio del ser humano y del ambiente en general.

El tratamiento de estiércol del ganado bovino y porcino, por medio de biodigestores se presenta como una alternativa transformadora para la depuración y utilización de sus desechos, tal situación enfoca la necesidad de diseñar y construir modelos guiándose en las tecnologías de biodigestores ya construidos, valorando la calidad de estos residuos debido a la condición ambiental en la que se encuentran estos sectores, de esta manera promover un adecuado manejo de las excretas que permitan optimizar el uso de los recursos naturales de una manera adecuada.

El trabajo de titulación se basa en, Diseñar y construir un biodigestor hindú anaerobio en la finca “Los Cuencanos” de la parroquia García Moreno, en el cantón Fco. de Orellana, provincia Orellana, con la finalidad de obtener una producción de biogás que pueda satisfacer la demanda de (GLP) para la cocción de alimentos y para el alumbrado de las porquerizas durante la época de parto de los porcinos. Al finalizar el proceso de descomposición, se aprovechará los bioabonos generados.

Para la ejecución del proyecto se mencionan varios tipos de biodigestores que actualmente han sido acogidos por varios ganaderos y agricultores en Ecuador, entre los cuales están el modelo Chino, Hindú y el de Bolsa flexible, para decidir en la elección del tipo de biodigestor se consideran matrices de decisión en las cuales se mencionan factores operacionales, económicos y la disposición o posibilidad de construcción, lo cual permitió seleccionar al biodigestor tipo Hindú como el más eficaz para la finca.

JUSTIFICACIÓN

La contaminación ambiental en la provincia de Orellana es notable por las industrias petroleras, sin embargo en las áreas de agropecuaria especialmente las zonas de crianza porcina y bovina, ya que vierten directa o indirectamente las excretas de los animales en las corrientes fluviales adyacentes, este método primitivo es altamente contaminante e invasivo porque produce en las comunidades aledañas malestares y daños a la salud, debido a que se abastecen y consumen de las aguas de los ríos contaminados.

Por tal motivo hemos planteado el diseño y construcción de un biodigestor Hindú en la finca “Los Cuencanos” ubicado en la parroquia García Moreno, el mismo que tendrá como fin primordial la eliminación de la contaminación producida en las construcciones y áreas que albergan a los animales, por ende la contaminación que sus excretas producen en las corrientes acuáticas que desembocan directamente al río Napo.

Es importante destacar que los habitantes de las comunidades en las áreas rurales, por medio de la construcción de biodigestores, a más de mitigar el impacto ambiental provocados por el estiércol de los animales, lograrán la autonomía energética mediante el uso del biogás producidos por los mismos y el aprovechamiento del bioabono que es utilizado como biofertilizante para los cultivos, obteniendo así a una buena producción de los cultivos y mejorando la calidad de vida de las familias.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- ❖ Diseñar y construir un Biodigestor Hindú anaerobio a partir de la mezcla homogénea de estiércol bovino y porcino en la finca “Los Cuencanos” de la parroquia García Moreno.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Caracterizar la calidad del estiércol del ganado bovino y porcino pre y post proceso de degradación de la materia.
- ❖ Realizar análisis de laboratorio físico-químico del estiércol.
- ❖ Dimensionar el diseño estructural del biodigestor en función de la cantidad de estiércol disponible para la producción de biogás.
- ❖ Construir un biodigestor apropiado, de acuerdo a las matrices de decisión existentes en bibliografía.

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO

Debido a la alta contaminación que existe en el planeta, nace la necesidad de manejar energías alternativas que favorezcan a la purificación ambiental y mitigación al cambio climático, y que por medio de su ejecución se logre conseguir tecnologías de bajo costo y fácil aplicación.

En el siglo XIX Pasteur, explica la posibilidad de utilizar la capacidad de combustión del metano para la producción de energía. (Glynn y Heinke, 1999, p.800).

En el continente asiático a inicios de 1950, específicamente en el país de la India se construyeron cámaras de fermentación a las cuales se las denominó biodigestores, fueron empleados para la producción de biogás y abonos orgánicos, desarrollados con estiércol y desechos vegetales. (Angelidaki y Ahring, 1994, p.727–731).

América latina está dentro de los principales promotores en la producción de biogás como una alternativa amigable con el Ambiente.

El conocimiento de la importancia que provoca la tecnología y los altos costos para su implementación, no ha permitido que se ejecuten proyectos enfocados a la producción de biogás en nuestro país.

Las ciudades de Ambato, Riobamba, Ibarra, Guayaquil, Quito y Cuenca han desarrollado biodigestores a pequeña escala para generar biogás, a partir de diferentes sustratos existentes en cada una de las zonas. (Gordón y Samaniego, 2014, p.4.).

Actualmente Imbabura es una de las provincias en la que existen cinco construcciones del biodigestor tipo Hindú, realizados con el propósito de prevenir la contaminación ambiental por las actividades agropecuarias. (Domínguez, 2010, p.4, 14).

En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se ha planteado el diseño de biodigestores tipo Hindú, Chino y de Polietileno, pero no han sido construidos.

En la provincia de Orellana actualmente existe un biodigestor tipo Chino en funcionamiento, diseñado y construido por estudiantes de la ESPOCH. Esta alternativa para producir biogás es desconocida por los pobladores de la provincia ya que tienen poco conocimiento del tema y sus desechos generados en las fincas no están siendo aprovechados.

En el sector García Moreno, existen varios finqueros dedicados a la crianza de animales como bovinos y porcinos, por ende habrá la completa disponibilidad de materia prima necesaria para nuestro biodigestor.

1.1 Estiércol

Es el producto final que se obtiene luego de varios procesos metabólicos y enzimáticos, tal es el caso de la fermentación anaerobia dentro del intestino animal.

Esta materia prima es manipulada para la obtención de biogás, se debe tomar en cuenta que el dimensionamiento de un biodigestor va depender de la caracterización del estiércol, considerando su cantidad formada o según su composición (sólidos totales, relación C/N).

1.1.1 Estiércol de ganado bovino.

El ganado bovino principalmente se alimenta de hierbas frescas que poseen un alto porcentaje de agua, generando así un estiércol acuoso con mayor contenido de microorganismos. Este tipo de estiércol, es el que más se produce en las zonas rurales, debido a que existen grandes extensiones de pastizales y por ende se da la crianza de ganado bovino.



Figura 1-1. Estiércol de bovinos en la finca “Los Cuencanos”.
Realizado por: García, J., León, E. 2015

1.1.2 Estiércol de ganado porcino.

Los porcinos alimentados con plátano, yuca, papas, granos, col y hojas de caña producen mejor estiércol que aquellos que consumen las sobras de la cocina. Este estiércol presenta la característica húmedo-jugosa, dependerá principalmente de la clase de alimento que se le proporcione al cerdo.



Figura 2-1. Estiércol de porcinos en la finca “Los Cuencanos”.
Realizado por: García, J., León, E. 2015

1.1.3 Composición y características del estiércol.

La mezcla homogénea en proporciones iguales de estiércol bovino de raza Brahman rojo y de porcinos de raza Porlachín, poseen una composición de aproximadamente un 81% de humedad, 19 % de sólidos totales, pH de 7.42y una relación de C/N de 12:1. (Balcázar, 2009a, p.6, 7).

1.2 Biogás.

Es producido naturalmente en un biodigestor en ausencia de oxígeno, se produce gracias a la ayuda de ciertas bacterias que son las que degradan los desechos orgánicos animal o vegetal, cumpliendo determinados procesos fermentativos. Siendo este una alternativa amigable con el ambiente.

El biogás se compone de varios gases, pero principalmente de metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂), esta producción dependerá especialmente del tipo alimento que reciba el ganado porcino y bovino, de la relación en la mezcla (agua-estiércol) y de la temperatura en la zona. (Varnero, 2011, p.16.).

Tabla 1-1. Composición Química del Biogás.

| COMPONENTES | FÓRMULA QUÍMICA | PORCENTAJE |
|----------------------|------------------------|-------------------|
| Metano | CH ₄ | 60-70 |
| Bióxido de Carbono | CO ₂ | 30-40 |
| Hidrógeno | H ₂ | Hasta 1.0 |
| Sulfuro de hidrógeno | H ₂ S | Hasta 1.0 |
| Nitrógeno | N ₂ | 0.5-3 |
| Monóxido de carbono | CO | 0.1 |
| Oxígeno | O ₂ | 0.1 |
| Ácido Sulfhídrico | H ₂ S | 0.1 |

Fuente: Albarracín, D., 1995.

1.2.1 Características del Biogás.

El biogás obtenido a partir de la fermentación (digestión) anaeróbica de los materiales orgánicos (estiércol), proporciona una temperatura que oscila desde los 700 ° C a 870 ° C. El gas producido durante los primeros 4 a 5 días, se debe dejar salir ya que contiene poco metano. (Álvarez et al., 2011: p.6).

1.2.2 Beneficio ambiental del biogás.

- ✓ Reducir la erosión de suelos.
- ✓ Controlar el equilibrio ecológico y la salud.
- ✓ Disminuir la proliferación de insectos y vectores.
- ✓ Evitar la contaminación por heces fecales en el ambiente.
- ✓ Ayuda al desarrollo sustentable.
- ✓ Aprovechar los desechos orgánicos y convertirlos en energías renovables.
- ✓ Promueve la higiene y salud de los seres vivos.
- ✓ Impedir que los gases generados por la descomposición del estiércol no aprovechado se emitan a la atmósfera.
- ✓ Permiten controlar y aprovechar el biogás.

1.2.3 Factores que afectan la producción de biogás.

Hay varios factores que intervienen directamente en la actividad metanogénica que realizan los microorganismos durante la transformación del sustrato a gas, entre ellos tenemos:

1.2.3.1 Tipo de materia prima.

La cantidad y calidad de la materia prima (estiércol), influirá principalmente de acuerdo al peso del animal y al tipo de alimentación que consuman, de acuerdo a aquello se favorecerá la obtención del biogás.

La mezcla homogénea del estiércol de bovinos y porcinos a manejar, favorece la producción de biogás en la zona de Orellana, debido a que el primordial alimento de los bovinos son los pastizales, hojas de la planta quiebra barriga y las hojas de la caña forrajera; y de los porcinos son los granos, col, papas, hojas de la caña forrajera, hojas de la planta quiebra barriga, plátano, yuca y desperdicios de la cocina. (Balcázar, 2009b, p. 17, 19, 20).

1.2.3.2 pH.

El pH es el factor que nos indicará cómo se desarrolla la fermentación en el biodigestor, el crecimiento microbiano y la obtención de metano. El pH para exista una buena actividad microbiana va entre 6.7 y 7.5 con límites de (6.5 a 8.0). (Monar, 2009, p.16).

Tabla 2-1. Valores aproximados de pH para la obtención de biogás.

| Efectos del pH en la producción de biogás | |
|--|--------------------------|
| Valor de Ph | Efecto |
| 7.0 – 7.2 | Óptimo |
| ≥ 6.2 | Retarda la acidificación |
| ≤ 7.6 | Retarda la amonización |

Fuente: Metcall-Eddy 1995.

1.2.3.3 Temperatura del sustrato.

Controlar la temperatura es importante para la producción de biogás, debido a que si aumenta la temperatura, menor será el tiempo de retención de la mezcla, dándonos como resultado final una buena población de bacterias metanogénicas, un proceso metabólico y una mejor descomposición del sustrato. (Balcázar, 2009c, p.16).

Tabla 3-1. Variación de temperatura para el crecimiento microbiano.

| Fermentación | Rango de temperatura (°C) | | | Tiempo de retención (días) |
|--------------|---------------------------|--------|--------|----------------------------|
| | Mínimo | Óptimo | Máximo | |
| Psicrofílica | 4-10 | 15-18 | 25-30 | 100 |
| Mesofílica | 15-20 | 28-33 | 35-45 | 30-60 |
| Termofílica | 25-45 | 50-60 | 75-80 | 10-16 |

Fuente: Rangos de temperatura en fermentación anaeróbica (Instituto de investigación, porcina, 2003).

1.2.3.4 Velocidad de carga volumétrica.

La velocidad de carga volumétrica, tiene relación directa con el volumen del biodigestor, tiempo de retención y el tipo de sustrato orgánico (estiércol + agua), al cargar diariamente en la cámara de digestión se expresa en m³ de mezcla/día.

1.2.3.5 Tiempo de retención hidráulico.

El volumen del sustrato orgánico que se carga diariamente al biodigestor está relacionado con el TRH, según se vaya aumentando la carga volumétrica se va a ir disminuyendo el TRH.

La temperatura es elemental para la obtención de biogás. Si la temperatura del sector donde se desarrollará el biodigestor es alta, el tiempo de retención va a ser menor, logrando así que las bacterias degraden rápidamente el sustrato orgánico.

Tabla 4-1. Tiempo de retención en distintos tipos de estiércol.

| TIEMPO DE RETENCIÓN EN DISTINTOS TIPOS DE ESTIÉRCOL | |
|---|------------|
| Materia prima | T.R (días) |
| Estiércol vacuno líquido | 20-30 |
| Estiércol porcino líquido | 15-25 |
| Estiércol aviar líquido | 20-40 |

Fuente: Technology of Biomass Gasification

1.2.3.6 Contenido de sólidos.

La progresión del contenido de sólidos es el causante de que se reduzca el crecimiento de las bacterias metanogénicas en el sustrato, afectando la actividad y obtención de biogás.

De acuerdo a análisis realizados en el cantón Fco. de Orellana (LABORATORIO LABSU 2015), la mezcla homogénea del estiércol de ganado bovino y porcino, contienen un 19% de sólidos totales.

Tabla 5-1. Porcentaje de sólidos totales de acuerdo a la materia prima.

| Materias primas | % Sólidos totales |
|------------------------|--------------------------|
| Bovinos | 13.4 – 56.2 |
| Porcinos | 15.0 – 49.0 |
| Aves | 26.0 – 92.0 |

Fuente: Varnero y Arellano, 1991.

1.2.3.7 Inclusión de inoculantes.

Durante el crecimiento bacteriano se observan tres fases, la de arranque, estabilización, y la de declinación. Con el fin de apresurar o acortar la primera etapa, se añadió al biodigestor rumen de ganado bovino, adquirido en el camal del GADMFO, ya que este es rico en bacterias, permitiendo así acelerar el aumento de población microbiana dentro del biodigestor. (Lara y Hidalgo, 2011, p.31).

1.2.3.8 Relación carbono/nitrógeno (C/N) en las excretas.

El carbono que existe en las excretas de los animales es degradado por las bacterias, transformándolo en metano (CH₄). El aumento bacteriano y la producción de biogás ocurren gracias a la intervención del nitrógeno como catalizador. (Castillos, 2006, p.21).

La relación de C/N de la mezcla homogénea de estiércol “fresco” de ganado bovino raza Brahman rojo y porcino de raza Porlanchín, en el cantón Francisco de Orellana perteneciente a la provincia de Orellana, del sector “García Moreno” de acuerdo a los análisis realizados en el Laboratorio LABSU es de 12:1

Los especialistas en la conducción de biodigestores establecen que la relación C/N óptima en la materia prima está en un rango de 30:1 hasta 10:1

Tabla 6-1. Relación carbono/nitrógeno de acuerdo al sustrato utilizado.

| Materias primas | Contenido de carbono de las materias primas por peso (%) | Contenido de nitrógeno de las materias primas por peso (%) | Relación carbono a nitrógeno (C/N) |
|-----------------------------|---|---|---|
| Estiércol fresco de bovinos | 7.3 | 0.29 | 25:1 |
| Estiércol fresco de cerdo | 7.8 | 0.60 | 13:1 |
| Estiércol fresco de caballo | 10 | 0.42 | 24:1 |
| Estiércol fresco de oveja | 16 | 0.55 | 29:1 |
| Excretas frescas humanas | 2.5 | 0.85 | 2.9:1 |
| Estiércol de aves | 41 | 1.30 | 32:1 |

Fuente: (FAO, 1986).

1.2.3.9 Inhibidores.

Los iones metálicos son fuertes inhibidores, estos compuestos inhabilitan la digestión y afectan la producción de biogás, igualmente la presencia de detergentes empleados en el aseo de los animales y los antibióticos empleados durante alguna dolencia de los mismos, en fijadas concentraciones pueden inhibir e incluso obstaculizar el proceso fermentativo. (Guillén, 2010, p. 27).

Antes de la obtención de la materia prima, se debe tomar en cuenta que a los animales en los últimos 6 meses no se les haya suministrado antibióticos o algún tipo de antiséptico.

1.2.3.10 La digestión anaerobia.

Es una actividad donde se da la descomposición de la materia orgánica sin presencia de oxígeno, todo este proceso ocurre con la ayuda de bacterias anaerobias, mientras avanza la digestión da lugar a la aparición de bacterias metanogénicas, las cuales se encargan de convertir el estiércol animal o material vegetal en biogás. (Campos, 2001., p. 23).

- **Etapas de la digestión anaeróbica.**

Durante la digestión anaerobia ocurren tres etapas importantes las cuales son:

- ✓ Hidrólisis y Fermentación.
- ✓ Acetogénesis.
- ✓ Metanogénesis.

• **Primera Etapa: Hidrólisis y Fermentación.**

En esta etapa la materia orgánica es transformada en ácidos orgánicos, liberando hidrógeno y dióxido de carbono, actuando principalmente un grupo complejo de bacterias que en su mayoría son anaerobios facultativos.

• **Segunda Etapa: Acetogénesis.**

En esta segunda etapa realizan el trabajo las bacterias acetogénicas, donde transforman los ácidos orgánicos a grupo acético $\text{CH}_3\text{-COOH}$ más hidrógeno y dióxido de carbono. Para que se de este proceso se requiere de una reacción endoenergética, con la intervención de las bacterias metanogénicas y bacterias acetogénicas.

• **Tercera Etapa: Metanogénesis.**

En esta etapa se obtiene el metano y dióxido de carbono a partir de acetato junto a otros ácidos orgánicos de cadena corta.

1.2.4 Uso del biogás.

El biogás se crea a través de la degradación de residuos orgánicos en alejamiento de oxígeno, se lo puede usar energéticamente en la cocción de alimentos, encendido de motores generadores de electricidad y calor.

Tabla 7-1. Aplicación del Biogás según el requerimiento.

| APLICACIÓN | | PRODUCCIÓN |
|----------------------|---------------------|---------------------------|
| CALOR | Quemadores, estufas | Calor |
| | Lámparas | Iluminación y calor |
| | Cogeneración | Electricidad y calor |
| POTENCIA MECÁNICA | Motores | Energía eléctrica y calor |

Fuente: (Hilbert, 1998)

1.3 El Biol

Es un fertilizante muy efectivo que se obtiene mediante la degradación anaerobia de los desechos orgánicos (estiércol de animales), en este proceso participan microorganismos que convierten el nitrógeno a una forma más básica (NH₄) facilitando la asimilación en plantas, además de que este fertilizante contiene hormonas que ayudan a mejorar la fertilidad del suelo en el que se aplica y se consigue una buena productividad.

1.3.1 Macro y micro elementos del biol.

Los macro y micro elementos del biol está constituida principalmente por nutrientes como: N, P, K, Mg. A continuación se indica la tabla de macro y micro elementos del biol, derivados de fermentación del estiércol bovino y porcino.

Tabla 8-1. Macro y micro elementos del biol.

| COMPONENTES | BIOL BOVINO | BIOL PORCINO |
|-------------------------------------|-------------|--------------|
| N total (%) | 0.528 | ----- |
| NH ₃ (g/l) | 0.659 | 0.745 |
| NH ₄ (g/l) | 0.97 | 0.83105 |
| P (g/l) | 0.0263 | 0.0133 |
| PO ₄ (g/l) | 0.081 | 0.039 |
| P ₂ O ₅ (g/l) | 0.0604 | 0.0328 |
| K (g/l) | 1.062 | 0.521 |
| Na (g/l) | 0.24741 | 0.23156 |
| Ca (g/l) | 0.00035 | 0.00017 |
| Mg (g/l) | 0.19056 | 0.129 |
| Cu (g/l) | 0.0001 | 0.0001 |
| Zn (g/l) | 0.0005 | 0.0038 |
| Fe (g/l) | 0.00142 | 0.00126 |

Fuente: Autor: Cano, M., Sainoz, E., et. al., 2012

1.3.2 Ventajas del uso del biol:

- ✓ Sirve como fertilizante líquido.
- ✓ Da fuerza al cultivo, permitiéndole soportar los ataques de enfermedades y efectos desfavorables del clima.
- ✓ Es un abono natural que no contamina el ambiente ni los frutos conseguidos de las plantas.
- ✓ Incrementa los nutrientes del suelo.
- ✓ Su costo es bajo y para su elaboración se ocupan los recursos generados en la zona.

1.3.3 Desventajas del uso del biol:

- ✓ En los biodigestores la caja de salida donde se acumulará el biol debe ser protegida de la radiación solar, debido a que este producto puede dañarse y por ende bajar su tiempo de utilidad.
- ✓ Durante su descomposición el biol presenta un olor molesto para el olfato de quienes lo perciben.
- ✓ La producción de biol va a depender de la temperatura ambiental de la zona donde ha sido construido el biodigestor.

1.4 Disponibilidad para empezar el proceso de digestión anaerobia

La abundancia de carga en el biodigestor conlleva a la inestabilidad del proceso de degradación. En la digestión anaerobia actúan dos tipos de bacterias y para que se dé una buena digestión del sustrato debe existir una buena relación simbiótica entre ellas.

Las bacterias metanogénicas solo pueden trabajar en lugares anaerobios, y un pequeño desequilibrio ya sea en el pH o T° puede afectar al microorganismo y por ende a la producción de biogás.

Todo esto significa que una adecuada operación del biodigestor anaerobio depende del sostenimiento y de un ambiente óptimo para que trabajen eficientemente las bacterias productoras de biogás. Estas bacterias son las esenciales consumidoras de ácido orgánico producido por las bacterias acidogénicas para luego dar a la formación de biogás.

Cuando el sustrato no está siendo digerido, aparece un fuerte olor a ácido en el biodigestor, esto nos indica que el pH es cada vez más bajo debido a que las bacterias metanogénicas no pueden crecer fácilmente.

1.5 Tipos de biodigestores.

1.5.1 Biodigestor tipo Chino o de Cúpula Fija.

El biodigestor de tipo chino o de cúpula fija es originario de la China, siendo un medio hermético en forma de tanque cilíndrico que va completamente escondido dentro de la tierra. Posee dos cámaras una de carga y la otra de descarga, es construido de ladrillos o de concreto armado con el fin de evitar fugas del sustrato cargado. Posee un tiempo de vida útil mayor a 15 años según el mantenimiento que se le dé.

En este tipo de biodigestor el biogás generado es almacenado dentro de la cúpula fija. Son eficientes en la generación de bioabono, debido a que el T.R es extenso.

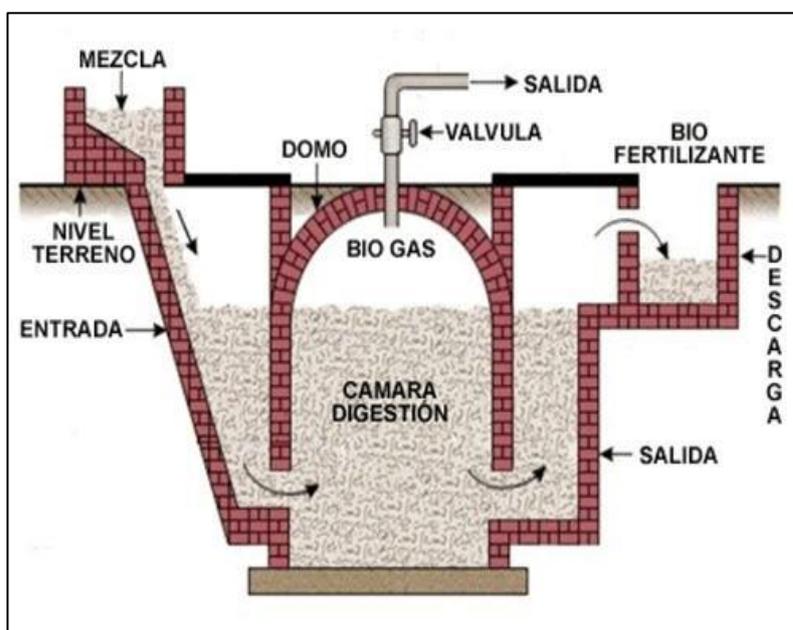


Figura 3-1. Vista transversal de un biodigestor “Chino”

Fuente: El Biogás. Jairo Chaúr Bernal

1.5.2 Biodigestor tipo Hindú o de campana flotante.

El biodigestor tipo Hindú o de campana flotante tuvo su origen en la India, este biodigestor consiste en un pozo vertical, puede ser construido de ladrillo o concreto armado, internamente consta de una campana flotante que puede ser de acero inoxidable o de plástico, es almacenadora de biogás y cuando el biogás empieza a producirse esta se eleva según la presión ejercida en ella.

Además el tanque de almacenamiento está conectado por dos tubos de PVC, el uno está ubicado en la caja de entrada para permitir el ingreso del sustrato (agua-estiércol) y el otro tubo se encuentra en la caja de salida para la descarga del bioabono (biol).

Su tiempo de vida útil está comprendido en un promedio de 20 años, según el mantenimiento que se realice.

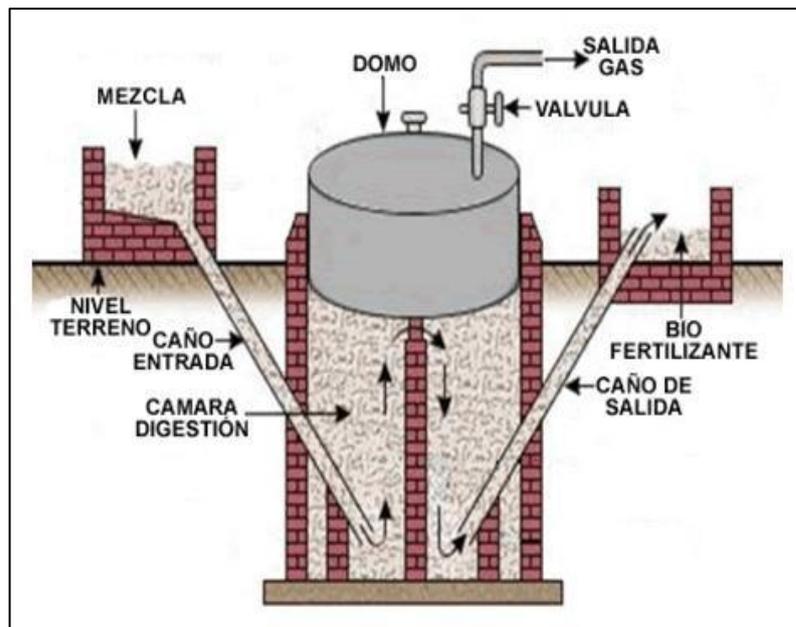


Figura 4-1. Vista transversal de un biodigestor "Hindú"
Fuente: El Biogás. Jairo Chaúr Bernal

1.5.3 Biodigestor tipo Taiwanés o de estructura flexible.

El biodigestor tipo Taiwanés o de estructura flexible tiene su origen en Taiwán, está construido de polietileno dándole una forma alargada como de salchicha. El biogás se almacena en la parte superior, esta se va hinchando paulatinamente con baja presión.

Contiene dos tuberías, una para la carga del sustrato (estiércol-agua) y la otra para la salida del (biol).

Este tipo de biodigestor es muy fácil de construir y es económico. Su desventaja es que tiene poco tiempo de vida útil, viéndose en la necesidad de construir uno nuevo cada tres años. También es muy delicado, puede sufrir roturas debido a las condiciones climáticas del lugar donde sean instalados y al igual por la influencia de acciones de los animales e incluso del hombre.



Figura 5-1. Biodigestor de polietileno.

Fuente: Biodigestores. Una Alternativa a la Autosuficiencia Energética.

CAPÍTULO II

2 MARCO METODOLÓGICO

2.1 Área de estudio.

2.1.1 Ubicación geográfica

La finca “Los Cuencanos” se encuentra ubicada en la Parroquia García Moreno, situada a 8 Km vía los Zorros, desde la ciudad Francisco de Orellana perteneciente a la provincia de Orellana.

2.1.1.1 Macrolocalización

Tabla 9-2. Ubicación Político Administrativo del proyecto.

| Localización Geográfica | |
|--------------------------------|-----------------------|
| País | Ecuador |
| Región | Amazonía |
| Provincia | Orellana |
| Cantón | Francisco de Orellana |
| Parroquia | García Moreno |

Realizado por: García, J., León, E. 2015

Tabla 10-2. Coordenadas del lugar de estudio

| Longitud (18 S) | Latitud (UTM) |
|------------------------|----------------------|
| 275548 | 9941757 |
| 275549 | 9941759 |

Realizado por: García, J., León, E. 2015

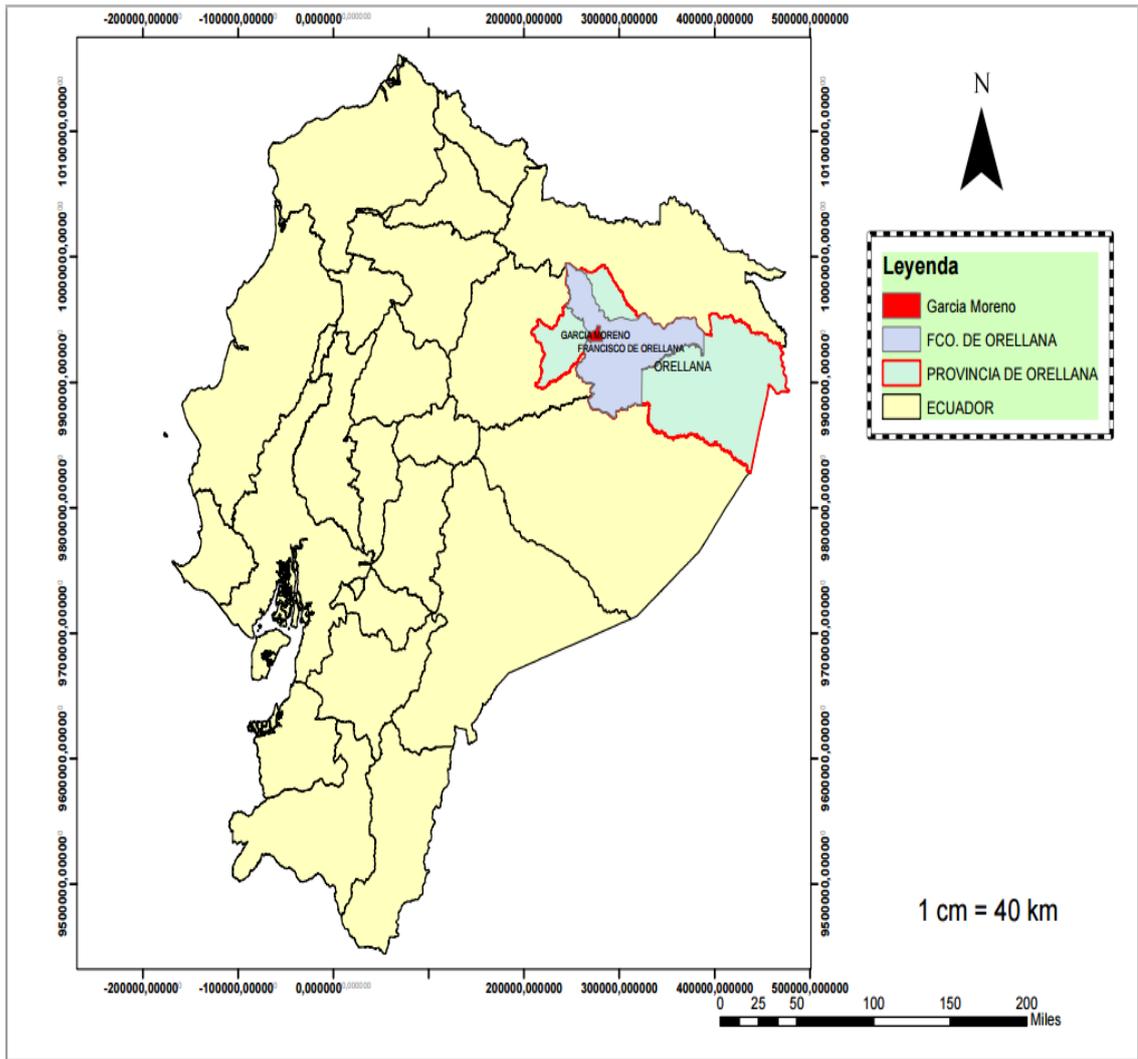


Figura 6-2. Localización de la Provincia de Orellana.
 Realizado por: García, J., León, E. 2015

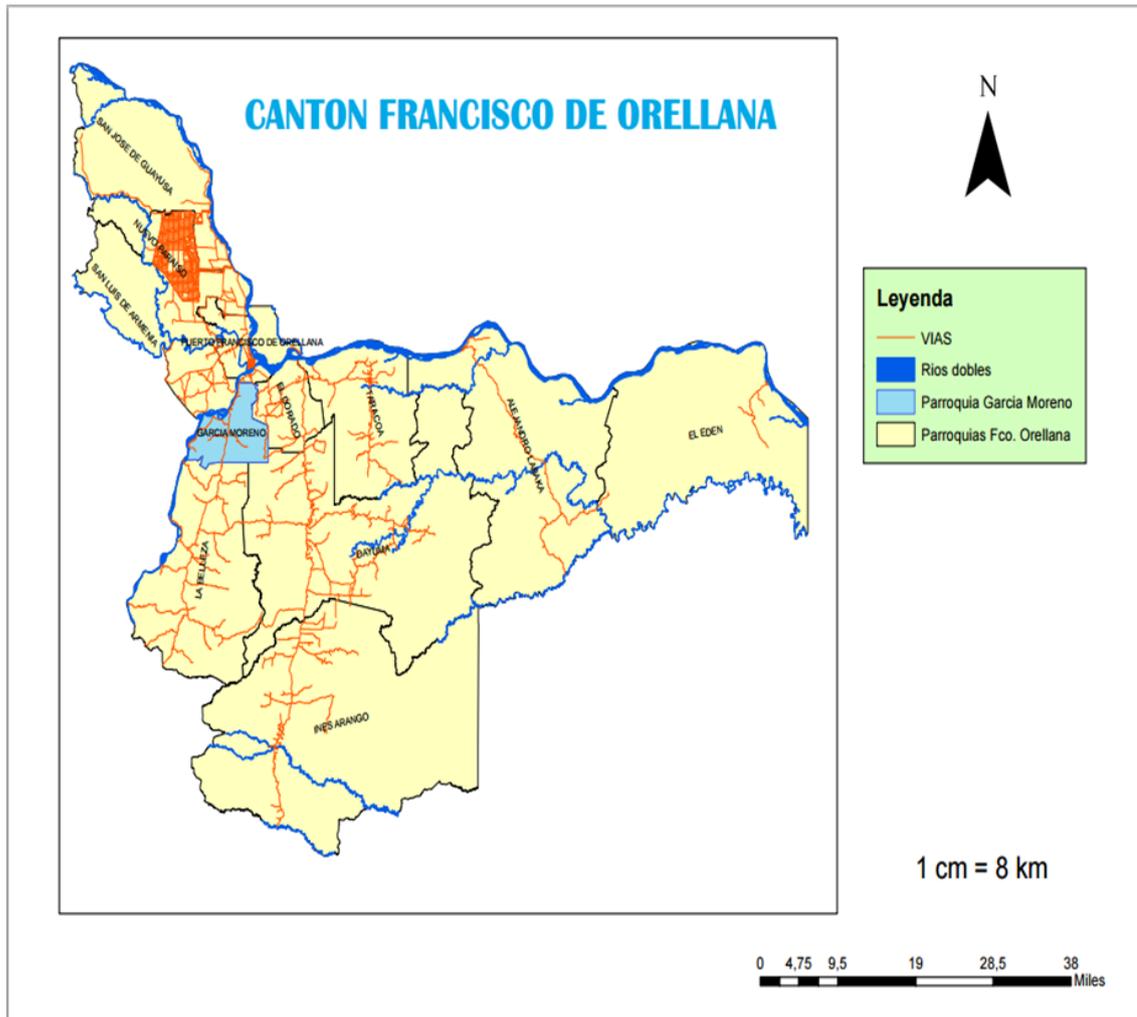


Figura 7-2. Localización del cantón Fco. de Orellana.
Realizado por: García, J., León, E. 2015

La parroquia García Moreno consta con los siguientes límites:

AL NORTE: Con la Parroquia Puerto. Fco. De Orellana.

AL SUR: Con la Parroquia La Belleza.

AL ESTE: Con la Parroquia El Dorado.

AL OESTE: Con la Parroquia San Luis de Armenia.

2.1.1.2 Microlocalización.

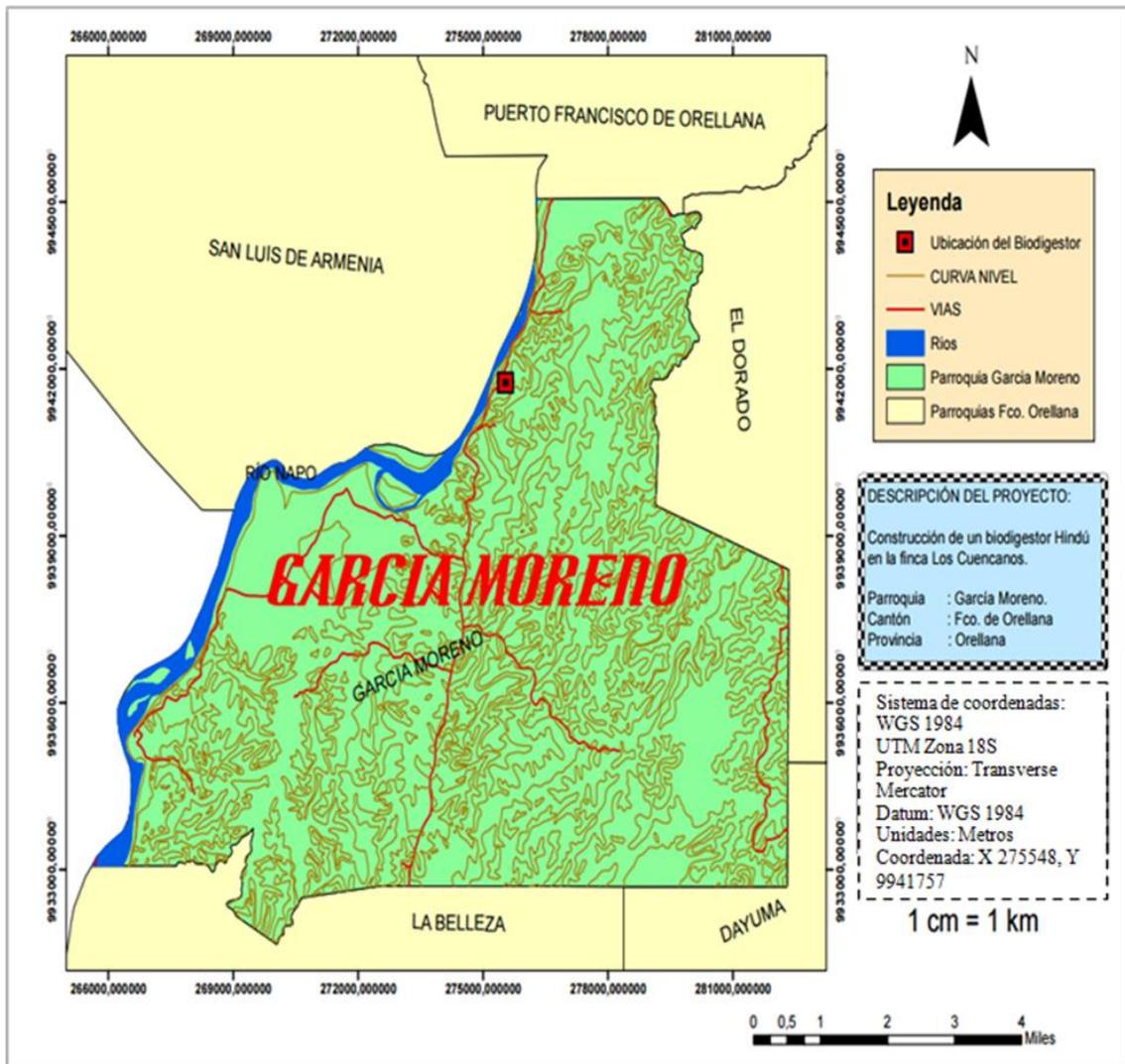


Figura 8-2. Localización de la parroquia y de la finca donde se ejecutará el proyecto.
Realizado por: García, J., León, E. 2015

La finca “Los Cuencanos” colinda con:

AL NORTE: Con el Sr. Manuel Mejía a 50 metros.

AL SUR: Con la Sra. Andrea Mora en 50 metros.

AL ESTE: Con lotes del barrio Nuevo Amanecer en 1450 metros.

AL OESTE: Con el río Napo en 50 metros.

2.2 Metodología

Para el diseño y construcción de este proyecto se ejecutará los siguientes métodos:

- Levantamiento de la Línea Base.
- Cuantificación de la materia prima del estiércol bovino y porcino disponible.
- Muestreo y caracterización del estiércol bovino y porcino.
- Localización del lugar (GPS).
- Obtención y producción de biogás mediante dos biodigestores prototipos (Tipo Batch).
- Elección del biodigestor.
- Dimensionamiento del biodigestor Hindú.
- Elaboración de planos.
- Evaluación de Impacto Ambiental.
- Construcción del biodigestor Hindú.
- Carga de la mezcla homogénea al biodigestor.
- Funcionamiento del biodigestor.

2.2.1 Levantamiento de la línea base ambiental.

El levantamiento de la línea base se realiza para la obtención de información del lugar donde se ejecutará el proyecto:

- a) Observación in situ, la metodología empleada para este proyecto consistió en realizar un recorrido por el área de influencia directa previamente establecido (establo y porquerizas). Donde se verificó las diferentes especies de flora y fauna existentes en la zona, esto confirmado mediante fotografías.
- b) La línea base del área de influencia directa, se estudió, para la valoración e identificación de impactos ambientales el mismo que se evaluó mediante la matriz de Leopold modificada.
- c) Se determinó la clase y tipo de alimentación que consumen el ganado bovino y porcino, conociendo que el ganado bovino se alimenta de pasto marandú y los porcinos son alimentados con caña, restos de cocina, banano, orito, guineo y restos de legumbres de mercados.

➤ Materiales

- Libreta de apuntes.
- Esfero.

➤ Equipos

- GPS.
- Cámara fotográfica.

2.2.2 Cuantificación de la carga diaria del estiércol bovino y porcino disponible.

Para establecer la cantidad de materia prima existente se hizo un muestreo por cuatro días, de 10 bovinos de raza brahmán y de 30 porcinos de raza porlanchín (Ver anexos 1 y 2).

El alimento principal del ganado bovino es el pasto marandú, para la determinación de la disponibilidad diaria de estiércol, se conoce por las mañanas la cantidad generada en el establo, luego de que estos pasan la noche en el mismo.

En la cuantificación del estiércol de ganado porcino se consideró el tipo de alimento que estos consumen, donde se alimentan con restos de cocina, caña, guineos, oritos, bananos y restos de mercados, la cuantificación se realizó en la mañana y tarde en cada una de las jaulas de las porquerizas. (Ver anexo 3).

Iniciando el muestreo el día 18 de febrero hasta el 21 de febrero del presente año, utilizando un balde graduado de 20 litros, una pala y una balanza de 50 kg.

➤ Materiales

- 2 Pala.
- 2 Baldes graduados de 20 litros.
- 1 Escoba.
- 1 Balanza Camry de 50 kg.
- Fundas plásticas.
- Guantes de nitrilo.
- Ropa adecuada.
- Mascarillas.
- Botas de caucho.
- Cuaderno de apuntes.
- Esfero.

➤ Equipo

- Cámara fotográfica.

2.2.3 Muestreo y caracterización del estiércol bovino y porcino.

2.2.3.1 Metodología para el muestreo.

Primeramente antes de efectuar el muestreo, el día 22 de marzo de 2015 se realizó la limpieza total del área del establo de los bovinos y las jaulas de las porquerizas.

La realización del muestreo del estiércol de bovinos en el establo y de porcinos en las porquerizas, se produjo mediante el muestreo aleatorio simple, este consistió en ir recogiendo con una pala manualmente las excretas de los bovinos y porcinos por separado en baldes de 20 litros, para luego ser depositadas en las fundas de alar correspondientes de acuerdo al tipo de estiércol, las cuales eran pesadas inmediatamente en la balanza Camry de 50 kg. (Ver anexo 4).

Luego se procedió a homogeneizar en un tercer balde de 5 litros los dos tipos de estiércol, en una proporción de 1:1 (1 kg E bovino: 1kg E porcino).

Una vez realizado este paso se tomaron 4 muestras en diferentes fundas ziploc, se rotuló para identificarlas y posteriormente fueron llevadas al laboratorio. (Ver anexo 4).

➤ Materiales

- 10 fundas plásticas grandes de alar.
- 4 Fundas ziploc.
- Guantes de nitrilo.
- Guantes de látex.
- Mascarillas.
- Ropa adecuada.
- Botas de caucho.
- 2 Palas.
- 1 Escoba.
- 1 Balanza Camry de 50 kg.
- 2 Baldes de 20 L.
- 1 Balde de 5 L.
- Adhesivos para identificar muestras.
- 1 Esfero
- Libreta de apuntes.

➤ **Equipo**

- Cámara fotográfica.

2.2.3.2 *Metodología para la caracterización del estiércol*

2.2.3.2.1 *Determinaciones de parámetros in-situ*

- **Determinación de la temperatura.**

La determinación de la temperatura de la materia prima al momento de la cuantificación y toma de muestra del estiércol, es un dato de gran importancia ya que nos da a conocer si entró en un proceso de descomposición, esto en vista a que los microorganismos descomponedores y productores de gases tienen relación de crecimiento directamente proporcional a la temperatura. Donde a mayor temperatura mayor será el crecimiento de las bacterias.

➤ **Materiales**

- Termómetro.

➤ **Equipo**

- Cámara fotográfica.

➤ **Procedimiento**

La medición de la temperatura del estiércol porcino y bovino in situ, se efectuó mediante el uso del método de los termómetros de mercurio de estructura redonda. Donde se procedió a introducir el termómetro por un lapso de un minuto directamente en el sustrato de mezcla homogénea de estiércol.

2.2.3.2.2 *Determinaciones ex-situ*

Para la caracterización de muestras de estiércol se realizaron análisis Físico- Químicos en el Laboratorio LABSU. (Ver anexo 21).

Cuadro 1-2. Análisis Pre-Tratamiento.

| Parámetros | Unidad | Procedimiento Específico LABSU | Método / Norma / Referencia | Incertidumbre (k=2) |
|------------------------|---------------|---------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| Potencial de hidrógeno | - | PEE-LABSU-02 | EPA 9045 C | ± 0,05 |
| Sólidos totales | % | PEE-LABSU-13 | EPA 9050 A | ± 10 % |
| Materia Orgánica | % | PEE-LABSU-67 | Gravimétrico | - |
| Carbono Orgánico Total | % | PEE-LABSU-66 | EPA 9060 | - |
| Nitrógeno Total | % | PEE-LABSU-71 | KJELDAHL, EPA 351.2 | - |
| Humedad | mg/Kg | PEE-LABSU-04 | ASTM D3976-92 | - |
| Ceniza | mg/Kg | PEE-LABSU-04 | ASTM D3976-92 | - |

Fuente: LABSU, 2015.

2.2.4 Localización del área de estudio.

Con un GPS GARMIN ETREX 20, se tomó los puntos geográficos de la finca donde se desarrolló el proyecto de tesis, estos datos se los procesó seguidamente en el software (ArcGis), obteniendo los planos oportunos de localización de la finca.

Para la obtención de la planimetría del lugar de donde se asentará el proyecto se tomó puntos GPS directamente en la zona. (Ver anexo 5).

Para la toma apropiada de los puntos GPS se toma en cuenta los siguientes datos:

- Encendido del GPS.
- Alineación del GPS a satélites.
- Se procede a tomar los puntos.
- Se recolecta los datos (numeraciones) en una libreta.
- Se descargan los datos del GPS y se traslada a ARCGIS para realizar la planimetría.

➤ Materiales

- Libreta de apuntes.
- Esfero gráfico.

➤ **Equipos**

- 1 Procesador de datos (computadora).
- 1 GPS.
- Cámara fotográfica.

2.2.5 Obtención y producción de biogás mediante dos biodigestores prototipos (tipo batch).

La materia prima que se utilizó para la obtención de biogás en los prototipos fue estiércol de bovinos y porcinos.

Estos prototipos tipo BATCH se construyeron en recipientes de plástico con una capacidad de 6 litros, a los cuales se les adaptó accesorios oportunos. (Ver anexo 6).

2.2.5.1 Prototipo #1 relación 1:0.75

Para la obtención y producción de biogás en el biodigestor prototipo #1, se utilizó la relación de 1:0.75 (1 kg estiércol: 0.75 kg agua).

Para este prototipo se tomó 1.285 kg de estiércol de bovino y 1.285 kg de estiércol de porcino, se homogenizó hasta conseguir una mezcla consistente y pareja, obteniendo un peso entre las dos clases de estiércol 2.57 kg, seguidamente se añadió 1.93kg de agua no potable obteniendo un volumen total de 4.5 kg de mezcla.

Este fue llenado el 75% (3/4) de su capacidad dejando un 25% (1/4) libres, es decir quedará un espacio de 1.5 litros para la acumulación del biogás.

- Medición de Ph

Posteriormente desde que fue cargado el prototipo se procedió a tomar el pH una vez al día, empezando desde el día 25 de abril hasta el 22 de mayo del año 2015.

La medición de pH dentro del prototipo se realiza por medio de la utilización de cintas indicadoras de pH y su determinación se hace comparando con los colores de la tabla.

➤ **Procedimiento**

- Se sacó una cierta cantidad de la mezcla en un envase de vidrio.
- Agitamos la muestra.
- Colocamos la cinta indicadora y esperamos 1 minuto.

- Sacamos la cinta indicadora y realizamos una comparación con los colores de la tabla hasta encontrar los colores más parecidos de la cinta utilizada y establecer en que pH se encuentra.

➤ **Materiales**

- Vaso de vidrio o de precipitación.
- Cintas indicadoras de pH.
- Tabla de colores (rango de pH).
- Hoja de registro.
- Esferográfico.

➤ **Equipo**

- Cámara fotográfica.

- **Medición de temperatura**

La temperatura fue medida con un termómetro de Hg, en horario de la mañana (7:00), tarde (12:00) y noche (18:00). Iniciando el 25 de abril hasta el 22 de mayo de 2015.

La medición de temperatura se la realiza directamente con la muestra obtenida del prototipo y el dato de la misma es marcado en el termómetro.

➤ **Procedimiento**

- En el vaso de vidrio u otro recipiente se toma una muestra.
- Se procede a sumergir el termómetro en la muestra durante 3 minutos.
- Se anota la lectura obtenida en el termómetro en la hoja de registro.

➤ **Materiales**

- Vaso de vidrio o de precipitación.
- Termómetro de Hg.
- Hoja de registro.
- Esferográfico.

➤ **Equipo**

- Cámara fotográfica.

- **Medición de biogás**

En la medición del biogás se procedió a emplear la técnica de desplazamiento de líquido, donde menciona que el gas desplaza un volumen de agua igual al volumen que ocupa, por lo que su volumen es igual al del agua desplazada.

➤ **Procedimiento**

- Cerramos la llave de paso donde está almacenado el biogás.
- Colocamos la manguera del dispositivo de prueba de desplazamiento de líquido en el tubo de llanta donde se encuentra almacenado el biogás.
- Abrimos la llave de paso de biogás.
- Procedemos a cuantificar el volumen de agua desplazado en un determinado tiempo, el mismo que fue acumulado en un envase de plástico graduado.

➤ **Materiales**

- Vaso de plástico graduado.
- Dispositivo de medición de desplazamiento de líquido.
- Cronómetro.
- Esferográfico.
- Hoja de apuntes.

➤ **Equipo**

- Cámara fotográfica.

- **Prueba de llama.**

La prueba de llama se la realiza con la quema de biogás producido. La coloración obtenida nos indica si posee un alto poder calorífico. La prueba se la realiza cada 7 días (7, 14, 21 y 28 días). (Ver anexo 8).

➤ **Procedimiento**

- Cerramos la llave de paso que está dirigida hacia el almacenado de biogás.
- Procedemos a encender una vela y la dejamos en un lugar firme donde permanezca parada.
- Sujetamos la boya de motocicleta donde está almacenado el biogás, abrimos lentamente la válvula de la misma, acercándola a la vela encendida y observamos la coloración de llama.

➤ **Materiales**

- 1 vela.

- Fósforo.

➤ **Equipo**

- Cámara fotográfica.

2.2.5.2 Prototipo #2 relación 1:1

Para la obtención y producción de biogás en el biodigestor prototipo #2, se utilizó la relación de 1:1 (1 kg estiércol: 1 kg agua). Donde se aplicó el mismo procedimiento del prototipo #1. Se colocó 4.5 kg de mezcla homogénea, para lo cual se empleó 1.125kg de estiércol bovino y 1.125kg porcino dándonos un subtotal de 2.25kg de materia prima, esto se mezcló con 2.25kg de agua.

- **Medición de temperatura**

La temperatura fue medida con un termómetro de Hg, en horario de la mañana (7:00), tarde (12:00) y noche (18:00). Iniciando el 25 de abril hasta el 22 de mayo de 2015.

La medición de temperatura se la realiza directamente con la muestra obtenida del prototipo y el dato de la misma es marcado en el termómetro.

➤ **Procedimiento**

- En el vaso de vidrio u otro recipiente se toma una muestra.
- Se procede a sumergir el termómetro en la muestra durante 3 minutos.
- Se anota la lectura obtenida en el termómetro en la hoja de registro.

➤ **Materiales**

- Vaso de vidrio o de precipitación.
- Termómetro de Hg.
- Hoja de registro.
- Esferográfico.

➤ **Equipo**

- Cámara fotográfica.

- **Medición de pH**

Posteriormente desde que fue cargado el prototipo se procedió a tomar el pH una vez al día, empezando desde el día 25 de abril hasta el 22 de mayo del año 2015.

La medición de pH dentro del prototipo se realiza por medio de la utilización de cintas indicadoras de pH y su determinación se hace comparando con los colores de la tabla.

➤ **Procedimiento**

- Se sacó una cierta cantidad de la mezcla en un envase de vidrio.
- Agitamos la muestra.
- Colocamos la cinta indicadora y esperamos 1 minuto.
- Sacamos la cinta indicadora y realizamos una comparación con los colores de la tabla hasta encontrar los colores más parecidos de la cinta utilizada y establecer en que pH se encuentra.

➤ **Materiales**

- Vaso de vidrio o de precipitación.
- Cintas indicadoras de pH.
- Tabla de colores (rango de pH).
- Hoja de registro.
- Esferográfico.

➤ **Equipo**

- Cámara fotográfica.

2.2.6 Elección del biodigestor.

2.2.6.1 Preselección.

Para la elección del tipo de biodigestor a construirse en la finca, se consideró la información de la bibliografía existente de biodigestores, a partir de esta información se elaboró matrices de preselección, donde se mencionan factores operacionales, económicos y la disposición o posibilidad de construcción, lo cual permitirá seleccionar al biodigestor más eficaz para la finca. Entre los biodigestor comúnmente conocidos tenemos:

- ❖ Biodigestor de “Bolsa Flexible”.
- ❖ Biodigestor de domo fijo “Chino”.
- ❖ Biodigestor “Hindú”.

2.2.6.2 *Factores a tomar en cuenta en la matriz de preselección.*

a. Tipo de materia prima.

Se refiere al tipo de sustrato que existe en la finca.

b. Vida útil.

Es el tiempo que funcionarán los biodigestores.

c. Requerimientos de área.

Se refiere al espacio donde se construirá y operará el biodigestor.

d. Costos.

Hace referencia al presupuesto necesario para el diseño y construcción del biodigestor.

e. Construcción.

Hace referencia al acceso que se tiene para el traslado del material y la dificultad para la construcción.

f. Operación y mantenimiento.

Se establece mecanismos de facilidad o complejidad relacionados con la operación y el mantenimiento del biodigestor.

g. Rendimiento.

Se refiere a la medición de biogás obtenido, una vez instalado el biodigestor.

2.2.6.3 Matrices para la selección del modelo de biodigestor.

Cuadro 2-2. Matriz de Preselección del Biodigestor tipo “Chino” o de Cúpula Fija.

| PROCESO EVALUADO: DISEÑO “CHINO” | | | | | |
|----------------------------------|------------|---------------------------|--|-----|-----------|
| | A | B | C | D | E |
| # | % | ASPECTO EVALUADO | CALIFICACIÓN | C/5 | D*A |
| | | | 0= No aplica 1= Suficiente 3= Adecuado 5= Muy bueno | | |
| 1 | 5 | Tipo de materia prima | 5 | 1 | 5 |
| 2 | 15 | Vida útil | 5 | 1 | 15 |
| 3 | 5 | Requerimientos de área | 5 | 1 | 5 |
| 4 | 20 | Costos | 3 | 0.6 | 12 |
| 5 | 15 | Construcción | 1 | 0.2 | 3 |
| 6 | 15 | Operación y mantenimiento | 3 | 0.6 | 9 |
| 7 | 25 | Rendimiento | 3 | 0.6 | 15 |
| TOTAL | 100 | | | | 64 |
| L | | | | | |

Realizado por: García, J., León, E. 2015

La matriz de decisión de este biodigestor tiene una calificación aceptable del 64%. Debido a que es dificultosa su construcción y tiene poco rendimiento en la producción de biogás.

Cuadro 3-2. Matriz de Preselección del Biodigestor de “Estructura Flexible”.

| PROCESO EVALUADO: DISEÑO “ESTRUCTURA FLEXIBLE” | | | | | |
|--|------------|---------------------------|--|-----|-----------|
| | A | B | C | D | E |
| # | % | ASPECTO EVALUADO | CALIFICACIÓN | C/5 | D*A |
| | | | 0= No aplica 1= Suficiente 3= Adecuado 5= Muy bueno | | |
| 1 | 5 | Tipo de materia prima | 5 | 1 | 5 |
| 2 | 15 | Vida útil | 1 | 0.2 | 3 |
| 3 | 5 | Requerimientos de área | 5 | 1 | 5 |
| 4 | 20 | Costos | 3 | 0.6 | 12 |
| 5 | 15 | Construcción | 5 | 1 | 15 |
| 6 | 15 | Operación y mantenimiento | 3 | 0.6 | 9 |
| 7 | 25 | Rendimiento | 1 | 0.2 | 5 |
| TOTAL | 100 | | | | 54 |
| L | | | | | |

Realizado por: García, J., León, E. 2015

En la evaluación este biodigestor tiene una aprobación de 54%, por utilizar para su elaboración material de plástico, es de bajo rendimiento y por poseer poco tiempo de vida útil.

Cuadro 4-2. Matriz de Preselección del digester tipo “Hindú”

| PROCESO EVALUADO: DISEÑO “HINDÚ” | | | | | |
|---|------------|---------------------------|--|------------|------------|
| | A | B | C | D | E |
| # | % | ASPECTO EVALUADO | CALIFICACIÓN | C/5 | D*A |
| | | | 0= No aplica 1= Suficiente 3= Adecuado 5= Muy bueno | | |
| 1 | 5 | Tipo de materia prima | 5 | 1 | 5 |
| 2 | 15 | Vida útil | 5 | 1 | 15 |
| 3 | 5 | Requerimientos de área | 5 | 1 | 5 |
| 4 | 20 | Costos | 1 | 0.2 | 4 |
| 5 | 15 | Construcción | 3 | 0.6 | 9 |
| 6 | 15 | Operación y mantenimiento | 5 | 1 | 15 |
| 7 | 25 | Rendimiento | 5 | 1 | 25 |
| TOTAL | 100 | | | | 78 |

Realizado por: García, J., León, E. 2015

La calificación de la matriz de decisión para el diseño del biodigestor “Hindú” nos indica que es la más interesante y favorable para la construcción, lo cual permitió seleccionar al biodigestor tipo Hindú como el más eficaz para la finca.

2.2.7 Dimensionamiento del biodigestor hindú.

Para esta determinación se consideró conocer principalmente la cantidad de bovinos y porcinos presentes en el área de estudio, como también la cantidad de materia prima producida diariamente por los animales que se encuentran en la finca.

➤ Materiales

- Computadora con programa de diseño (AutoCAD).

➤ Procedimiento

Para diseñar el biodigestor en la finca se efectuaron, en base a la cantidad en kg de estiércol producidos diariamente y el volumen de gas que producirá esta materia prima, frente a la cantidad de sólidos totales presentes en el sustrato. Donde se procede a diseñar con la ayuda de un programa de diseño AutoCAD.

El diseño y dimensionamiento del biodigestor Hindú comprende lo siguiente cálculos:

❖ Cantidad de estiércol Fresco disponible (kg EF/día).

Ecuación 1

$$\# \text{ Animales} * \frac{\text{kg EF/días}}{\text{Animal}} = \text{kgEF/día}$$

Donde:

kg EF/día= Kilogramo de estiércol fresco día.

❖ Determinación de los m³ de biogás/día, en base a la materia prima disponible.

Ecuación 2

$$\frac{\text{kgEF}}{\text{día}} * \frac{\text{kgST}}{1\text{kgEF}} * \frac{\text{m}^3\text{biogás}}{1\text{kgST}} = \text{m}^3\text{Biogás/día}$$

Donde:

kg EF= Kilogramo de estiércol fresco.

kg ST= Kilogramo de sólidos totales.

❖ Cantidad de energía consumida en un mes por la finca (kg GLP/mes).

Ecuación 3

$$\frac{\text{m}^3\text{biogás}}{\text{día}} * \frac{\text{días}}{1\text{mes}} * \frac{\text{kg GLP}}{1\text{m}^3\text{biogás}} = \text{kg GLP/mes}$$

Donde:

kgGLP= Kilogramo de gas licuado de petróleo que se consume cada mes.

❖ **DIMENSIONAMIENTO DE LA CÁMARA DE DIGESTIÓN.**

➤ **Carga diaria (estiércol + agua). (CD).**

Ecuación 4

$$CD = L EF + L agua$$

Donde:

CD= Carga diaria.

LEF= Litros de estiércol fresco.

L agua= Litros de agua.

➤ **Volumen tanque del biodigestor (Vtb).**

Ecuación 5

$$Vtb = CD * TR$$

Donde:

Vtb=Volumen del tanque del biodigestor.

CD= Carga diaria.

T.R= Tiempo de Retención.

➤ **Volumen neto del biodigestor (Vnb).**

Ecuación 6

$$Vnb = Vtb + Vtb * \frac{25}{100}$$

Donde:

Vnb=Volumen neto del biodigestor.

Vtb= Volumen del tanque del biodigestor.

25%= Porcentaje restante que ocupa el biogás generado.

➤ **Diámetro del biodigestor ($\emptyset b$).**

Ecuación 7

$$Hb = \emptyset$$

$$Vtb = \frac{\pi * \emptyset^2}{4} * Hb$$

Despejando y reemplazando Hb por \emptyset

$$\emptyset b = \sqrt[3]{\frac{Vb * 4}{\pi}}$$

Donde:

Vtb=Volumen del tanque del biodigestor.

$\emptyset b$ =Diámetro del biodigestor.

Hb=Altura del biodigestor.

π =Pi (Cociente entre la longitud de la circunferencia y su diámetro).

➤ **Altura de la cámara de biogestión. (Hcb).**

Ecuación 8

Fórmula aplicada:

$$Vtb = \frac{\pi * \emptyset^2}{4} * Hcb$$

Despejando Hcb:

$$Hcb = \frac{Vtb * 4}{\pi * \emptyset^2}$$

Donde:

Vtb= Volumen tanque del biodigestor.

$\emptyset b$ = Diámetro del biodigestor.

Hcb= Altura de la cámara de biogestión.

π = Pi (Cociente entre la longitud de la circunferencia y su diámetro).

➤ **Altura que ocupa la mezcla (Hmz).**

Ecuación 9

$$Hmz = \frac{Vmz * 4}{\pi * \emptyset b^2}$$

Donde:

Hmz= Altura que ocupa la mezcla

Vmz= Volumen de la mezcla

Øb= Diámetro del biodigestor

π =Pi (Cociente entre la longitud de la circunferencia y su diámetro).

➤ **Altura remanente de la cámara del digestión (Hrcd).**

Ecuación 10

$$Hrcd = Hcb - Hmz$$

Donde:

Hrcd=Altura remanente de la cámara de digestión.

Hcb= Altura de la cámara de biodigestión.

Hmz=Altura que ocupa la mezcla.

➤ **Altura neta del biodigestor (Hnb).**

Ecuación 11

$$Hnb = Hcd + Bb$$

Donde:

Hnb= Altura del biodigestor neta.

Hcd= Altura de la cámara de digestión.

Bb= Base del biodigestor.

❖ **DIMENSIONAMIENTO DE LA CAMPANA.**

➤ **Diámetro de la campana. (ØCamp).**

Ecuación 12

$$\text{ØCamp} = \text{Ø Biodigestor (m)} - 0.1(\text{m})$$

Donde:

ØCamp= Diámetro de la campana.

Øb= Diámetro del biodigestor.

0.1m= Disminución al diámetro de la cámara del biodigestor.

➤ **Altura de la campana. (Hcamp).**

Ecuación 13

$$\emptyset Camp = Hcamp$$

Donde:

$\emptyset Camp$ = Diámetro de la campana.

Hcamp = Altura de la campana.

➤ **Volumen de la campana (VCamp).**

Ecuación 14

$$VCamp = \frac{\pi * (\emptyset camp)^2}{4} * Hcamp$$

Donde:

VCamp = Volumen de la campana.

$\emptyset camp^2$ = Diámetro al cuadrado de la campana.

Hcamp = Altura de la campana.

π = Pi (Cociente entre la longitud de la circunferencia y su diámetro).

➤ **Altura total de la campana (HTCamp).**

Ecuación 15

$$HTCamp = Hcamp + hcúp$$

Donde:

HTCamp = Altura total de la campana.

hcúp = Altura de la cúpula.

Hcamp = Altura de la campana.

➤ **Altura de la cúpula (hcúp).**

Ecuación 16

$$hcúp = \frac{1}{5} \emptyset Camp$$

Donde:

hcúp = Altura de la cúpula

$\emptyset Camp$ = Diámetro de la campana

$\frac{1}{5}$ = Base del biodigestor.

➤ **Radio de la curvatura de la cúpula (Rcúp)**

Ecuación 17

$$R_{cúp} = \frac{(R_{camp})^2 + (h_{cúp})^2}{2(h_{cúp})}$$

Donde:

Rcúp= Radio de la curvatura de la cúpula.

Rcamp= Radio de la campana.

hcúp= Altura de la cúpula.

➤ **Volumen de la cúpula (Vcúp).**

Ecuación 18

$$V_{cúp} = \pi(h_{cúp})^2 \left(R_{curv} - \frac{h_{cúp}}{a} \right)$$

Donde:

a= 3 valor constante.

Vcúp= Volumen de la cúpula.

Rcurv= Radio de curvatura.

hcúp= Altura de cúpula.

π = Pi (Cociente entre la longitud de la circunferencia y su diámetro).

➤ **Volumen total de la campana (VTCamp).**

Ecuación 19

$$VTCamp = V_{camp} + V_{cúp}$$

Donde:

VTCamp= Volumen total de la campana.

Vcamp= Volumen de la campana.

Vcúp=Volumen de la cúpula.

- **Altura máxima que sobresaldrá la campana del biodigestor (AMSCampB).**

Ecuación 20

$$AMSCampB = HTCamp * \frac{60}{100}$$

Donde:

AMSCampB= Altura máxima que sobresaldrá la campana del biodigestor.

HTCamp= Altura total de la campana.

60%= Porcentaje de la altura total de la campana que sobresaldrá de la altura del biodigestor.

- **Altura total del biodigestor incluido campana (ATBICamp).**

Ecuación 21

$$ATBICamp = AMSCampB + Hnb$$

Donde:

ATBICamp= Altura total del biodigestor incluido campana.

AMSCampB= Altura máxima que sobresaldrá la campana del biodigestor.

Hnb= Altura neta del biodigestor.

❖ **DIMENSIONAMIENTO DE LA CAJA DE ENTRADA.**

- **Longitud de la caja de entrada. (Lce)**

$$L1 = L2 = L3 = L^3$$

Ecuación 22

$$CD = Vce$$

$$Vce = L1 * L2 * L3$$

$$Vce = L^3$$

$$Lce = \sqrt[3]{m^3}$$

Donde:

CD= Carga diaria.

Vce= Volumen de caja de entrada.

L= Lados.

Lce= Longitud de la caja de entrada.

➤ **Longitud total de la caja de entrada (Lt ce).**

Ecuación 23

$$Lt\ ce = Lce + (Lce * \frac{50\%}{100})$$

Donde:

Lt ce= Longitud total de la caja de entrada.

Lce= Longitud de la caja de entrada.

50%= Porcentaje que se sobredimensionó en la caja de entrada.

➤ **Volumen total de la caja de entrada (Vt ce).**

Ecuación 24

$$Vt\ ce = L1 * L2 * L3$$

Donde:

Vt ce= Volumen total de la caja de entrada.

Lt ce= Longitud total de la caja de entrada.

L= Lados.

❖ **DIMENSIONAMIENTO DE LA CAJA DE SALIDA.**

➤ **Volumen de caja de salida (Vcs).**

Ecuación 25

$$Vcs = CD * D\ carg\ evac$$

Donde:

Vcs= Volumen de caja de salida.

CD= Carga diaria.

Dcarg evac=Días de carga a evacuar.

➤ **Longitud de la caja de salida. (Lcs)**

Ecuación 26

$$L1 = L2 = L3 = L^3$$
$$Vcs = L1 * L2 * L3$$

$$Vcs = L^3$$

$$Lcs = \sqrt[3]{m^3}$$

$$Lcs = m$$

Donde:

Vcs= Volumen de caja de salida.

L= Lados (longitud).

Lcs= Longitud de la caja de salida.

➤ **Volumen de la caja de salida sobredimensionada (Vcs sd).**

Ecuación 27

$$Vcs\ sd = Vcs + \left(Vcs * \frac{25\%}{100} \right)$$

Donde:

Vcs sd = Volumen de la caja de salida sobredimensionada.

Vcs = Volumen de la caja de salida.

25%= Sobredimensionamiento de la caja de salida.

➤ **Longitud de los lados de la caja de salida. (Ll cs)**

Dimensión de los lados:

Ecuación 28

$$Vcs = L^3$$

$$Ll\ cs = \sqrt[3]{Vcs\ sd}$$

Donde:

Vcssd= Volumen de la caja de salida sobredimensionada.

Vcs= Volumen de la caja de salida.

Ll sd= Longitud de los lados de la caja de salida.

25%= Sobredimensionamiento de la caja de salida.

➤ **Altura de la caja de salida (Hcs).**

Ecuación 29

$$Hcs = HOmz - \left(HOmz * \frac{10\%}{100} \right)$$

Donde:

HOmz= Altura que ocupa la mezcla.

Hcs= Altura de la caja de salida.

10%= Porcentaje del total de la altura de la mezcla con desnivel en la caja de salida.

❖ **DIMENSIONAMIENTO DE LA CAJA DE LODOS.**

➤ **Volumen de la caja de lodos (Vc lod).**

Ecuación 30

$$Vc lod = CD * TR$$

Donde:

Vc lod = Volumen de la caja de lodos.

CD = Carga diaria en m³ mezcla/día.

T.R= Tiempo de Retención.

➤ **Longitud de la caja de lodos. (Lc lod)**

Ecuación 31

Dimensión de los lados:

$$Vc lod = L^3$$

$$Lc lod = \sqrt[3]{Vc lod}$$

$$Lc lod = m$$

Donde:

Vc lod= Volumen de la caja de lodos.

Lc lod= Longitud de la caja de lodos.

L= Lados (longitud).

❖ **Volumen de caja de lodos sobredimensionada (Vc lod sd).**

Ecuación 32

$$Vc lod sd = Vc lod + \left(Vc lod * \frac{10\%}{100} \right)$$

Donde:

Vcl sd= Volumen de la caja de lodos sobredimensionada.

Vc lod= Volumen de la caja de lodos.

10%= Porcentaje sobredimensionado en la caja de lodos.

➤ **Longitud de la caja de lodos sobredimensionada. (Lc lod sd)**

Medida de cada lado sobredimensionada:

Ecuación 33

$$V_{c lod sd} = L^3$$
$$L_{c lod sd} = \sqrt[3]{V_{c lod sd}}$$

Donde:

$V_{c lod sd}$ = Volumen de la caja de lodos sobredimensionada.

$L_{c lod sd}$ = Longitud de la caja de lodos sobredimensionada.

➤ **Profundidad de la caja de lodos con respecto a la base del biodigestor. (Pc lod rBb).**

Ecuación 34

$$P_{c lod c Bb} = H_{mz} + \left(H_{mz} * \frac{20\%}{100} \right)$$

Donde:

$P_{c lod c Bb}$ = Profundidad de la caja salida de lodos con respecto a la base del biodigestor.

H_{mz} = Altura de la mezcla.

20% = Porcentaje relacionado con la altura de la mezcla que se encuentra en el biodigestor.

➤ **Tiempo estimado para el mantenimiento del biodigestor.**

Ecuación 35

$$V_{h entr} = \frac{\pi * d^2}{4} * h$$

Donde.

CD = Carga mezcla día (m^3).

Cd EF = Carga día Estiércol fresco (kg).

$ST_{/kg EF}$ = Sólidos totales por cada kg EF (kg).

$V_{h entr}$ = Volumen que tiene hasta la altura de la tubería de entrada de las CD (m^3).

π = Pi.

d^2 = diámetro cuadrado.

2.2.8 *Elaboración de planos*

Para la elaboración de los planos del Biodigestor Hindú, ha sido utilizado el programa AUTOCAD, la planimetría del proyecto se la realizó a escala 1:55, tanto la escala horizontal como vertical. (Ver anexo 20)

2.2.9 *Evaluación de Impacto Ambiental*

Antes de iniciar el proyecto se evalúa los Impactos Ambientales.

- **OBJETIVOS**

- ✓ **Objetivo general**

Identificar e interpretar los impactos ambientales tanto positivos como negativos, logrando el desarrollo equilibrado entre las principales actividades realizadas por este proyecto y el entorno.

- ✓ **Objetivo específico**

Identificar y evaluar los posibles impactos que se ocasionen durante las fases de construcción y operación del proyecto.

- **Marco legal**

Constitución de la república del Ecuador. (R.O. N° 449 del 20 de Octubre del 2008).

En Art. 3.- numeral 4 y 5 manifiestan que se debe preservar el crecimiento sustentable de la economía, y el desarrollo equilibrado y equitativo en beneficio colectivo; así como erradicar la pobreza y promover el progreso económico, social y cultural de sus habitantes.

Art.3. Deberes primordiales del Estado, numeral 7.-“Proteger el patrimonio natural y cultural del país”.

En Art. 14.- se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir.

En Art. 15.- se establece que el Estado promoverá en el sector público el uso de tecnologías limpias y de bajo impacto.

Art. 71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.

El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.

Art. 73.- El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales.

El Art. 83.- numeral 6 establece respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible.

El Art. 413.- establece que el Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.

➤ **Texto Unificado De La Legislación Ambiental Secundaria (TULSMA).**

Publicado en el Registro Oficial N° 725 del 31 de marzo del 2003.

La presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

De descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor:

✓ Agua dulce y agua marina.

Los puertos deberán contar con un sistema de recolección y manejo para los residuos sólidos y líquidos provenientes de embarcaciones, buques, naves y otros medios de transporte, aprobados por la Dirección General de la Marina Mercante y la Entidad Ambiental de Control.

Dichos sistemas deberán ajustarse a lo establecido en la presente Norma, sin embargo los municipios podrán establecer regulaciones más restrictivas de existir las justificaciones técnicas.

Se prohíbe todo tipo de descarga en:

- a) Las cabeceras de las fuentes de agua.
- b) Aguas arriba de la captación para agua potable de empresas o juntas administradoras, en la extensión que determinará el CNRH, Consejo Provincial o Municipio Local.
- c) Todos aquellos cuerpos de agua que el Municipio Local, Ministerio del Ambiente, CNRH o Consejo Provincial declaren total o parcialmente protegidos.

Toda descarga a un cuerpo de agua dulce, deberá cumplir con los valores establecidos a continuación en el TULSMA Libro VI – Anexo I: Tabla 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

➤ **Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados.**

▪ **Prevención de la contaminación del recurso suelo.**

La prevención de la contaminación al recurso suelo se fundamenta en las buenas prácticas de manejo e ingeniería aplicada a cada uno de los procesos productivos.

Se evitará trasladar el problema de contaminación de los recursos agua y aire al recurso suelo. Sobre las actividades generadoras de desechos sólidos no peligrosos.

Toda actividad productiva que genere desechos sólidos no peligrosos, deberá implementar una política de reciclaje o rehusó de los desechos.

Si el reciclaje o rehusó no es viable, los desechos deberán ser dispuestos de manera ambientalmente aceptable. De la prohibición de descargas, infiltración o inyección de efluentes en el suelo y subsuelo.

Se prohíbe la descarga, infiltración o inyección en el suelo o en el subsuelo de efluentes tratados o no, que alteren la calidad del recurso.

Se exceptúa de lo dispuesto en este artículo las actividades de inyección asociadas a la exploración y explotación de hidrocarburos, estas actividades deberán adoptar los procedimientos ambientales existentes en los reglamentos y normas ambientales hidrocarburífera vigentes en el país.

- **Medio biótico**

- **Flora**

En la Provincia de Orellana existen una gran variedad de especies propias de este tipo de hábitat, entre las cuales destacan:

Los guarumos característicos, el árbol de balsa, la sangre de drago con propiedades medicinales, palmito, el coco, sangre, laurel, guayacán, caoba, chuncho, chonta cazpi, morete, pambil, entre otras especies, que se encuentran en los bosques primarios y secundarios de la provincia de Orellana; todas estas especies son aprovechadas en el quehacer diario por la población del cantón y la provincia.

En la zona donde se ubica el proyecto, es un área intervenida por lo que no existe gran variedad de especies, únicamente se puede observar en el área de influencia especies de flora introducida típica de la zona, plantas tales como: guayaba, zapote, guaba, chirimoya, limón, carambolas, coco, arazá, caña de azúcar, aguacate, higuierón, yuca, guineo y plantas ornamentales. (Ver anexo 12).

- **Fauna.**

La caracterización de la fauna silvestre en esta área es casi nula debido a que es una zona intervenida. Pero es importante tomar en cuenta la fauna doméstica ya que es un medio por el cual se logra también evaluar las condiciones ambientales del sector o la microfauna común del área del proyecto, ya que se le da una utilidad como bioindicador del estado del ambiente en esa época. (Ver anexo 13).

- **Dimensionamiento del área**

La extensión del área de influencia donde se construye y opera el proyecto es de 20m².

- **Área de influencia.**

Por área de influencia se entiende como el lugar específico donde se efectúa todas las actividades y se manifestará directamente los diferentes impactos ya sean positivos o negativos, debido al funcionamiento del proyecto.

La determinación del área de influencia se establece en base a aspectos biofísicos y socioeconómicos que puedan ser afectados o beneficiados por las actividades que se desarrollarán por el proyecto. Desde el punto de vista estético paisajístico, el área de influencia se localiza alrededor de la construcción del biodigestor establecidos por los sectores, de los cuales es posible observarlo.

✓ **Área de Influencia Directa (AID).**

Es el espacio físico que está siendo ocupado para el proyecto. También se ha considerado los espacios colindantes donde un componente ambiental puede ser persistentemente o significativamente afectado por las actividades que se desarrollan en la misma.

El AID del proyecto, está determinado por las características bióticas, físicas y socioeconómicas susceptibles de ser afectadas o beneficiadas por las actividades de construcción y operación del proyecto, esta comprende 300m² que componen el área de construcción del biodigestor, establo de los bovinos y las jaulas de las porquerizas. También se considera los habitantes asentados a 20 m alrededor del área donde se construirá el proyecto.

El área de influencia directa se determinó en función de que en estas distancias puede existir la presencia de ruidos, gases, olores y presencia de polvo; ocasionados por la actividad del proyecto y los problemas que puedan ocasionar el manejo de los desechos provenientes de las porquerizas y establo.

✓ **Área de Influencia Indirecta (AII).**

Es el espacio físico en el que un componente ambiental es afectado directamente, afecta otros componentes ambientales no relacionados con el proyecto aunque sea con un grado mínimo.

Estas delimitaciones territoriales pueden ser geográficas y/o político / administrativas. Se consideró como Área de Influencia Indirecta aquellas zonas alrededor del área de influencia directa (100 m alrededor) que pueden ser impactadas indirectamente por las actividades del proyecto.

El área de influencia indirecta sobre el medio físico se centra a los colindantes de las fincas, principalmente a los más cercanos que se encuentran a 250 metros.

- **Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales.**

- **Cuantificación de los impactos mediante matriz de Leopold modificado.**

Por medio de esta matriz de identificación de impactos se utilizó las listas de chequeo o verificación la matriz causa - efecto de Leopold, lo que dio como resultado una matriz de doble entrada que permite identificar las actividades del proyecto y calificar los impactos negativos o positivos que éstos produzcan sobre los componentes ambientales agua, aire, suelo, flora y fauna existente dentro de las actividades de construcción y operación del biodigestor.

- ✓ **Valoración cualitativa y cuantitativa.**

El trabajo con la matriz comienza con la selección de las relaciones entre acciones del proyecto y factores ambientales que se afectarán, ubicando estos en la casilla correspondiente. Donde cada matriz dará un determinado valor para cada componente, en este caso para la "magnitud", "importancia" del impacto.

En dicha matriz, se realizó la valoración de la magnitud cuyo valor varía entre 1 y 12, el mismo que está precedido por el signo (+) si es un impacto positivo o el signo (-) si es un impacto negativo. La importancia del impacto que da el peso relativo del factor ambiental se considera en una escala entre 1 y 12, como se indica a continuación:

- **Dentro de estas matrices se evaluarán los siguientes parámetros.**

- ✓ **Identificación del Impacto:** Es un mecanismo mediante el cual se identifica los Impactos Ambientales relacionando con los componentes ambientales y acciones del proyecto.
- ✓ **Carácter del Impacto:** Se refiere al efecto beneficioso (+) o perjudicial (-) de las diferentes acciones que van a incidir sobre los factores considerados.
- ✓ **Magnitud:** Es un valor que varía entre 1 y 12 en el que 12 corresponde a la alteración máxima provocada en el factor ambiental considerado y 1 la mínima. Este valor estará precedido por el signo positivo (+) si es un efecto benéfico, o el signo (-), si es decreciente.
- ✓ **Importancia:** Se considera también en una escala entre 1 y 12, indicando el 1 la importancia menor y 12 la mayor.

La matriz una vez llena puede ser manejada de diversas formas ya sea estadísticamente o gráficamente, obteniendo indicadores que sirven para establecer cuantificaciones, promedios, entre otros. A través de ellos concluir si el proyecto produce un impacto positivo o negativo. Duración que indica el tiempo en que el efecto está presente en el ambiente.

- ✓ **Intensidad del impacto:** (Grado de afectación) Representa la cuantía o el grado de incidencia de la acción sobre el factor en el ámbito específico en que actúa. Donde 1: Afectación Mínima, 2: Media, 4: Alta, 8: Muy Alta, 12: Total destrucción o casi total del factor.

- **Criterios usados en la valoración de los Impactos Ambientales:**

- **Valoración de la magnitud e Importancia del impacto.**

- ✓ Impactos negativos +
- ✓ Impactos positivos -
- ✓ Acción Beneficiosa 1
- ✓ Acción con menor significativo 2
- ✓ Moderadamente significativo 4
- ✓ Severamente significativo 8
- ✓ Altamente significativo 12

- **Actividades que se efectuará durante la construcción y operación del proyecto:**

El proyecto a ejecutarse dentro de la finca, durante de su proceso de construcción y operación se ejecutan las siguientes actividades:

Cuadro 5-2. Actividades que se efectuarán durante la construcción y operación del proyecto.

| Principales actividades | Descripción |
|---|--|
| Señalización del suelo. | Se aprecia desbroce de malezas |
| Presencia de personal para la construcción. | Continuamente se encuentra personal en actividades. |
| Generación de ruido. | Por la construcción del biodigestor Hindú. |
| Generación de desechos sólidos. | Debido a los sobrantes de la construcción y excavación para la fundición. |
| Generación de desechos líquidos | Por la mezcla para la cargada del biodigestor. |
| Generación de malos olores. | Por la recolección y preparación del sustrato para el llenado del biodigestor. |

Realizado por: García, J., León, E. 2015

➤ **Factores Ambientales evaluados:**

- ✓ Calidad del Aire.
- ✓ Ruidos y vibraciones.
- ✓ Fisiografía y Geomorfología.
- ✓ Calidad del suelo.
- ✓ Capacidad de uso.
- ✓ Calidad de agua superficial.
- ✓ Calidad de agua subterránea.
- ✓ Disminución de recursos Hídrico.
- ✓ Diversidad y abundancia de especies.
- ✓ Alteración del Hábitat.
- ✓ Especies protegida y en peligro.
- ✓ Diversidad y abundancia de especies.
- ✓ Especies terrestres y avifauna.
- ✓ Generación de empleo.
- ✓ Cambio en el valor de la tierra.
- ✓ Incrementos de impuestos.
- ✓ Incremento de índice demográfico.
- ✓ Educación.
- ✓ Salud.
- ✓ Modo de vida.
- ✓ Estético / Paisajístico.

➤ **Acciones al Ambiente:**

- ✓ Limpiezas del área de construcción.
- ✓ Excavado del hoyo para la construcción.
- ✓ Excavado de la cuneta.
- ✓ Tendido de tuberías.
- ✓ Colocación de la estructura metálica.
- ✓ Armado del encofrado.
- ✓ Fundición de la estructura de cemento del biodigestor.
- ✓ Construcción de la caja de entrada.
- ✓ Construcción de la caja de salida.
- ✓ Construcción de la caja de recolección de lodos.
- ✓ Recolección del estiércol.

- ✓ Mezcla del estiércol.
- ✓ Llenado del biodigestor.
- ✓ Colocación de la campana.
- ✓ Quema de biogás.
- ✓ Recolección de biol.
- ✓ Mantenimiento.

2.2.10 Construcción del biodigestor hindú

Antes de iniciar la construcción del biodigestor se realizó una planificación previa de los materiales que se iban a utilizar, con el objetivo de reducir el tiempo de trabajo, materiales y ahorrar costos. (Ver anexo 16).

La construcción constó de las siguientes etapas:

- **Primera etapa:** Selección del área destinada para la construcción del biodigestor.
 - **Segunda etapa:** Preparación del lugar.
 - **Tercera etapa:** Adquisición de materiales de construcción a utilizarse.
 - **Cuarta etapa:** Perforación del hoyo, zanja de salida de lodos del biodigestor, zanja de entrada, zanja de salida de biol.
 - **Quinta etapa:** Construcción de la cámara de digestión del biodigestor.
 - **Sexta etapa:** Construcción de la caja de entrada de estiércol.
 - **Séptima etapa:** Construcción de la caja de salida de biol.
 - **Octava etapa:** Construcción de la caja de salida de lodos.
 - **Novena etapa:** Construcción de la campana de acero inoxidable.
 - **Décima etapa:** Colocación de tubería que conducirá el biogás.
- **Primera etapa: Selección del área destinada para la construcción del biodigestor.**

Se seleccionó un área específica en la finca “Los Cuencanos” con un radio de 20 metros a la redonda considerando los siguientes factores:

- ✓ Verificar que no existan cuerpos cercanos de agua para prevenir inundaciones al rato de cavar el hoyo.
- ✓ El suelo donde se realizará construcción debe ser firme para así poder evitar posibles desmoronamientos al realizar el hoyo y las zanjas.

- ✓ El biodigestor deber ser construido en el sitio que le permita recibir directamente los rayos solares con el propósito de aumentar la producción de biogás.
- ✓ Es fundamental que la selección del área destinada para la construcción del biodigestor se la ubique cerca a la fuente de producción de materia prima. Y al sitio donde va a ser utilizado el biogás, ya que posee una baja presión y no permitirá ser conducido a grandes distancias. Desde el biodigestor hasta el sitio donde se ocupará el biogás existe una distancia de 3 metros.
- ✓ El área seleccionada debe ser de fácil acceso para no tener dificultades en el transporte de materiales de construcción.
- **Segunda etapa: Preparación del lugar.**

Para facilitar la limpieza del área se utilizó herramientas manuales (pala, machete).

- **Tercera etapa: Adquisición de materiales de construcción a utilizarse.**

Para establecer que materiales de construcción se van utilizar, se le consultó al maestro de albañilería, el cual nos proporcionó un listado de los materiales.

- **Cuarta etapa: Perforación del hoyo, zanja de salida de lodos, zanja de entrada, zanja de salida de biol.**

- **Perforación del hoyo.**

Para realizar la excavación del hoyo, se procedió a cavar un diámetro de 1.86 metros con una altura 1.40 metros que ocupará la mezcla y 0.20 metros de la base, dándonos una altura total de 1.60 metros. El grosor de la estructura del biodigestor será de 0.24 metros.

- **Perforación de la zanja de salida de lodos del biodigestor.**

La zanja en donde se colocará la tubería para la evacuación de lodos, se la realizó con un desnivel de 0.50 metros con respecto a la base del biodigestor y con una longitud de 6 metros desde el centro de la base del biodigestor hasta la caja de lodos.

- **Excavación de la zanja de entrada.**

La zanja en donde se colocará la tubería, se la realizó con un desnivel de 0.33 metros.

- **Excavación de la zanja de salida de biol.**

La zanja en donde se colocará la tubería, se la realizó con una desnivel de 0.50 metros.

o **Quinta etapa: Construcción de la cámara de digestión del biodigestor.**

Concluida la excavación de las zanjas, se realizó la construcción del tanque o cámara de biodigestión, se inició haciendo un molde con tablas triple estructurada con tiras de madera para encofrado, concluido el molde se procedió a colocar la malla electrosoldada ya ajustada a las medidas que se requieren la cual permitirá dar una mayor resistencia y seguridad al tanque. Y finalmente se realizó la fundición.

o **Sexta etapa: Construcción de la caja de entrada de estiércol.**

Para la construcción de la caja de entrada se usaron bloques de 10 cm, en el centro del tanque de biodigestión se colocó el tubo de 6 pulgadas ya con las respectivas medidas el cual coincida con el centro de la caja. Se enlució la caja para evitar posibles infiltraciones al momento de ingresar la materia prima.

o **Séptima etapa: Construcción de la caja de salida de biol.**

La caja de salida se construyó para recoger el biol, se hizo el mismo procedimiento de la caja de entrada.

o **Octava etapa: Construcción de la caja de salida de lodos.**

La caja de salida de lodos se construyó para la salida de los sólidos que se acumulan dentro del biodigestor. Su construcción se realizó en la parte posterior de la caja de salida de biol y con los mismos procedimientos del resto de cajas.

o **Novena etapa: Construcción e instalación de la campana de acero inoxidable.**

Para la construcción de la campana de acero inoxidable se buscó mano de obra calificada de un soldador en suelda de acero inoxidable. En el centro de esta campana se puso un tubo de acero de ½ pulgada para la posterior instalación de la tubería que servirá para la salida de biogás.

- **Décima etapa: Colocación de tubería que conducirá el biogás.**

La tubería que conducirá el biogás desde el gasómetro será de acero inoxidable de ½ pulgada, posteriormente es acoplada con tubería PVC de ½ pulgada, instalando un manómetro, una llave de paso y finalmente se conectará una manguera de gas.

2.2.11 Carga de la mezcla homogénea al biodigestor

Para iniciar con la carga de la mezcla homogénea al biodigestor Hindú se implantaron las siguientes fases: (Ver anexo 17).

- **Primera fase:** Limpieza del biodigestor.
- **Segunda fase:** Recolección y almacenamiento del estiércol porcino y bovino.
- **Tercera fase:** Recolección de rumen proveniente del camal del GAMFO.
- **Cuarta fase:** Carga de la mezcla homogénea del estiércol porcino y bovino.

- **Primera fase: Limpieza del biodigestor.**

Consiste en ir retirando en la parte interna y externa del tanque de biodigestión y en cada una de las cajas, cualquier suciedad, acumulación de hojas y escombros que hayan quedado por la construcción.

- **Segunda fase: Recolección y almacenamiento de estiércol porcino y bovino.**

La recolección y almacenamiento del estiércol porcino y bovino se la hizo diariamente en cada una de las porquerizas y en el establo. Y cada semana este estiércol acumulado fue cargado al biodigestor con el fin de evitar la contaminación por vectores y el mal olor.

- **Tercera fase: Recolección de rumen proveniente del camal del GAMFO.**

El transporte del rumen proveniente del camal del GAMFO se lo realizó cada semana, obteniendo un peso de 200kg.

- **Cuarta fase: Carga de la mezcla homogénea del estiércol porcino y bovino.**

La primera carga de la mezcla homogénea de estiércol porcino y bovino en el biodigestor Hindú se lo realizó el 18 de junio de 2015, con una relación 1:0.75

2.2.12 Funcionamiento del biodigestor.

Para verificar el funcionamiento del biodigestor, la producción de biogás y de biol se considera las siguientes fases: (Ver anexo 18).

- **Primera fase:** Control del pH.
- **Segunda fase:** Medición de biogás.
- **Tercera fase:** Quema del biogás.
- **Cuarta fase:** Extracción de biol para análisis de post-tratamiento.

○ **Primera fase: Control del pH.**

En el control del funcionamiento del biodigestor Hindú, se tomó en cuenta la temperatura existente dentro de la cámara de biodigestión, también el pH y la prueba de existencias de biogás.

○ **Segunda fase: Medición de biogás.**

En esta fase se verifica la producción de biogás por medio de la pruebas de desplazamiento de líquido.

○ **Tercera fase: Quema del biogás.**

Durante esta fase se controla la calidad del biogás, verificando la coloración del fuego por medio de la prueba de llama.

○ **Cuarta fase: Extracción de biol para análisis de post-tratamiento.**

Extraemos una muestra de biol generado para los análisis de post-tratamiento en el laboratorio.

CAPÍTULO III

3 MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 Cálculos y resultados.

3.1.1 *Cálculos del dimensionamiento del biodigestor Hindú.*

3.1.1.1 *Cuantificación del estiércol fresco disponible.*

Para establecer la cantidad de materia prima existente se hizo un muestreo por cuatro días, de 10 bovinos de raza brahmán y de 30 porcinos de raza porlanchín.

Ecuación 1

$$\# \text{ Animales} * \frac{\text{kg EF/días}}{\text{Animal}} = \text{kgEF/día}$$

Donde:

kg EF/día= Kilogramo de estiércol fresco día.

En los siguientes cuadros se indican los datos obtenidos.

Cuadro 6-3. Determinación de estiércol diario de acuerdo al peso vivo de cada bovino.

| Animales | Raza | Número | Edad (Meses) | Peso lb/Animal | Peso vivo total lb | Peso vivo total kg | Estiércol generado 100kg ganado vivo/día |
|-----------------|--------------|---------------|---------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|---|
| Madre 1 | Brahman Rojo | 1 | 24 | 350 | 350 | 159,090 | 12,727 |
| Madre 2 | Brahman Rojo | 1 | 36 | 350 | 350 | 159,090 | 12,727 |
| Madre 3 | Brahman Rojo | 1 | 36 | 350 | 350 | 159,090 | 12,727 |
| Padre | Brahman Rojo | 1 | 24 | 400 | 400 | 181,818 | 14,545 |
| Cría 1 | Brahman Rojo | 1 | 2 | 70 | 70 | 31,818 | 2,545 |
| Cría 2 | Brahman Rojo | 1 | 1 | 60 | 60 | 27,272 | 2,181 |
| Cría 3 | Brahman Rojo | 1 | 2 | 70 | 70 | 31,818 | 2,545 |
| Ternero 1 | Brahman Rojo | 1 | 4 | 150 | 150 | 68,181 | 5,454 |
| Ternero 2 | Brahman Rojo | 1 | 4 | 200 | 200 | 90,909 | 7,272 |
| Ternero 3 | Brahman Rojo | 1 | 5 | 200 | 200 | 90,909 | 7,272 |
| Total | | 10 | | 2200 | 2200 | 999,995 | 80 |
| Promedio | | | | 220 | 220 | 100 | |

Realizado por: García, J., León, E. 2015

Cuadro 7-3. Determinación de la materia prima disponible en bovinos.

| Estiércol recogido de 10 Bovinos | | Estiércol/día por vacuno | | % de aprovechamiento | |
|----------------------------------|----------------|-------------------------------------|------------|--|-------------|
| Detalle | Estiércol (kg) | Detalle | Valor | Detalle | |
| 09/03/2015 | 81.0 | Promedio (kg/día) | 80.0 | Promedio (kg EF/día.bovin) | 8.0 |
| 10/03/2015 | 79.0 | Nº de Bovinos | 10 | % de aprovechamiento | 25 |
| 11/03/2015 | 79.4 | | | Estiércol disponible (kg/día.bovin) | 2.0 |
| 12/03/2015 | 80.6 | | | | |
| Total (kg) | 320 | Promedio (kg EF/día. bovino) | 8.0 | Total estiércol disponible (kg EF /día) | 20.0 |
| Promedio (kg/día) | 80.0 | | | | |

Realizado por: García, J., León, E. 2015

Determinado mediante la ecuación

$$10 \text{ Bovinos} * \frac{8 \text{ kg} \frac{EF}{\text{días}}}{1 \text{ Bovino}} * \frac{25\%}{100\%} = 20 \text{ kgEF/día}$$

La materia prima que se origina en la finca, es 80.0 Kg/día esto debido a que a los bovinos se los saca en la mañana a pastar en los potreros y en la noche duermen en un establo y solo se tomó en cuenta la materia prima que se obtiene en el establo, por lo cual se ha dado en consideración que únicamente el 25% del total de la materia prima es aprovechable, debido a que aproximadamente un 70% se pierde en los potreros por la dificultad en su recolección, siendo la materia prima neto aprovechable de 20.0 kg al día.

Cuadro 8-3. Determinación de estiércol diario de acuerdo al peso vivo de cada porcino.

| Animales | Raza | Número | Edad (Semanas) | Peso kg/Animal | Peso vivo total kg | Estiércol generado 100 kg ganado vivo/día |
|---------------------------|------------|-----------|----------------|----------------|--------------------|---|
| Cerdo reproductor | Porlanchín | 1 | 96 | 90 | 90 | 3,6 |
| Cerda madre | Porlanchín | 1 | 96 | 85 | 85 | 3,4 |
| Lechones | Porlanchín | 14 | 2 | 2 | 28 | 1,12 |
| Cerdos crías | Porlanchín | 9 | 4 | 13,88 | 125 | 5,00 |
| Cerdos en estado de venta | Porlanchín | 5 | 24 | 46,9 | 234,5 | 9,38 |
| Total | | 30 | | | 562,5 | 22,5 |

Realizado por: García, J., León, E. 2015

Cuadro 9-3. Determinación de la materia prima disponible en porcinos.

| Estiércol recogido de 30 porcinos | | Estiércol/día por porcino | | % de aprovechamiento | |
|-----------------------------------|----------------|-------------------------------------|-------------|--|-------------|
| Detalle | Estiércol (kg) | Detalle | Valor | Detalle | |
| 09/03/2015 | 22.5 | Promedio (kg EF/día) | 22.5 | Promedio (kg EF/día.porc) | 0.75 |
| 10/03/2015 | 22.0 | N° de Porcinos | 30 | % de aprovechamiento | 100 |
| 11/03/2015 | 21.5 | | | Estiércol disponible (kg/día.porc) | 0.75 |
| 12/03/2015 | 24.0 | | | | |
| Total (kg) | 90.0 | Promedio (kg EF/día.porcino) | 0.75 | Total estiércol disponible (kg EF /día) | 22.5 |
| Promedio (Kg/día) | 22.5 | | | | |

Realizado por: García, J., León, E. 2015

Determinado mediante la ecuación:

$$30 \text{ Porcinos} * \frac{0.75 \text{ kg } \frac{EF}{\text{días}}}{1 \text{ Porcino}} = 22.5 \text{ kg } EF / \text{día}$$

La materia prima de las porquerizas que se producen en la finca, es de 22.5 kg/día, donde se aprovecha el 100% de los residuos, por lo que el total de estiércol disponible es de 22.5 kg/día.

Cuadro 10-3. Total de materia prima disponible.

| Estiércol Porcino kg/día | Estiércol Bovino kg/día | % | Total E.F disponible kg/día |
|-----------------------------|----------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| 22.5 | 20.0 | Porcino 53 Bovino 47 | 42.5 |

Realizado por: García, J., León, E. 2015

La materia prima disponible en la finca será utilizada para el llenado del biodigestor y producción de biogás, con un total de 42.5kg de estiércol fresco obtenido diariamente.

3.1.1.2 Determinación de los m³ de biogás/día, en base a la materia prima disponible.

Para conocer la cantidad en metros cúbicos de biogás y kg de GLP que se producirá en base a la cantidad de estiércol disponible en un día. (Ver anexo 21).

Donde los análisis dieron un valor promedio de 0,19 kg sólidos totales. Durante la generación de biogás se toma en cuenta la cantidad de estiércol fresco disponible, como también la temperatura promedio dentro del biodigestor.

Tabla 11-3. Datos aproximados de Diseño para biodigestores destinados a la producción de biogás generados a partir de la mezcla homogénea de relación 1:1 (1kg estiércol bovino: 1kg estiércol porcino), obtenidos a partir de un prototipo.

| | |
|--------------------|--|
| | 1 kg de estiércol Fresco (EF) = 0.19 kg de sólidos totales (ST) |
| T.R 28 días | 1 kg de Sólidos totales (ST) = 0.8 kg de sólidos volátiles (SV) |
| 28 días | 1 kg de Sólidos totales (ST) = 0.0068 m ³ de biogás @ (37°C) |
| 21 días | 1 kg de Sólidos totales (ST) = 0.0048 m ³ de biogás @ (30°C) |
| 14 días | 1 kg de Sólidos totales (ST) = 0.003 m³ de biogás @ (26°C) |
| 7 días | 1 kg de Sólidos totales (ST) = 0.001 m ³ de biogás @ (20°C) |

Realizado por: García, J., León, E. 2015

Los datos de biogás son obtenidos a partir de un prototipo de 6 litros de capacidad, luego de un tiempo de retención hidráulico de 28 días.

Ecuación 2

$$\frac{\text{kgEF}}{\text{día}} * \frac{\text{kgST}}{1\text{kgEF}} * \frac{\text{m}^3\text{biogás}}{1\text{kgST}} = \text{m}^3\text{Biogás/día}$$

Donde:

kg EF= Kilogramo de estiércol fresco.

kg ST= Kilogramo de sólidos totales.

Determinación de los metros cúbicos de biogás/día, frente a la cantidad de materia prima disponible que es de 42.5 kg/día de estiércol fresco (bovino y porcino).

$$\frac{42.5\text{kgEF}}{\text{día}} * \frac{0.19\text{kgST}}{1\text{kgEF}} * \frac{0.003\text{m}^3\text{biogás}}{1\text{kgST}} = 0.024\text{m}^3\text{Biogás/día}$$

Se tiene 0.024 m³ de biogás/día a partir de 42.5 kg EF/día.

3.1.1.3 Cantidad en kg de GLP que se consume mensualmente en la finca.

Son tres personas que conforman la familia en la finca, donde la energía obtenida es usada para la cocción de alimentos y para el alumbrado de las porquerizas durante la época de parto de los porcinos.

Se utiliza 1 tanque de GLP de 15 kg/mes. Para la cocción de alimentos

Se requiere 1 tanque de GLP de 15 kg/3mes para el alumbrado de la los lechones durante el parto de los porcinos.

Donde se requiere mensualmente 20 kg de GLP en la finca.

Ecuación 3

$$\frac{\text{m}^3\text{biogás}}{\text{día}} * \frac{\text{días}}{1\text{mes}} * \frac{\text{kg GLP}}{1\text{m}^3\text{biogás}} = \text{kg GLP/mes}$$

Donde:

kg GLP/mes= Kilogramo de gas licuado de petróleo que se consume cada mes.

$$\frac{0.024\text{m}^3\text{biogás}}{\text{día}} * \frac{30\text{ días}}{1\text{mes}} * \frac{0.45\text{ kg GLP}}{1\text{m}^3\text{biogás}} = 0.324\text{ kg GLP/mes}$$

La cantidad de GLP que se produce mensualmente, a partir de 0.024 m³/día es de 0.324 kg GLP/mes.

3.1.1.4 Dimensionamiento de la cámara de digestión.

3.1.1.4.1 Cálculo de la mezcla (agua + estiércol), cargada al biodigestor.

Según la biografía estudiada el porcentaje de sólidos totales óptimo oscila entre el 13.4 % en bovinos y 15.0 % en porcinos.

Para conocer la relación de la mezcla (agua + estiércol), se realizó mediante la cantidad de humedad en el estiércol analizado. Donde luego se determina el volumen de mezcla requerida diariamente para el llenado del biodigestor a partir de la relación 1:0,75.

Donde asumimos que 1kg de E.F = 1L E.F.

Ecuación 4

$$CD = L EF + L agua$$

Donde:

CD = Carga diaria

LEF = Litros de estiércol fresco

L agua = Litros de agua

$$L agua = \frac{42.5 \text{ kg EF}}{\text{día}} * \frac{75}{100} = 31.875 \text{ L agua/día}$$

$$LEF = \frac{42.5 \text{ kg EF}}{\text{día}} * \frac{1L EF}{1\text{kg EF}} = 42.5 \text{ LEF/día}$$

$$CD = 42.5 \text{ LEF/día} + 31.875 \text{ L agua/día} = 74.375 \text{ kg mezcla/día}$$

$$CD = \frac{74.375 \text{ mezcla}}{\text{día}} * \frac{1\text{m}^3 \text{mezcla}}{1000 \text{ L mezcla}} = 0.074\text{m}^3 \text{ mezcla /día}$$

3.1.1.4.2 Volumen del tanque del biodigestor.

El tiempo de retención (T.R), se refiere al tiempo en días, en el cual el sustrato (agua + estiércol) va a pasar un proceso de descomposición dentro del biodigestor. Para este dimensionamiento se toma en cuenta la carga diaria y el tiempo en que la mezcla permanece dentro de la cámara de biodigestión, para el efecto nos basamos en los prototipos anteriormente realizados.

Se usa la siguiente ecuación.

Ecuación 5

$$V_{tb} = CD * T.R$$

Donde:

V_{tb} = Volumen del tanque del biodigestor.

CD = Carga diaria.

T.R = Tiempo en que la mezcla permanece dentro del biodigestor.

$$V_{tb} = \frac{0.074\text{m}^3}{\text{día}} * 28 \text{ días}$$

$$V_{tb} = 2.072 \text{ m}^3$$

La mezcla o sustrato a depositar es de 2.072m^3 , donde tendrá la capacidad de almacenar toda la mezcla homogénea en 28 días.

3.1.1.4.3 Volumen neto del biodigestor.

Como es conocimiento de todos, el sustrato (estiércol + agua) ocupa un espacio del 75% del biodigestor, donde el 25% restante ocupa el biogás generado.

Ecuación 6

$$V_{nb} = V_{tb} + V_{tb} * \frac{25}{100}$$

Donde:

V_{nb} = Volumen neto del biodigestor.

V_{tb} = volumen del tanque del biodigestor.

25% = porcentaje restante que ocupa el biogás generado.

$$V_{nb} = V_{tb} + V_{tb} * \frac{25}{100}$$

$$V_{nb} = 2.072 \text{ m}^3 + 2.072\text{m}^3 * \frac{25}{100}$$

$$V_{nb} = 2.072 \text{ m}^3 + 0.518\text{m}^3$$

$$V_{nb} = 2.6\text{m}^3$$

El volumen neto del biodigestor, donde se depositará la materia prima durante 28 días, con una generación de biogás de 0.024 m³/día, es de 2.6 m³.

3.1.1.4.4 Diámetro del biodigestor.

Para este cálculo se usa los principios utilizados en la Tesis Diseño y Construcción de un biodigestor Chino Anaerobio a partir del Estiércol Vacuno en la Finca “Los 5 Hermanos” de la Parroquia el Dorado. De la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias.

$$Hb = \emptyset$$

Partiendo del volumen y la altura del tanque del biodigestor encontramos el diámetro.

Fórmula:

$$Vtb = \frac{\pi * \emptyset b^2}{4} * Hb$$

Donde:

Vb = Volumen del tanque del biodigestor.

$\emptyset b$ = Diámetro del biodigestor.

Hb = Altura del biodigestor.

Despejando y reemplazando Hb por \emptyset

Ecuación 7

$$\emptyset b = \sqrt[3]{\frac{Vtb * 4}{\pi}}$$

Reemplazando valores:

$$\emptyset b = \sqrt[3]{\frac{2.072 \text{ m}^3 * 4}{3.14159}}$$

$$\emptyset b = 1.38 \text{ m}$$

3.1.1.4.5 Altura de la cámara de digestión

En la realización de este cálculo se consideró el diámetro y el volumen del tanque.

Fórmula aplicada:

$$V_{tb} = \frac{\pi * \emptyset b^2}{4} * H_{cb}$$

Despejando Hcb:

$$H_{cb} = \frac{V_{tb} * 4}{\pi * \emptyset b^2}$$

Remplazando valores:

Donde:

V_{tb} = Volumen tanque del biodigestor.

$\emptyset b$ = Diámetro del biodigestor.

H_{cb} = Altura de la cámara de biodigestión.

π =Pi (Cociente entre la longitud de la circunferencia y su diámetro).

$$H_{cb} = \frac{2.6m^3 * 4}{3.14159 * (1.38)^2}$$

$$H_{cb} = \frac{10.4m^3}{5.98m^4}$$

$$H_{cb} = 1.73m$$

La altura de la cámara de indigestión es de 1,73 m.

3.1.1.4.6 *Altura que ocupa la mezcla.*

Para lo cual se utiliza los datos de diámetro del tanque y volumen de la mezcla, aplicando la siguiente fórmula para el cálculo del volumen de un cilindro.

$$V_{mz} = \frac{\pi * \emptyset b^2}{4} * H_{mz}$$

Donde:

H_{mz} = Altura que ocupa la mezcla

V_{mz} = Volumen de la mezcla

$\emptyset b^2$ = Diámetro del biodigestor

π = Pi (Cociente entre la longitud de la circunferencia y su diámetro).

$$H_{mz} = \frac{V_{mz} * 4}{\pi * \phi^2 * 2.072 * 4}$$

$$H_{mz} = \frac{V_{mz} * 4}{(3.14159) * (1.38)^2}$$

$$H_{mz} = 1.40 \text{ m}$$

La altura que ocupará la mezcla dentro del biodigestor es de 1.40 m.

3.1.1.4.7 *Altura remanente de la cámara de digestión.*

Ecuación 10

$$H_{rcd} = H_{cb} - H_{mz}$$

Donde:

H_{rcd} = Altura remanente de la cámara de digestión.

H_{cb} = Altura de la cámara de biodigestión

H_{mz} = Altura de la mezcla

$$H_{rcd} = H_{cb} - H_{mz}$$

$$H_{rcd} = 1.73\text{m} - 1.4\text{m}$$

$$H_{rcd} = 0.33\text{m}$$

La altura remanente o sobrante de la cámara del biodigestor es de 0.33 m.

3.1.1.4.8 *Altura neta del biodigestor.*

Para este cálculo se considera una medida de 0.20 m de grosor de la profundidad o base del biodigestor, esto debido a que soporta la presión de la mezcla (agua + estiércol) y el peso mismo de la estructura del biodigestor.

Ecuación 11

$$H_{nb} = H_{cd} + B_b$$

Donde:

H_{nb} = Altura neta del biodigestor.

H_{cd} = Altura de la cámara de digestión

B_b = Base del biodigestor

$$Hnb = Hcd + Bb$$

$$Hnb = 1.73 + 0.20m$$

$$Hnb = 1.93m$$

La altura total del biodigestor es de 1.93m.

3.1.1.5 Dimensionamiento de la campana.

3.1.1.5.1 Diámetro de la campana.

Para la determinación del diámetro de la campana se ha considerado restarle 0.1m al diámetro de la cámara del biodigestor, de manera que permita el desplazamiento de la misma.

Ecuación 12

$$\emptyset Camp = \emptyset \text{ Biodigestor (m)} - 0.1(m)$$

Donde:

\emptyset Camp= Diámetro de la campana.

\emptyset b= Diámetro del biodigestor.

0.1m= Disminución al diámetro de la cámara del biodigestor.

$$\emptyset Camp = \emptyset \text{ Biodigestor (m)} - 0.1(m)$$

$$DCamp = 1.38 \text{ m} - 0.1m$$

$$DCamp = 1.28 \text{ m}$$

El diámetro de la campana es de 1.28m

3.1.1.5.2 Altura de la campana.

Para este cálculo se tomó en cuenta, que la altura de la campana es igual al diámetro de la misma, basándonos al mismo principio utilizado para encontrar la profundidad del biodigestor.

Ecuación 13

$$\emptyset Camp = Hcamp$$

Donde:

\emptyset_{Camp} = Diámetro de la campana

H_{camp} = Altura de la campana

$$\emptyset_{Camp} = H_{camp}$$

$$\emptyset_{Camp} = 1.28 \text{ m}$$

$$H_{camp} = 1.28 \text{ m}$$

Altura de la campana es de 1.28m.

3.1.1.5.3 Volumen de la campana.

Para determinar del volumen de la campana se tomó en cuenta, que la altura de la campana es igual al diámetro de la misma, basándonos en el mismo principio utilizado para encontrar la profundidad del biodigestor, en las Tesis Diseño y Construcción de un Biodigestor Chino Anaerobio a partir del Estiércol Vacuno en la Finca “Los 5 Hermanos” de la Parroquia el Dorado. De la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, facultad de Ciencias.

Ecuación 14

Por lo tanto se aplicó la siguiente fórmula:

$$VCamp = \frac{\pi * (\emptyset_{camp})^2}{4} * H_{camp}$$

Donde:

$VCamp$ = Volumen de la campana

\emptyset_{camp}^2 = Diámetro de la campana

H_{camp} = Altura de la campana

$$VCamp = \frac{(3.14159)(1.28m)^2}{4} * 1.28m$$

$$VCamp = 1.286795264 * 1.28m$$

$$VCamp = 1.6m^3$$

El volumen del gasómetro o campana es de 1.6 m³, con una altura de 1.28 m y un diámetro de 1.28 m.

3.1.1.5.4 *Altura total de la campana.*

Ecuación 15

$$HTCamp = Hcamp + hcúp$$

Donde:

HTCamp= Altura total de la campana.

hcúp = Altura de la cúpula.

Hcamp = Altura de la campana.

$$HTCamp = 1.28m + 0.26m$$

$$HTCamp = 1.54m$$

Altura total de la campana incluida el sobredimensionamiento y la altura de la cúpula es de 1.54m.

3.1.1.5.5 *Altura de la cúpula.*

Para este cálculo se utiliza la siguiente ecuación, partiendo del diámetro del gasómetro.

Ecuación 16

$$hcúp = \frac{1}{5} * \varnothing Camp$$

Donde:

hcúp = Altura de la cúpula

\varnothing Camp = Diámetro de la campana

$\frac{1}{5}$ = Base del biodigestor.

$$hcúp = \frac{1}{5} \varnothing Camp$$

Remplazando valores.

$$hcúp = \frac{1}{5} (1.28m)$$

$$hcúp = 0.26m$$

La altura de la cúpula será de 0.26 m de altura.

3.1.1.5.6 Radio de la curvatura de la cúpula.

Ecuación 17

Se determina mediante la siguiente ecuación.

$$R_{ccúp} = \frac{(R_{camp})^2 + (hcúp)^2}{2(hcúp)}$$

Donde:

$R_{ccúp}$ = Radio de la curvatura de la cúpula.

R_{camp} = Radio de la campana.

$hcúp$ = Altura de la cúpula.

$$R_{ccúp} = \frac{(0.64)^2 + (0.26)^2}{2(0.26)}$$

$$R_{ccúp} = 0.92\text{m}$$

3.1.1.5.7 Volumen de la cúpula.

Uno de los factores importantes a considerar es el volumen de la cúpula, lo que permite saber la cantidad de biogás que se puede almacenar, y con ello determinar si se debe construir un tanque de almacenamiento adicional.

Ecuación 18

$$V_{cúp} = \pi(hcúp)^2 \left(R_{curv} - \frac{hcúp}{a} \right)$$

Donde:

$a = 3$ valor constante.

$V_{cúp}$ = Volumen de la cúpula.

R_{curv} = Radio de curvatura.

$hcúp$ = Altura de la cúpula.

Remplazando valores:

$$V_{cúp} = 3.1416(0.26\text{m})^2\left(0.92\text{m} - \frac{0.26\text{m}}{3}\right)$$

$$V_{cúp} = 0.18\text{m}^3$$

El volumen de la cúpula es de 0.18m^3

3.1.1.5.8 *Volumen total de la campana.*

El volumen total de la campana, es la sumatoria del volumen de cúpula y el volumen de la campana.

Ecuación 19

$$VTCamp = V_{camp} + V_{cúp}$$

Donde:

$VTCamp$ = Volumen total de la campana.

V_{camp} = Volumen de la campana.

$V_{cúp}$ = Volumen de la cúpula.

$$VTCamp = 1.6 \text{ m}^3 + 0.18 \text{ m}^3$$

$$VTCamp = 1.78 \text{ m}^3$$

El volumen total de la campana es de 1.78m^3 .

3.1.1.5.9 *Altura máxima que sobresaldrá la campana del biodigestor.*

Para ello se considera que el 60% de la altura total de la campana sobresalga de la altura del biodigestor, donde el 40% de la campana quedara sumergido hacia dentro del biodigestor.

Ecuación 20

$$AMSCampB = HTCamp - 60\% \text{ Campana}$$

Donde:

$AMSCampB$ = Altura máxima que sobresaldrá la campana del biodigestor.

$HTCamp$ = Altura total de la campana.

60% = Porcentaje de la altura total de la campana que sobresaldrá de la altura del biodigestor.

$$AMSCampB = 1.54m - 1.54m * 60\%$$

$$AMSCampB = 1.54m - 0.90m$$

$$AMSCampB = 0.64m$$

Altura máxima que sobresaldrá la campana del biodigestor es de 0.64 m.

3.1.1.5.10 *Altura total del biodigestor incluido campana.*

Para obtener la altura total del biodigestor, se hace la sumatoria de la altura máxima de la campana que sobresaldrá y la altura neta del biodigestor.

Ecuación 21

$$ATBICamp = AMSCampB + Hnb$$

Donde:

ATBICamp = Altura total del biodigestor incluido campana

AMSCampB = Altura máxima que sobresaldrá la campana del biodigestor

Hnb = Altura neta del biodigestor.

$$ATBICamp = 0.64m + 1.93m$$

$$ATBICamp = 2.57m$$

Altura total del biodigestor incluido campana es de 2.57m.

3.1.1.6 *Dimensionamiento de la caja de entrada.*

Para conocer las medidas que tendrá cada lado de la caja de entrada, se parte de la mezcla homogénea que se genera diariamente, por lo que su diseño será cuadrangular.

Donde:

Lado uno = lado dos = lado tres = lado cúbico

3.1.1.6.1 Longitud de la caja de entrada.

Donde se empleó la siguiente fórmula matemática:

Ecuación 22

$$CD = V_{ce}$$

$$V_{ce} = L1 * L2 * L3$$

Remplazando:

$$V_{ce} = L^3$$

Despejando:

$$L_{ce} = \sqrt[3]{m^3}$$

Donde:

CD = Carga diaria.

Vce = Volumen de caja de entrada.

L = Lados.

Lce= Longitud de la caja de entrada.

Remplazando valores

$$L_{ce} = \sqrt[3]{0.074m^3}$$

$$L_{ce} = 0.42m$$

Las medidas de cada lado de la caja de entrada será de 0,42 m.

3.1.1.6.2 Longitud total de la caja de entrada.

Para un adecuado manejo de la mezcla, estas medidas se sobredimensionó en un 50%, esto nos permitirá realizar la mezcla sin ningún inconveniente, evitando desperdicios por los lados.

Ecuación 23

Su medida final será:

$$L_{tce} = L_{ce} + \left(L_{ce} * \frac{50\%}{100} \right)$$

Donde:

Ltce = Longitud total de la caja de entrada.

Lce = Longitud de la caja de entrada.

50%= Porcentaje que se sobredimensionó en la caja de entrada.

$$Ltce = 0.42m + (0.42m * \frac{50\%}{100})$$

$$Ltce = 0.42m + 0.21m$$

$$Ltce = 0.63m$$

3.1.1.6.3 Volumen total de la caja de entrada.

Ecuación 24

Donde se empleó la siguiente fórmula matemática:

$$Vtce = L1 * L2 * L3$$

Donde:

Vtce= Volumen total de la caja de entrada.

Ltce= Longitud total de la caja de entrada.

L= Lados.

$$Vtce = Ltce * Ltce * Ltce$$

$$Vtce = 0.63m * 0.63m * 0.63m$$

$$Vtce = 0.25m^3$$

La longitud total de cada lado de la caja de entrada es de 0.63m, dándonos un volumen total de la caja de entrada de 0.25m³.

3.1.1.7 Dimensionamiento de la caja de salida.

Para este cálculo, partimos del volumen de la carga diaria, se tomó en cuenta el volumen de carga diaria, necesidad de vaciado y la necesidad de uso del biol, por lo tanto la necesidad de vaciado se dará cuando llegue el tiempo final de retención de los 28 días. Por lo tanto la capacidad de la caja de salida será igual a la cantidad en volumen de 3 días de carga diaria.

Donde se podrá vaciar en 8 o menos días, casi la totalidad del volumen de la mezcla encontrada en la cámara del biodigestor.

A continuación hacemos relación, carga de la mezcla al biodigestor y salida del biol de la cámara de digestión.

$$3 \text{ días cargas (m}^3\text{) (estiércol + agua) = 1 \text{ descarga (m}^3\text{)/día}$$

3.1.1.7.1 Volumen de la caja de salida.

Fórmula utilizada:

Ecuación 25

$$V_{cs} = CD * D \text{ carg evac}$$

Donde:

V_{cs} = Volumen de la caja de salida

CD = carga diaria

D carg evac = Días de carga a evacuar

Datos:

$V_{cs}=?$

CD = 0.074m^3 mezcla/día

Dcarg evac = 3

$$CD = 0.074\text{m}^3 \frac{\text{mezcla}}{\text{día}} * 3\text{días}$$

Considerando que vaciamos cargas de 3 días:

Tendremos un volumen de:

$$V_{cs} = 0.074\text{m}^3 \frac{\text{mezcla}}{\text{día}} * 3 \text{ días}$$

$$V_{cs} = 0.222\text{m}^3 \text{ Biol}$$

Luego de los cálculos efectuados se conoce que la caja de salida tiene un volumen de 0.222m^3 .

3.1.1.7.2 Longitud de la caja de salida.

Para este cálculo, partimos de la capacidad en volumen de la caja de salida, donde se consideró que sea cuadrangular y por lo mismo que sus lados tengas las mismas dimensiones.

Es decir:

$$L1 = L2 = L3 = L^3$$

Donde se empleó la siguiente fórmula matemática:

Ecuación 26

$$Vcs = L1 * L2 * L3$$

Remplazando:

$$Vcs = L^3$$

Despejando y remplazando valores.

$$Lcs = \sqrt[3]{m^3}$$

Donde:

Vcs = Volumen de caja de salida.

L = Lados.

Lcs= Longitud de la caja de salida.

Remplazando valores.

$$Lcs = \sqrt[3]{0.222m^3}$$

$$Lcs = 0.605 m$$

Una vez realizado los cálculos, la medida de cada lado de la caja de salida será de 0.605 m.

3.1.1.7.3 *Volumen de la caja de salida sobredimensionada.*

Para un adecuado manejo del biol, estas medidas se sobredimensionó en un 25%, esto nos permitirá tener un mayor espacio y realizar los procesos de evacuación del biol sin ningún inconveniente.

Por lo que sus dimensiones finales serán:

Ecuación 27

$$Vcs\ sd = Vcs + (Vcs * 25\%)$$

Donde:

Vcs sd = Volumen de la caja de salida sobredimensionada.

Vcs = Volumen de la caja de salida.

25%= Sobredimensionamiento de la caja de salida.

$$V_{cs\ sd} = 0.222\text{m}^3 + (0.222\ \text{m}^3 * \frac{25}{100})$$

$$V_{cs\ sd} = 0.222\text{m}^3 + 0.06\text{m}^3$$

$$V_{cs\ sd} = 0.28\text{m}^3$$

3.1.1.7.4 Longitud de los lados de la caja de salida.

Calculando la dimensión de los lados tendremos:

Ecuación 28

$$V_{cs} = L^3$$

$$L_{lcs} = \sqrt[3]{V_{cs\ sd}}$$

Donde:

L_{lcs} = Longitud de los lados de caja de salida.

V_{cs} = Volumen de la caja de salida.

$V_{cs\ sd}$ = Volumen de la caja de salida sobredimensionado.

$$L_{lcs} = \sqrt[3]{0.28}$$

$$L_{lcs} = 0.65\text{m}$$

La medida de cada uno de los lados de la caja de salida (recolección de biol) tendrá una longitud de 0.65m, obteniendo una capacidad en volumen de 0.28m³.

3.1.1.7.5 Altura de la caja de salida.

Para la altura de la caja de salida, se consideró el nivel de la caja de entrada, el nivel de la mezcla en la cámara de digestión y la diferencia de presiones, en base a ello la caja de salida tendrá un desnivel de altura del 10% del total de la altura de la mezcla, esto debido a que lograremos una mayor presión y por ende una mayor facilidad de salida del biol, esto impedirá tener problemas con el nivel de la materia prima en la cámara del biodigestor.

Ecuación 29

$$H_{cs} = H_{Omz} - (H_{Omz} * \frac{10\%}{100})$$

Donde:

Hcs = Altura de la caja de salida.

H0mz = Altura que ocupa la mezcla.

10% = Porcentaje del total de la altura de la mezcla con desnivel en la caja de salida.

$$Hcs = H0mz - \left(H0mz * \frac{10\%}{100} \right)$$

$$Hcs = 1.40m - \left(1.40m * \frac{10}{100} \right)$$

$$Hcs = 1.40m - 0.14m$$

$$Hcs = 1.26m$$

La altura a la cual tendrá lugar la caja de salida con respecto a la altura de la mezcla encontrada en la cámara del biodigestor será de 1.26m.

3.1.1.8 Dimensionamiento de la caja de acumulación de lodos.

La caja de acumulación de lodos, es una caja que recogerá aproximadamente ½ de la totalidad de la mezcla existente en la cámara del biodigestor, ya que la mitad de la materia prima utilizada para la producción de biogás tenderá a salir en forma de biol por la caja de salida, donde aparte de eso se tendrá una acumulación de sedimentados o lodos pesados que se depositarán en la parte profunda del biodigestor.

La caja de acumulación de lodos servirá también, para realizar lavados completos de la cámara del biodigestor, así facilitándonos las labores de mantenimiento sin necesidad de sacar la campana (gasómetro) o ingresar dentro del mismo.

Para su construcción se consideró, que la caja de lavado o recolector de lodos del biodigestor, se construirá con un desnivel del 50% de la base del biodigestor, esto con el objetivo de que el lodo logre salir por medio de la gravedad y no se produzca taponamiento.

Los lodos emergerán de la cámara de digestión, por medio, de una tubería (PVC) de cuatro pulgadas (4") y serán depositados directamente en la caja de recolección de lodos, esta tubería estará provista de una llave de paso del mismo diámetro que la tubería, para así evitar que la mezcla salga antes de lo requerido.

Para encontrar las dimensiones de la caja de salida de lodos, se utilizarán las mismas fórmulas usadas para los cálculos de las cajas de entrada, salida y el volumen de la carga diaria (CD), también se considera que ½ de la totalidad de la mezcla de la cámara de biodigestor saldrá por esta caja.

3.1.1.8.1 Volumen de la caja de lodos.

Cálculo de las longitudes de la caja de recolección de lodos:

Ecuación 30

$$Vc\ lod = CD * TR$$

Donde:

Vc lod = Volumen de la caja de lodos.

CD = Carga diaria en m³ mezcla/día.

T.R= Tiempo de Retención.

$$Vc\ lod = CD * TR$$

$$Vc\ lod = 0.074m^3 * 14\ días$$

$$Vc\ lod = 1.036\ m^3$$

El volumen de la caja de lodos obtenido es de 1.036 m³

3.1.1.8.2 Longitud de la caja de lodos.

Calculando la dimensión de los lados tendremos:

Ecuación 31

$$Vc\ lod = L^3$$

$$L\ clod = \sqrt[3]{Vclod}$$

Donde:

Vc lod = Volumen de la caja de lodos.

L c lod= Longitud de la caja de lodos.

$$L\ clod = \sqrt[3]{1.036}$$

$$L\ clod = 1.01m$$

La medida de cada uno de los lados de la caja de lodos tendrá una longitud de 1.01m.

3.1.1.8.3 Volumen de caja de lodos sobredimensionada.

Sobredimensionamos esta medida a un 10%, esto con el fin de que el manejo de estos lodos en la caja, sea más cómodo.

Ecuación 32

$$Vc\ lod\ sd = Vc\ lod + (Vc\ lod * 10\%)$$

Donde:

Vcl sd= Volumen de la caja de lodos sobredimensionada.

Vc lod= Volumen de la caja de lodos.

10%= Porcentaje sobredimensionado en la caja de lodos.

L= Lados sobredimensionados.

$$Vc\ lod\ sd = Vc\ lod + (Vc\ lod * 10\%)$$

$$Vc\ lod\ sd = 1.036\ m^3 + (1.036\ m^3 * \frac{10}{100})$$

$$Vc\ lod\ sd = 1.036\ m^3 + 0.10\ m^3$$

$$Vc\ lod\ sd = 1.14\ m^3$$

El volumen de la caja de lodos sobredimensionada tendrá un volumen de 1.14m³.

3.1.1.8.4 Longitud de la caja de lodos sobredimensionada.

Por lo tanto calculamos la medida de cada lado sobredimensionado:

Ecuación 33

$$Vc\ lod\ sd = L^3$$

$$Lc\ lod\ sd = \sqrt[3]{Vc\ lod\ sd}$$

Donde:

Vc lod sd= Volumen de la caja de lodos sobredimensionada.

Lc lod sd= Longitud de la caja de lodos sobredimensionada.

$$Lc\ lod\ sd = \sqrt[3]{1.14\ m^3}$$

$$Lc\ lod\ sd = 1.05\ m$$

Las nuevas dimensiones de la caja (sobredimensionada) de salida de lodos serán de 1.05m de cada lado.

3.1.1.8.5 Profundidad de la caja de lodos con respecto a la altura de la mezcla del biodigestor.

Para este cálculo nos basamos directamente de la altura de la mezcla que se encuentra en el biodigestor que es de 1.40, a continuación se explica de forma clara por medio de cálculos matemáticos.

Ecuación 34

$$Pc \text{ lod rBb} = Hmz + \left(Hmz * \frac{20\%}{100} \right)$$

Donde:

Pc lod r Bb = Profundidad de la caja de lodos con respecto a la base del biodigestor.

Hmz = Altura de la mezcla.

50% = Porcentaje relacionado con la altura de la mezcla que se encuentra en el biodigestor.

$$Pc \text{ slod} = 1.40m + \left(1.40m * \frac{50}{100} \right)$$

$$Pc \text{ slod} = 1.40m + 0.7m$$

$$Pc \text{ slod} = 2.10 \text{ m}$$

La caja de salida de lodos se ubicará a una profundidad 2.10 m, con respecto a la altura de la mezcla, donde el desnivel será de 0.50 m.

3.1.1.8.6 Tiempo estimado para el mantenimiento del biodigestor

Es el tiempo que se debería esperar para darle mantenimiento al biodigestor, este dato está basado a los sólidos totales que tiene 1kg de estiércol fresco.

Ecuación 35

$$V \text{ h entr} = \frac{\pi * d^2}{4} * h$$

Donde.

CD = Carga mezcla día (m³).

Cd EF = Carga día Estiércol fresco (kg).

ST_{/kg EF} = Sólidos totales por cada kg EF (kg).

V e cd te = Volumen existente desde la cámara de digestión hasta la tubería de entrada de la CD (m³).

π = Pi.

d² = diámetro cuadrado.

Determinación del volumen que tiene hasta la boca de la caja de entrada.

$$CD = 0.074 \text{ m}^3$$

$$Cd \text{ EF} = 42.5 \text{ kg}$$

$$ST_{/kg \text{ EF}} = 0.19 \text{ kg}$$

$$V \text{ h entr} = \frac{3.14159 * (1.38 \text{ m})^2}{4} * 0.33 \text{ m}$$

$$V \text{ h entr} = 0.49 \text{ m}^3$$

Este volumen convertido en peso

$$0.49 \text{ m}^3 * \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} * \frac{1 \text{ kg}}{1 \text{ L}} = 490 \text{ kg Mez}$$

El volumen que se tiene hasta la boca de la tubería de entrada de la mezcla de carga diaria es de 0.49 m³ y un peso de 490 kg.

Encontrar la cantidad en peso de sólidos totales en la carga diaria.

$$0.074 \text{ m}^3 \longrightarrow 42.5 \text{ kg EF}$$

$$42.5 \text{ kg EF} * \frac{0.19 \text{ kg ST}}{1 \text{ kg EF}} = 8.075 \text{ kg ST}$$

$$8.075 \text{ kg ST} * 60 \text{ días} = 485 \text{ kg ST} / \text{ días}$$

Los sólidos totales necesarios para llenar el volumen que se requiere hasta la boca de la tubería de entrada de la mezcla de carga diaria es de 485kg, este se llenará a los 60 días de carga.

3.1.2 Resultados.

3.1.2.1 Resultados de la caracterización del estiércol.

Analizados los respectivos parámetros de las muestras de estiércol fresco (bovino-porcino) procedente de la finca “Los Cuencanos” por el Laboratorio LABSU, éste emitió los pertinentes informes, obteniendo los siguientes resultados: (Ver anexo 21).

Tabla 12-3. Resultados de los análisis del Pre-Tratamiento en muestras de mezcla homogénea con estiércol bovino y porcino.

| Parámetros | Unidades | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Muestra 4 | Promedio |
|------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| Sólidos totales | % | 19,61 | 18,65 | 19,93 | 19,12 | 19 |
| Potencial de hidrógeno | - | 7,73 | 7,75 | 7,51 | 6,69 | 7,42 |
| Materia Orgánica | % | 14,37 | 12,51 | 13,67 | 15,71 | 14,065 |
| Humedad | mg/kg | 80,31 | 81,35 | 80,01 | 80,88 | 81 |
| Ceniza | mg/kg | 22,99 | 23,75 | 22,50 | 23,46 | 23,18 |
| Carbono Orgánico Total | % | 8,33 | 7,25 | 7,93 | 9,11 | 8,15 |
| Nitrógeno Total | % | 0,72 | 0,63 | 0,68 | 0,79 | 0,705 |
| C/N | % | 11,57 | 11,51 | 11,66 | 11,53 | 11,57 |

Realizado por: García, J., León, E. 2015

3.1.2.1.1 Resultado de Sólidos totales.

El porcentaje de sólidos totales, es un parámetro que determina la buena producción de biogás, donde a mayor sólidos totales, mayor será el crecimiento bacteriano y por ende habrá una buena producción de biogás.

La concentración de S.T en el estiércol fresco se resume a continuación:

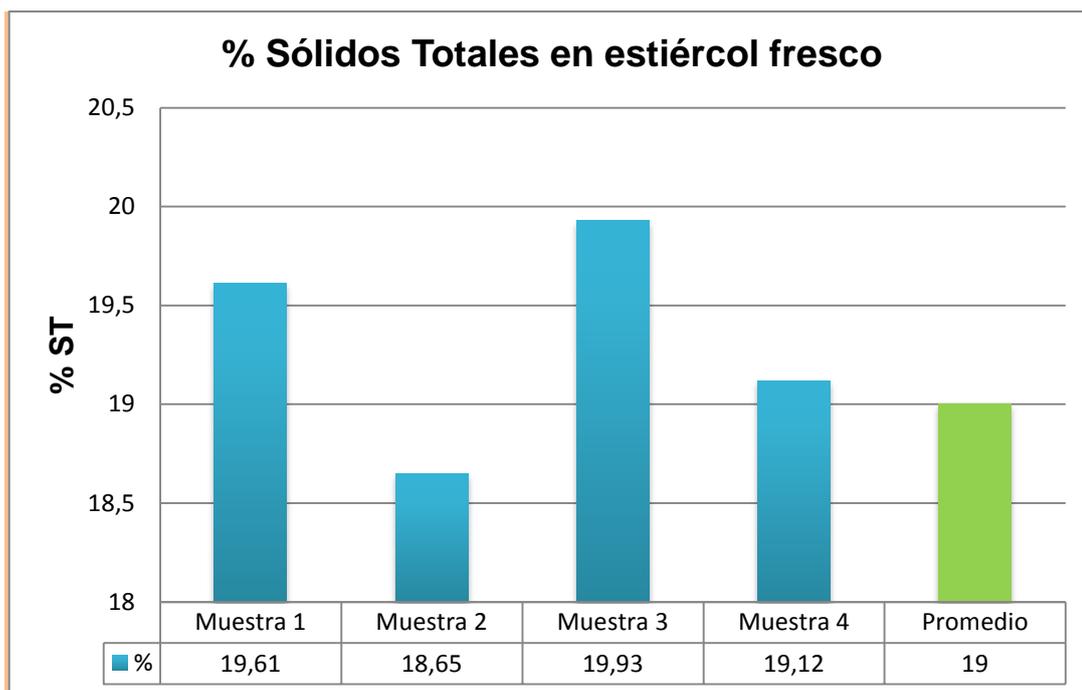


Gráfico 1-3. Sólidos Totales en estiércol fresco.

Realizado por: García, J., León, E. 2015

Nuestro biodigestor Hindú se diseñó en base al %ST, obteniendo como resultado de laboratorio un promedio de 19% de ST. En estos análisis se puede apreciar claramente la variación de los % ST en las cuatro diferentes muestras, esto se debe a la variabilidad del suministro alimenticio.

3.1.2.1.2 Resultado del Potencial de Hidrógeno. (pH)

De acuerdo a las diferentes citas bibliográficas, se constata que los rangos adecuados de pH para una buena producción de biogás oscilan entre 6.7 a 7.5, siendo el más óptimo un pH de 7.

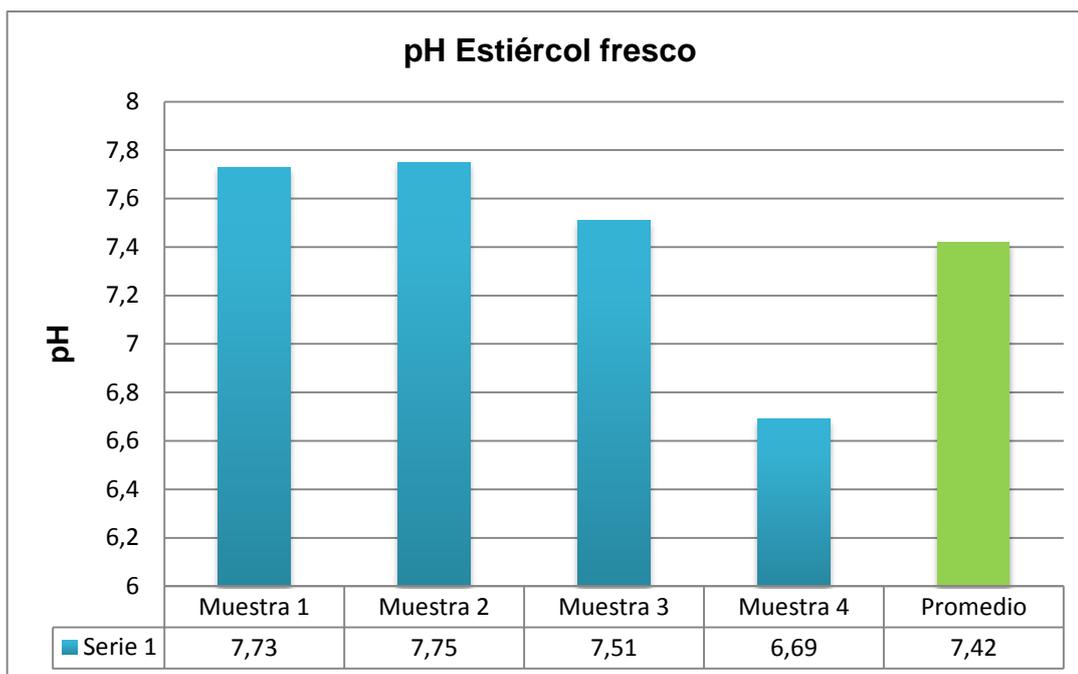


Gráfico 2-3. pH Estiércol Fresco.

Realizado por: García, J., León, E. 2015

Establecidos los resultados de los análisis de pH en el laboratorio, de las muestras de estiércol fresco, denota que está entre los valores neutros con un 7,42, indicándonos que es recomendable para el funcionamiento del biodigestor Hindú.

3.1.2.1.3 Resultado de la Materia orgánica.

La descomposición de la materia orgánica (estiércol), es dada por la acción de un grupo de bacterias específicas, la degradación influirá principalmente al tipo de alimentación que consuman por lo tanto favorece con la obtención de biogás.

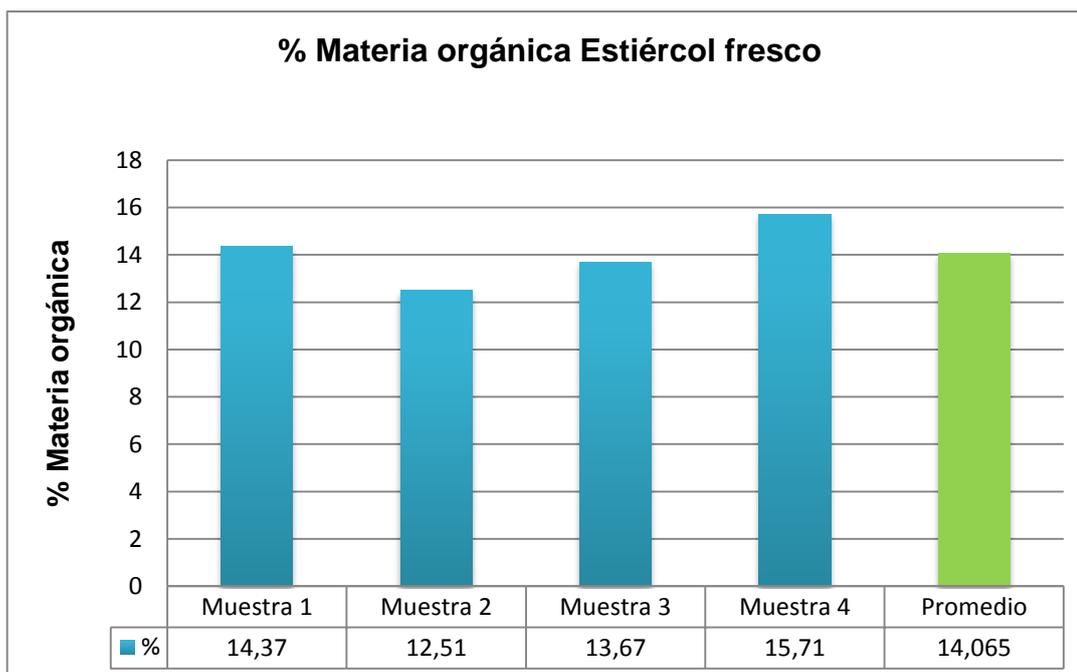


Gráfico 3-3. % Materia orgánica Estiércol Fresco.

Realizado por: García, J., León, E. 2015

De acuerdo a los análisis de laboratorio, se obtuvo un valor promedio de 14,065 % de materia orgánica. La cantidad de materia orgánica se ve influenciada por la alimentación suministrada al ganado bovino y porcino. En este análisis se demuestra que existe una diferencia en los valores de cada muestra analizada, esto es debido a la mezcla homogénea que se realizó entre los dos tipos de estiércol, ya que cada uno de ellos tiene diferentes dietas de alimentación.

3.1.2.1.4 Resultado de la Humedad.

La humedad es uno de los parámetros más importantes en tomar en cuenta ya que si existe un incremento o una disminución de humedad en el sustrato (mezcla homogénea de estiércol bovino y porcino), esto limitará o incrementará el crecimiento de microorganismos, por lo que se verá influenciado directamente a la producción de biogás.

Los resultados se los representa en el siguiente cuadro:

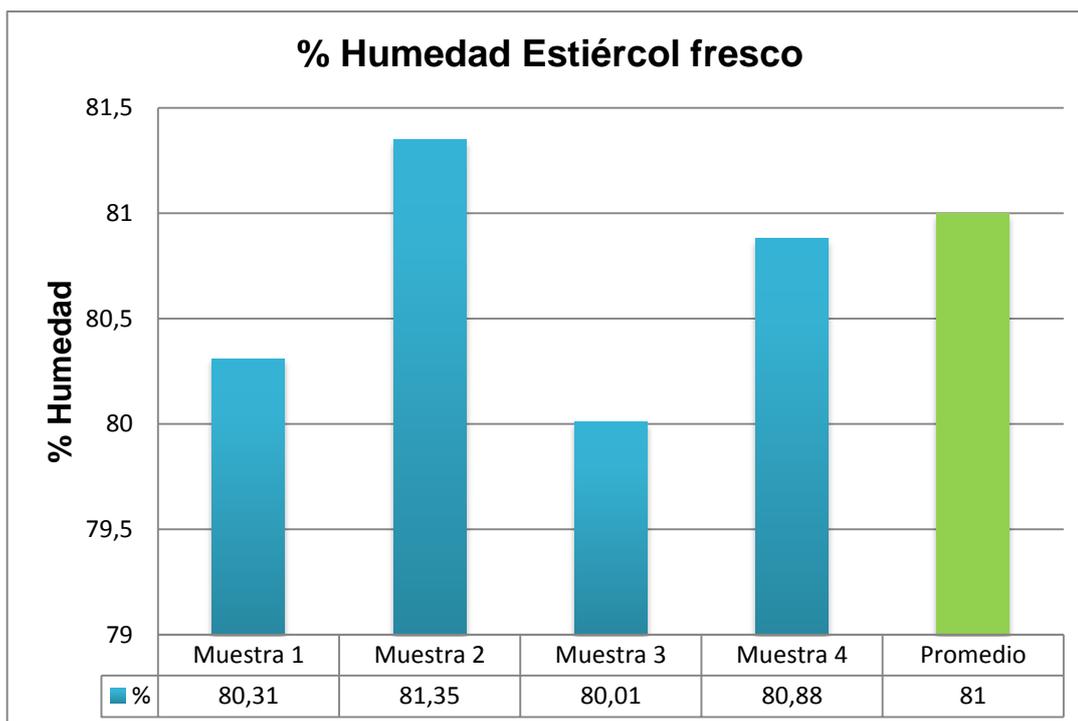


Gráfico 4-3. % Humedad Estiércol Fresco.

Realizado por: García, J., León, E. 2015

Los resultados conseguidos en el laboratorio indican un valor promedio del 81% de humedad en la mezcla homogénea (estiércol bovino y porcino), estos valores obtenidos en las cuatro muestras, no poseen variación considerable esto debido a que se realizó una mezcla homogénea de estiércol porcino y bovino en relación 1:1.

3.1.2.1.5 Resultado de la Ceniza.

El análisis de ceniza en muestras de estiércol fresco, se efectuó con el propósito de saber el porcentaje existente de materia sólida no combustible.

A continuación se detallan los resultados:

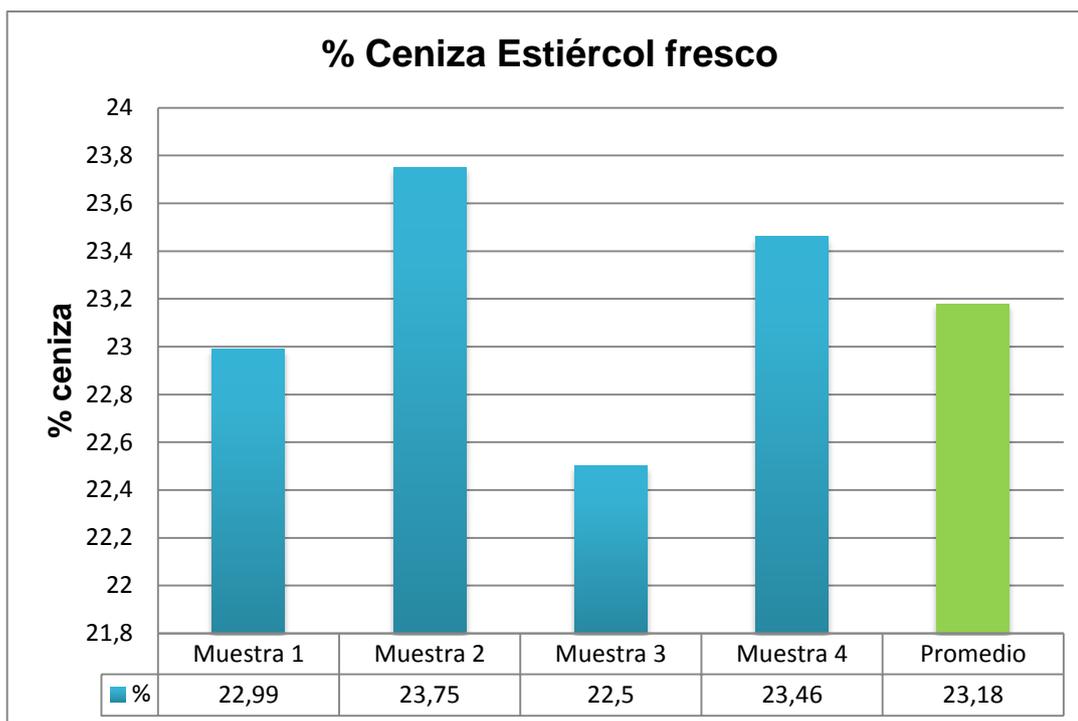


Gráfico 5-3. % Ceniza Estiércol Fresco.

Realizado por: García, J., León, E. 2015

Los resultados de ceniza conseguidos en el laboratorio son de 23,18%, los valores logrados en cada resultado no varían, esto es en base a que las muestras obtenidas fueron homogenizadas. Y también depende de la alimentación que reciban los animales, en este caso los bovinos lo hacen con un alimento rico en fibra (potrero marandú). Y los porcinos son alimentados con raciones a base de caña, lo que permite que las muestras tengan un alto contenido de fibra.

3.1.2.1.6 Resultado de la Relación Carbono – Nitrógeno (C/N).

Una buena relación carbono nitrógeno (C/N) conlleva a un buen crecimiento bacteriano y a una apropiada descomposición del sustrato donde se logra convertir todo el carbono en CH₄.

Los resultados se detallan en el siguiente cuadro:

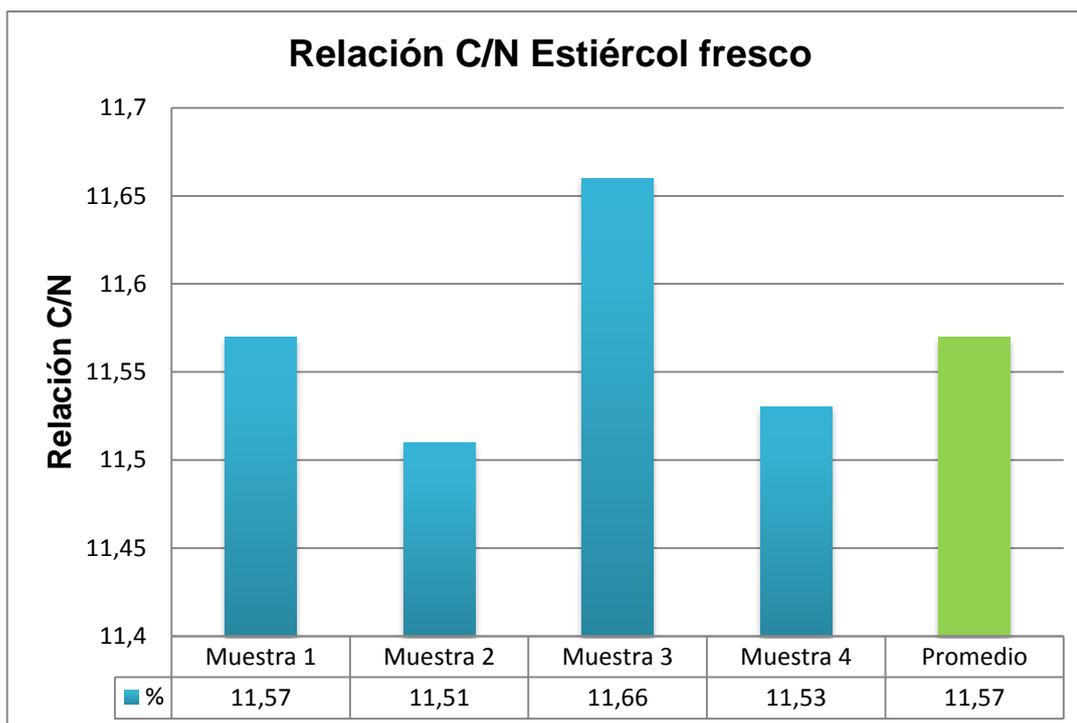


Gráfico 6-3. Relación C/N Estiércol Fresco.

Realizado por: García, J., León, E. 2015

El resultado conseguido en el laboratorio de la relación C/N de las muestras de estiércol fresco es de 11,57 %, este rango está dentro de los parámetros aceptables para la producción de biogás. Se considera que estas relaciones obtenidas se debe a que los bovinos y porcinos se alimentan de raciones ricas en nitrógeno y fibra, tales como son los productos de mercado y de los potreros (legumbres, hortalizas, caña, pasto).

3.1.2.2 Resultados de análisis post-tratamiento (Biol.)

Una vez realizados los respectivos análisis de laboratorio, se obtuvo los siguientes resultados: (Ver anexo 22).

Cuadro 11-3. Resultados de biol del biodigestor Hindú de la Finca “Los Cuencanos”.

| Parámetros | Unidad | M1 |
|------------------------|--------|---------|
| Potencial de hidrógeno | - | 8,29 |
| Materia orgánica | % | 11,51 |
| Nitrógeno total | % | 0,58 |
| Fósforo | mg/kg | 68,06 |
| Amonio | mg/kg | 67,74 |
| Sodio | mg/kg | 4186,33 |

Fuente: Laboratorio LABSU, 2015

Realizado por: García, J., León, E. 2015

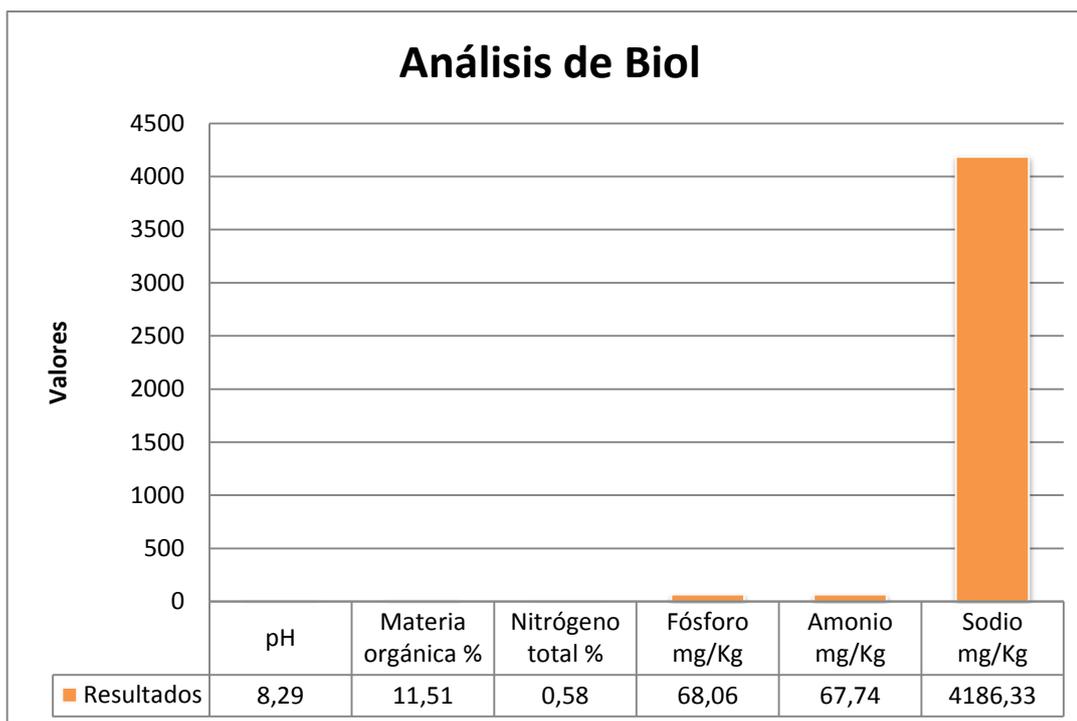


Gráfico 7-3. Análisis post- tratamiento.

Realizado por: García, J., León, E. 2015

Luego del análisis de laboratorio de la muestra de biol obtenido en el biodigestor Hindú, se conoce que el mismo contiene una variación considerable de nutrientes muy importantes para el uso en cualquier cultivo.

Dentro de estos datos se observa claramente que tenemos un alto % de sodio 4186.33 mg por cada kg de muestra, de igual forma se determina la cantidad de fósforo de 68.06 mg por cada kg de muestra, amonio con un % considerable de 67.74 mg por cada kg de muestra, de igual forma se determina con menores % la materia orgánica 11.51 mg por cada kg de muestra, nitrógeno total con 0.58 mg por cada kg de muestra y con un pH promedio de 8.29

3.2 Análisis y Discusión de resultados.

3.2.1 Prototipos.

- Prototipo # 1.

La medición de biogás fue llevada a cabo durante los 28 días de producción, arrancando con la primera medida el día siete y de ahí sucesivamente cada siete días. Se utilizó el método de desplazamiento de líquido.

➤ **Verificación de la medición de biogás del prototipo, por el método de desplazamiento de líquido.**

Para conocer la cantidad de biogás que se produjo en el prototipo tipo Bach, se aplicó el método de desplazamiento de líquido o agua en un determinado tiempo; donde el volumen del gas es igual al volumen de agua desplazado por el gas.

Tabla 13-3. Resultados obtenidos de la medición de biogás.

| T.R (Días) | Medición (ml/min) | Duración de liberación de gas (min) | Volumen total (ml) | Volumen (Litros) | Volumen en (m ³) |
|------------|-------------------|-------------------------------------|--------------------|------------------|------------------------------|
| 7 | 500 | 1 | 500 | 0.5 | 0.0005 |
| 14 | 500 | 3 | 1500 | 1.5 | 0.0015 |
| 21 | 500 | 5 | 2500 | 2.5 | 0.0025 |
| 28 | 500 | 7 | 3500 | 3.5 | 0.0035 |

Realizado por: García, J., León, E. 2015

Claramente se determina la cantidad de biogás que produce el prototipo de acuerdo a los días transcurridos, llegando a su máxima producción de 3.5 L a los 28 días.

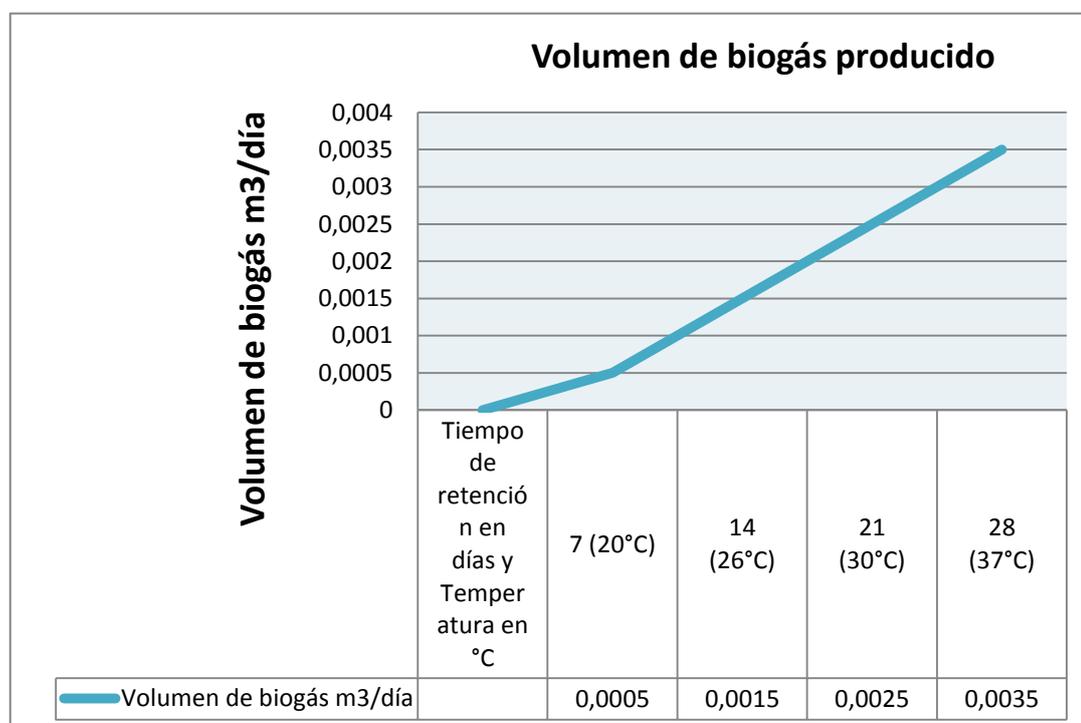


Gráfico 8-3. Biogás obtenido por el método de desplazamiento de líquido.

Realizado por: García, J., León, E. 2015

Tabla 14-3. Resultado de los litros de biogás a partir de los datos de ST determinados en el laboratorio (T.R 28 días) relación 1:0.75.

| T.R 28 días | m³ de biogás |
|--------------------|--|
| | 1 kg de EF = 0.19 kg de ST (dato de laboratorio) |
| | 2.57 kg EF = 0.4883 kg ST |
| 7 días | 0.4883 kg de Sólidos totales (ST) = 0.5 Lts de biogás @ (20°C) |
| 14 días | 0.4883 kg de Sólidos totales (ST) = 1.5 Lts de biogás @ (26°C) |
| 21 días | 0.4883 kg de Sólidos totales (ST) = 2.5 Lts de biogás @ (30°C) |
| 28 días | 0.4883 kg de Sólidos totales (ST) = 3.5 Lts de biogás @ (37°C) |

Realizado por: García, J., León, E. 2015

El resultado de sólidos totales obtenido en el análisis de laboratorio, fue de 0.19 kg por cada 1kg de estiércol fresco.

A partir del mismo se pudo determinar los ST que se encuentran contenidos en el prototipo con relación (1:0.75) y con un peso de 2.57 kg de EF dándonos 0.4883kg de ST, basándonos en la medición de desplazamiento de líquido se conoció el volumen de biogás generado en intervalos de 7 días hasta llegar a completar un tiempo de retención de 28 días, estos datos varían de acuerdo al estado de temperatura dentro del prototipo por lo tanto se mide una producción de biogás de (0.5L a los 7 días, a los 14 días 1.5L, en los 21días 2.5L y a los 28 días se obtuvo 3.5L).

▪ **Volumen de biogás producido en m³.**

Para determinar el volumen de biogás producido, se toma en cuenta los resultados contenidos en las siguientes tablas. (Ver anexo 8).

Tabla 15-3. Resultado en m3 de biogás generado por los ST existentes en el prototipo.

| T.R 28 días | m³ de biogás |
|--------------------|--|
| 7 días | 0.4883 kg de Sólidos totales (ST) = 0.0005 m3 de biogás @ (20°C) |
| 14 días | 0.4883 kg de Sólidos totales (ST) = 0.0015 m3 de biogás @ (26°C) |
| 21 días | 0.4883 kg de Sólidos totales (ST) = 0.0025 m3 de biogás @ (30°C) |
| 28 días | 0.4883 kg de Sólidos totales (ST) = 0.0035 m3 de biogás @ (37°C) |

Realizado por: García, J., León, E. 2015

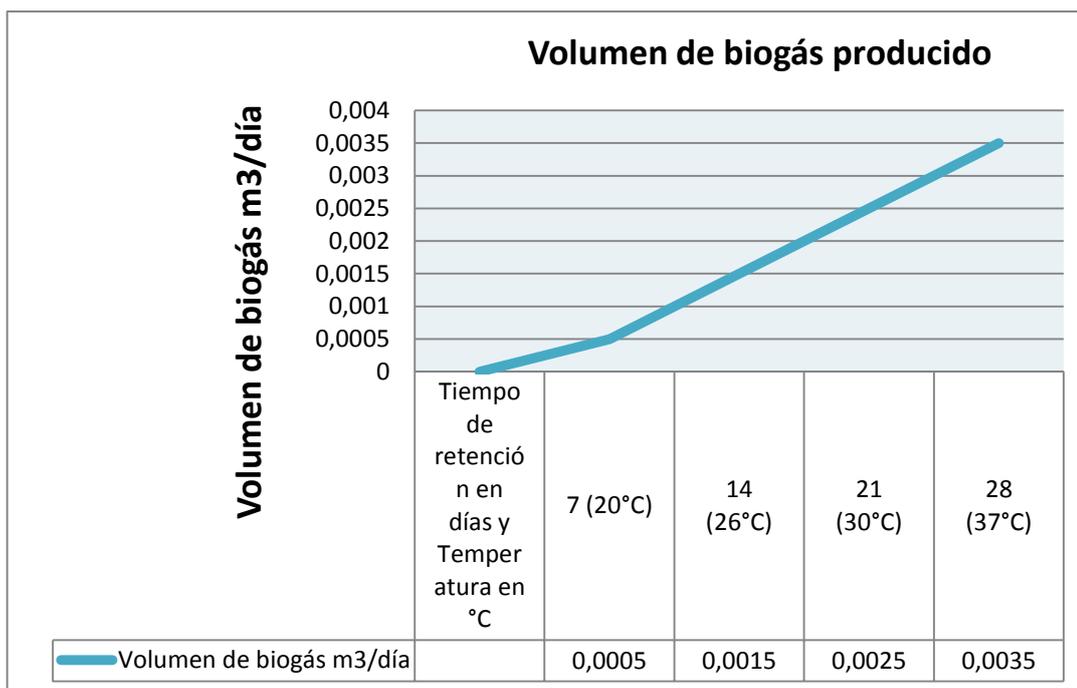


Gráfico 9-3. Producción de biogás generado por los ST existentes en el prototipo.

Realizado por: García, J., León, E. 2015

En esta tabla y gráfica se calculó la cantidad de biogás que se obtuvo a partir de los 0.4883 kg de sólidos totales, lo cual significa que los m³ de biogás se tienen a partir de 2.57kg de EF contenidos en el prototipo.

Se puede recalcar que la producción de biogás varía a medida que aumenta el tiempo y la temperatura. Pudiendo destacar que a 20°C tenemos una producción de 0.0005 m³ de biogás, a 26°C se obtuvo 0.0015 m³ de biogás, también a 30°C se midió 0.0025 m³ de biogás y a 37°C se determinó la cantidad de 0.0035 m³ de biogás.

Estos datos de volumen de biogás determinados, son muy bajos para ser tomados como referencia para el dimensionamiento de biodigestores.

Tabla 16-3. Resultado en m³ de biogás, de acuerdo a los S.T obtenidos por cada kg E.F.

| T.R 28 días | m ³ de biogás |
|-------------|---|
| 7 días | 0.19 kg de Sólidos totales (ST) = 0.00019 m ³ de biogás @ (20°C) |
| 14 días | 0.19 kg de Sólidos totales (ST) = 0.00058 m ³ de biogás @ (26°C) |
| 21 días | 0.19 kg de Sólidos totales (ST) = 0.00093 m ³ de biogás @ (30°C) |
| 28 días | 0.19 kg de Sólidos totales (ST) = 0.0013 m ³ de biogás @ (37°C) |

Realizado por: García, J., León, E. 2015

Estos datos son obtenidos con la secuencia de la tabla anterior. Se calculó la cantidad de biogás que se obtuvo a partir de los 0,19 kg ST que están contenidos en 0.4883 kg ST que es la mezcla total en el prototipo.

Tabla 17-3. Resultado en m³ de biogás, de acuerdo a 1 kg S.T.

| T.R 28 días | m³ de biogás |
|--------------------|---|
| 7 días | 1 kg de Sólidos totales (ST) = 0.001 m ³ de biogás @ (20°C) |
| 14 días | 1 kg de Sólidos totales (ST) = 0.003 m ³ de biogás @ (26°C) |
| 21 días | 1 kg de Sólidos totales (ST) = 0.0048 m ³ de biogás @ (30°C) |
| 28 días | 1 kg de Sólidos totales (ST) = 0.0068 m ³ de biogás @ (37°C) |

Realizado por: García, J., León, E. 2015.

Estos datos obtenidos, son resultado de las mediciones y conversiones que se efectuó en el transcurso de la investigación, son datos que se tomaron en cuenta como referencia, para el diseño y construcción del biodigestor Hindú del trabajo de titulación.

Para la cuantificación del biogás se aplicó la técnica del desplazamiento de fluido. Donde se pudo constatar la cantidad de biogás que ingresaba a la botella con agua y expulsa el agua sobrante por una manguera de menor diámetro al vaso graduado durante un cierto tiempo.

▪ **Prueba de llama.**

Para comprobar la coloración de la llama se procedió a quemar el biogás almacenado en un tubo de llanta de motocicleta con la ayuda de una vela.

Esta prueba se la realiza cada siete días durante los 28 días de producción, es preferible hacerlo en horas de la noche para facilitar la observación.

En los primeros 7 días se observó una llama de coloración amarillenta, a los 14 días una coloración anaranjada, en los 21 días una llama de color semi-azulada. Y finalmente en el día 28 la llama fue de coloración azul, esta llama nos indica que el biogás posee un alto poder calorífico, el cual permitirá calentar rápidamente cualquier alimento o sustancia que se inserte en su flujo. (Ver anexo 9).

▪ **Medición de la Temperatura.**

La medición de la temperatura se la realizó en horario de la mañana (7:00), tarde (12:00) y noche (18:00), durante los 28 días.

Concluido el proceso de producción, la temperatura promedio dentro del prototipo fue de 26 °C y la temperatura promedio ambiente de 25 °C. (Ver anexo 10).

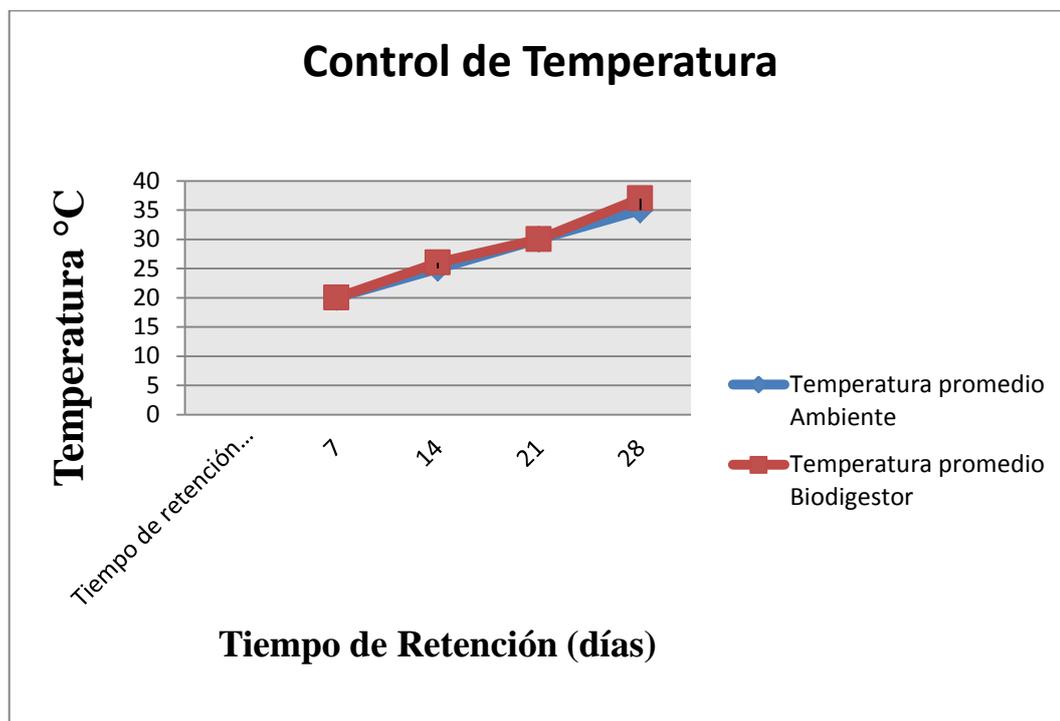


Gráfico 10-3. Variación de la temperatura.

Realizado por: García, J., León, E. 2015

Durante el control de la temperatura dentro del prototipo, se pudo observar que la misma era mayor o igual a la temperatura del ambiente, esto se dio debido a las variaciones climatológicas.

Ya que se presenciaron unos meses de precipitación (abril-mayo) por lo cual no se ha determinado diferencia considerable entre las dos temperaturas.

▪ **Medición de pH.**

En el transcurso que duró el proceso de producción, se obtuvo un valor de pH promedio de 7, estando este dentro de los valores óptimo para la producción de biogás. (Ver anexo 10).

- **Prototipo #2.**

Al pasar los días observamos que no hubo ninguna producción de biogás en este prototipo, esto puede ser debido a que la consistencia de la mezcla era muy acuosa, es decir que hubo un exceso de agua, haciendo que se inhiba el crecimiento de las bacterias.

Y otras de razones atribuye a la variación de la temperatura con un valor bajo, esto hace que el tiempo de retención sea mayor, inhibiendo el crecimiento de los microorganismos.

- **Medición de la Temperatura.**

La medición de la temperatura se la realizó en horario de la mañana (7:00), tarde (12:00) y noche (18:00), durante los 28 días.

Concluido el proceso de producción, la temperatura promedio dentro del prototipo fue de 23 °C y la temperatura promedio ambiente de 25 °C. (Ver anexo 11).

Una de las razones por la cual no se produjo biogás en este prototipo es debido a que el promedio de temperatura que se obtuvo durante todo el tiempo de retención (28 días) fue de 23 °C, al haber una temperatura baja, aumenta el tiempo de retención y por ende se inhibe el crecimiento de microorganismos.

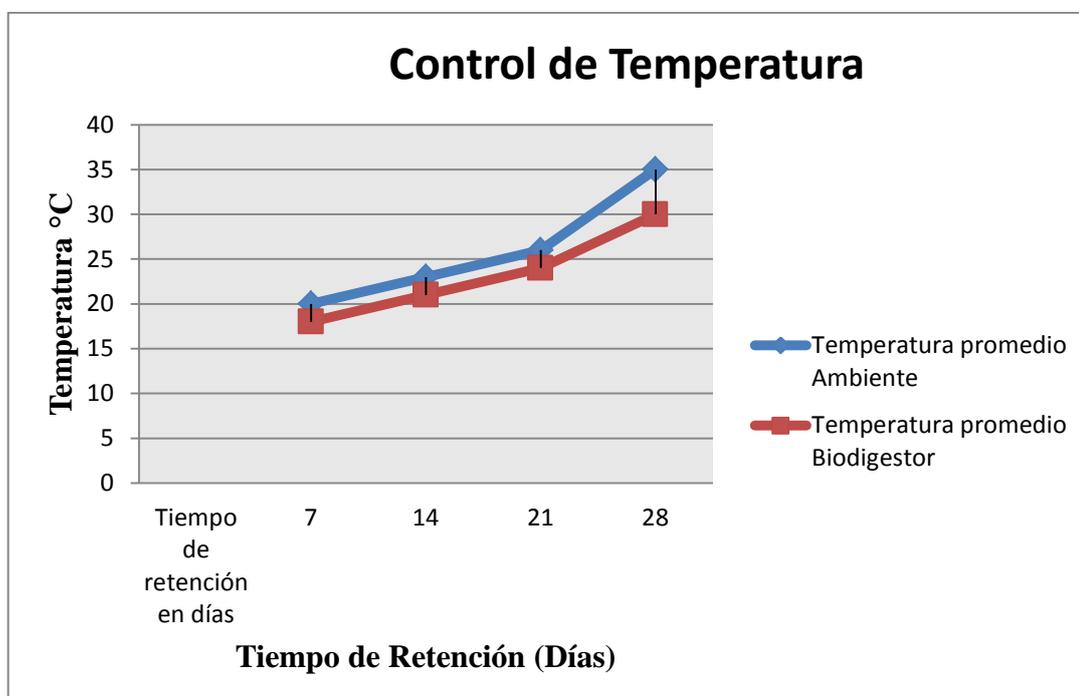


Gráfico 11-3. Variación de la temperatura.

Realizado por: García, J., León, E. 2015

Durante el control de la temperatura, se pudo observar que la temperatura ambiente era mayor a la temperatura dentro del prototipo, esto se dio debido a las variaciones climatológicas o a que la mezcla era muy acuosa inhibiendo el crecimiento bacteriano.

- **Medición de pH.**

En el transcurso que duró el proceso de producción, se obtuvo un valor de pH promedio de 5. (Ver anexo 11).

La obtención de este valor bajo de pH es una razón por la que se no logró la producción de biogás, ya que siendo este ácido lo hace estar fuera del rango de valores óptimos para la producción de biogás.

3.2.2 Propuesta.

Con la caracterización del estiércol producido en la finca “Los Cuencanos” de la parroquia García Moreno, se constató que posee un gran porcentaje de ST, materia orgánica y carbono orgánico. El biodigestor Hindú, se construyó en base a los parámetros analizados en el laboratorio con el fin de obtener una buena producción de biogás y bioabonos para solventar la demanda, logrando de esta manera reducir el impacto al ambiente por las actividades de crianza de animales.

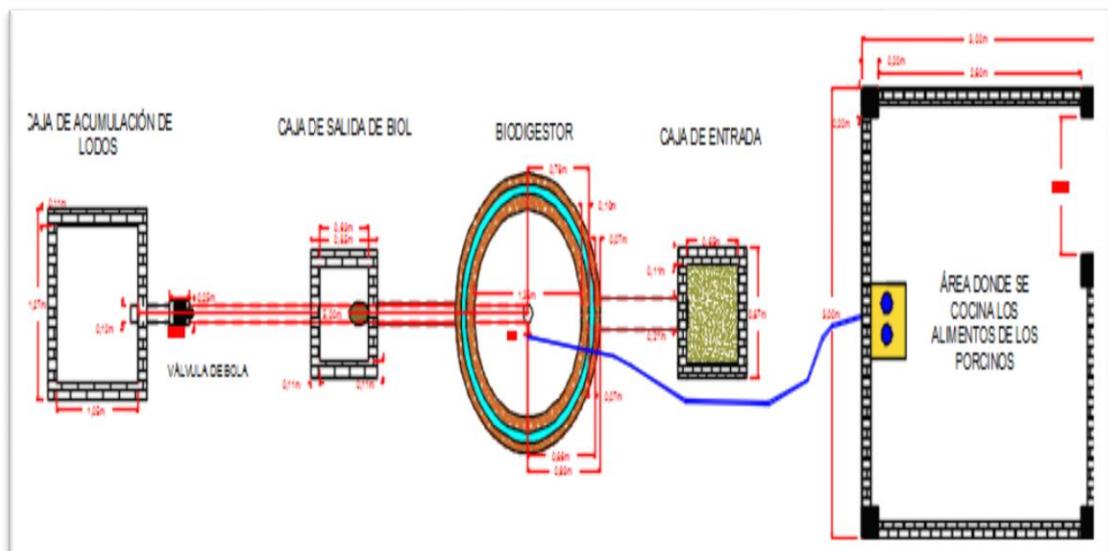


Figura 9-3. Vista superior del plano del biodigestor Hindú.
Realizado por: García, J., León, E. 2015

3.2.3 Evaluación de impactos ambientales.

La evaluación de impactos ambientales, se determinó con el fin de conocer la flora y fauna que puede ser afectada durante la construcción del biodigestor.

- **Impactos negativos:**

Con los números, (-7), (-6) y (-5) que pertenece a los impactos por las alteraciones a la calidad del aire ambiente, esto por los gases que ocasionan olores desagradables provienen del estiércol bovino y porcino, la calidad del suelo debido a la presencia de líquidos que se generan de la descomposición del estiércol.

También por la capacidad de uso del suelo ya que es una área mediamente reducida, afectación a la salud de los trabajadores y propietario, esto por la presencia de moscas y presencia de malos olores, de tal forma se considera también una afectación al ornato del área, debido a la presencia de materiales de construcción y también menor valor se ve alterado a la calidad de las aguas subterráneas por lixiviados con la actuación de las precipitaciones ya que no se manejarán sustancias tóxicas o peligrosas.

- **Impactos positivos:**

Tenemos que se determinó los aspectos ambientales de efectos positivos (+8, +4, +3, +2, +1), en lo que concierne al manejo apropiado de residuos sólidos (orgánicos e inorgánicos (líquidos y sólidos)), al mantenimiento del orden y limpieza de la construcción, operación y carga y descarga del sustrato material que es usado para la generación de biogás y biol.

Dando un equilibrio en las emisiones de gases y olores; convirtiendo este proyecto en un ente importante de regulación de emisiones y descargas de residuos peligrosos para el ambiente, provenientes del establo y celdas de porcinos.

- **Interpretación de los impactos ambientales**

Interpretando los resultados de acuerdo a la matriz de Leopold modificado, el proyecto generará actividades, las mismas que producen 74 interacciones, de las cuales 38 son negativas (51.4 %).

La mayoría se dan durante la fase de construcción, principalmente por la salud ocupacional, calidad del aire, suelo y ruidos vibraciones, además lo recursos estéticos paisajísticos por ser una zona intervenida (finca, establos y porquerizas), capacidad de uso y en mínima parte las aguas superficiales; por otra parte 36 son positivas (48.6%) principalmente ocasionadas por la generación de empleo, educación por el incremento de la economía local y mejorando la forma de vida de la familia. (Ver anexo 14- 15).

- **Componentes Ambientales afectados negativamente**

Los componentes ambientales afectado negativamente (-8,-7,-5-6,-5,-3) son la calidad del aire, ruidos y vibraciones, capacidad de uso, paisaje, calidad del aire, salud (seguridad y salud ocupacional de los trabajadores), calidad del suelo y en menor proporción la calidad de las aguas subterráneas, todo esto por los lixiviados que se producen con las precipitaciones y el contacto directo con los desechos orgánicos (estiércol) e inorgánicos (fundas de cemento y plásticos).

- **Componentes Ambientales afectados positivamente**

Los componentes Ambientales afectado positivamente con un valor de (+38), se encuentra enfocado a la generación de empleo por las diferentes actividades que se realizarán durante la construcción del biodigestor y se darán también durante la operación del mismo.

Otro factor componente afectado de forma positiva (+11,+2), está encaminado de forma indirecta a la educación y bienestar de las familias del propietario, ya que con este trabajo se obtiene un ingreso económico significativo donde este ayuda a la educación de la familia y por ende a la obtención de una mejor calidad de vida.

- **Análisis ambiental del proyecto.**

La construcción y operación del biodigestor Hindú nos da como resultado impactos poco considerables, esto en base a que es un área intervenida, utilizando 20 m² de suelo.

Los factores ambientales afectados de manera negativa son: el suelo y salud con el 7.95%, calidad del aire y estético/ paisajístico 6.81%, capacidad de uso 5.68% respectivamente, calidad de las aguas subterráneas en un 3.4% debido a la disminución de las infiltraciones así obteniendo una valoración poco significativa de afectación a los recursos.

Entre las afectaciones positivas se destaca la generación de empleo en un 43.18%, educación en un 12.5 por la generación de buenos ingresos por el apropiado manejo y crianza de animales (cerdos y vacas).

Por consiguiente, se puede mencionar que el proyecto es viable y es apropiado para la construcción y operación en la finca Los Cuencanos, debido a que tiene un alto porcentaje de generación de empleo y por ende proporciona un mejoramiento en la calidad de vida de la familia de los propietarios y beneficiarios de este proyecto.

3.2.4 Biodigestor hindú

Resultados de la medición de biogás del biodigestor Hindú.

Para conocer la cantidad de biogás que producía el biodigestor, se aplicó el método de desplazamiento de líquido o fluido en un determinado tiempo, la misma que fue también utilizada para la medición de biogás en el prototipo; donde el volumen del gas es igual al volumen de agua desplazado por el gas. (Ver anexo 18).

Tabla 18-3. Obtención de la medición de biogás en ml, de acuerdo al método de desplazamiento de líquido.

| T.R (Días) | Medición (ml/5seg) | Medición (ml/seg) | Duración total de liberación de gas (seg) | Duración total de liberación de gas (min) | Volumen total (ml) |
|-------------------|---------------------------|--------------------------|--|--|---------------------------|
| 7 | 200 | 40 | 712.5 | 11.875 | 28500 (22°C) |
| 14 | 200 | 40 | 950 | 15.83 | 38000 (26°C) |
| 21 | 200 | 40 | 1330 | 22.167 | 53200 (34°C) |
| 28 | 200 | 40 | 1567.5 | 26.125 | 62700 (37°C) |

Realizado por: García, J., León, E. 2015

Tabla 19-3. Obtención de la medición de biogás en L.

| T.R (Días) | Medición (ml/5seg) | Medición (ml/seg) | Duración total de liberación de gas (seg) | Duración total de liberación de gas (min) | Volumen (Litros) |
|-------------------|---------------------------|--------------------------|--|--|-------------------------|
| 7 | 200 | 40 | 712.5 | 11.875 | 28.5 (22°C) |
| 14 | 200 | 40 | 950 | 15.83 | 38.0 (26°C) |
| 21 | 200 | 40 | 1330 | 22.167 | 53.2 (34°C) |
| 28 | 200 | 40 | 1567.5 | 26.125 | 62.7 (37°C) |

Realizado por: García, J., León, E. 2015

Tabla 20-3. Resultados obtenidos de biogás en m³ a una sola medición.

| T.R (Días) | Medición (ml/5seg) | Medición (ml/seg) | Duración total de liberación de gas (seg) | Duración total de liberación de gas (min) | Volumen en (m³) |
|-------------------|---------------------------|--------------------------|--|--|-----------------------------------|
| 7 | 200 | 40 | 712.5 | 11.875 | 0.0285 (22°C) |
| 14 | 200 | 40 | 950 | 15.83 | 0.038 (26°C) |
| 21 | 200 | 40 | 1330 | 22.167 | 0.0532 (34°C) |
| 28 | 200 | 40 | 1567.5 | 26.125 | 0.0627 (37°C) |

Realizado por: García, J., León, E. 2015

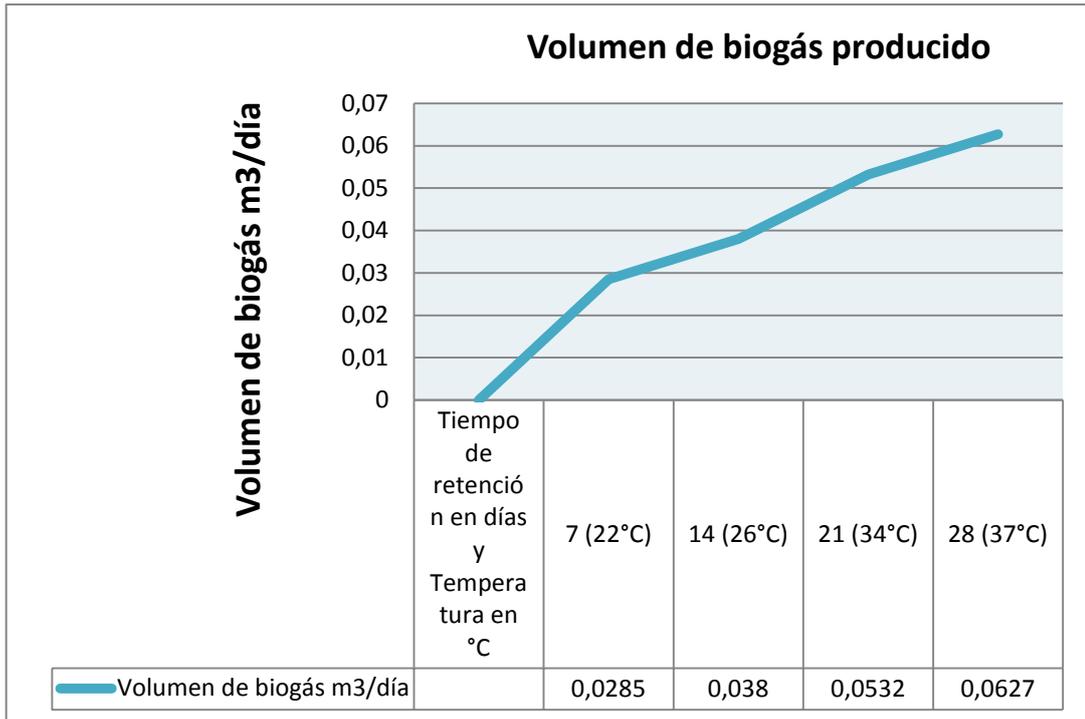


Gráfico 12-3. Volumen de biogás producido

Realizado por: García, J., León, E. 2015

La medición de la cantidad de biogás del biodigestor Hindú, como se puede observar en las tablas fue determinada mediante lapsos de tiempo de segundos, donde se tomó el agua desplazada en un envase de 200ml por un tiempo de 5 segundos. Y para conocer el volumen total que contenía el gasómetro se consideró usar el tiempo de medición en minutos.

Para el cálculo de los volúmenes en ml, L y m³ se opta por dividir los 200ml por 5 segundos, conociendo así el volumen que se midió por cada segundo. Para manejar de una forma fácil los datos se convierte los segundos en minutos, para luego conocer de unos exactamente cuántos metros cúbicos se logró medir cada 7 días hasta completar el TR establecido.

Tabla 21-3. Determinación del volumen de biogás en ml, de acuerdo a los ST determinados por el laboratorio existentes en 1kg EF.

| |
|--|
| 0.19 kg de Sólidos totales (ST) = 62700 ml de biogás a (37 °C) |
| 0.19 kg de Sólidos totales (ST) = 53200 ml de biogás a (34 °C) |
| 0.19 kg de Sólidos totales (ST) = 38000 ml de biogás a (26°C) |
| 0.19 kg de Sólidos totales (ST) = 28500 ml de biogás a (22 °C) |

Realizado por: García, J., León, E. 2015

Tabla 22-3. Determinación del volumen de biogás en ml, de acuerdo a los ST.

| |
|--|
| 0.19 kg de Sólidos totales (ST) = 62.7 L de biogás a (37 °C) |
| 0.19 kg de Sólidos totales (ST) = 53.2 L de biogás a (34 °C) |
| 0.19 kg de Sólidos totales (ST) = 38.0 L de biogás a (26°C) |
| 0.19 kg de Sólidos totales (ST) = 28.5 L de biogás a (22 °C) |

Realizado por: García, J., León, E. 2015

Tabla 23-3. Determinación del volumen de biogás en L, de acuerdo a los ST.

| |
|---|
| 0.19 kg de Sólidos totales (ST) = 0.0627 m ³ de biogás a (37 °C) |
| 0.19 kg de Sólidos totales (ST) = 0.0532 m ³ de biogás a (34 °C) |
| 0.19 kg de Sólidos totales (ST) = 0.038 m ³ de biogás a (26°C) |
| 0.19 kg de Sólidos totales (ST) = 0.0285 m ³ de biogás a (22 °C) |

Realizado por: García, J., León, E. 2015

De acuerdo a los análisis establecidos por el laboratorio LABSU, se determina que 1kg de mezcla homogénea de EF (bovino y porcino) de la muestra contiene 0.19 kg de sólidos totales. Por lo tanto se establece que 0.19 kg de ST producen 62.7 L de biogás a 37 °C, 53.2 L de biogás a 34 °C, 38.0 L de biogás a 26°C y 28.5 L de biogás a 22 °C durante los 28 días de retención hidráulica.

Tabla 24-3. Resultado de biogás generados durante el proceso de producción, con un tiempo de retención de 28 días con relación en la mezcla de 1:0.75 (1 kg EF: 0.75 kg de agua) y a 1 kg de ST en el biodigestor Hindú de la finca.

| |
|--|
| 1 kg de estiércol Fresco (EF) = 0.19 kg de sólidos totales (ST) |
| 1 kg de Sólidos totales (ST) = 0.8 kg de sólidos volátiles (SV) |
| 1 kg de Sólidos totales (ST) = 0.33 m ³ de biogás a (37 °C) |
| 1 kg de Sólidos totales (ST) = 0.28 m ³ de biogás a (34 °C) |
| 1 kg de Sólidos totales (ST) = 0.20 m ³ de biogás a (26°C) |
| 1 kg de Sólidos totales (ST) = 0.15 m ³ de biogás a (22 °C) |

Realizado por: García, J., León, E. 2015

Para manejar mejor los datos de biogás frente a los ST, se determina la cantidad en volumen de biogás por kg de sólidos totales.

En la presente tabla se establece el volumen de biogás que se produce en una cantidad de 1kg de sólidos totales. Para ello nos basamos al dato ya antes determinado por el laboratorio que fue de 0.19 kg de sólidos totales. Se conoce entonces que 1 kg de ST a temperatura de 37 °C produce 0.33 m³ de biogás, 0.28 m³ de biogás a una temperatura de 34 °C, 0.20 m³ de biogás a 26°C y 0.15 m³ de biogás a 22 °C durante los 28 días de retención.

▪ **Medición de la Temperatura.**

La medición de la temperatura se la realizó en horario de la mañana (7:00), tarde (12:00) y noche (18:00), durante los 28 días. Concluido el proceso de producción, la temperatura promedio dentro biodigestor fue de 26 °C y la temperatura promedio ambiente de 25 °C. (Ver anexo 19).

Tabla 25-3. Promedio de valores de temperatura obtenidos cada 7 días.

| Días | T. dentro del biodigestor °C | T. ambiente de la zona °C |
|-------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| 7 | 22 | 20 |
| 14 | 26 | 24 |
| 21 | 34 | 31 |
| 28 | 37 | 37 |

Realizado por: García, J., León, E. 2015

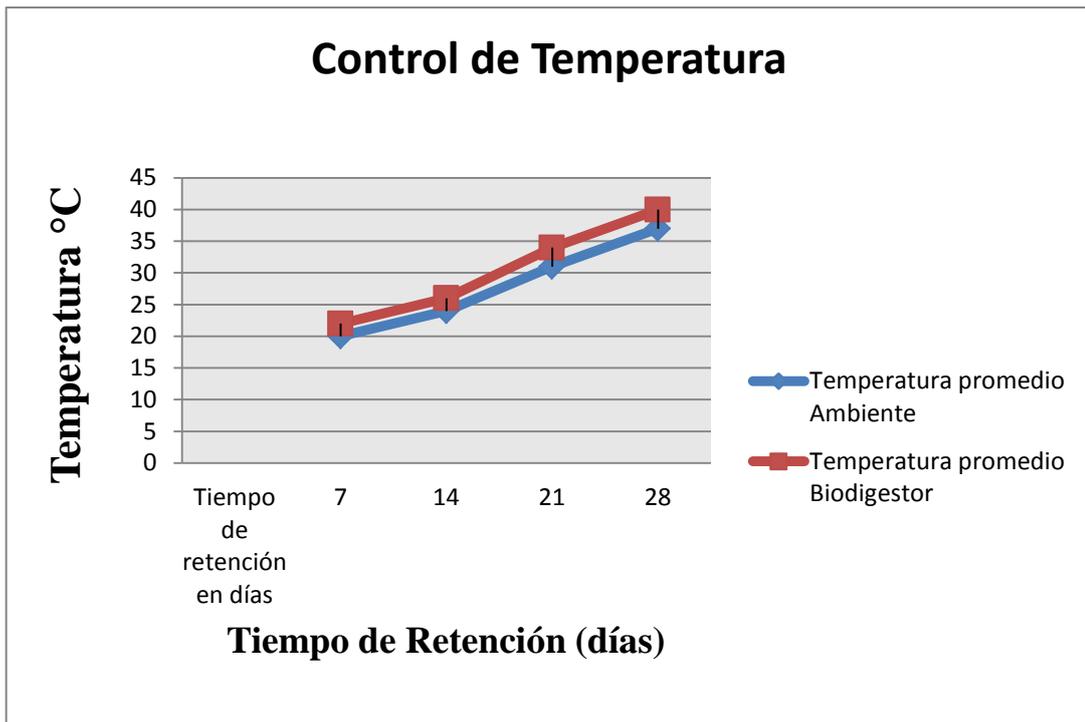


Gráfico 13-3. Variación de la temperatura.

Realizado por: García, J., León, E. 2015

Como se puede apreciar durante el control de la temperatura del biodigestor Hindú logra superar las temperaturas determinadas en otros tipos de biodigestores, esto se debe que la misma está conformada por dos estructuras; la una estructura armada de concreto y la otra de acero inoxidable.

Se pudo determinar que el gasómetro es el responsable de la obtención de las altas temperaturas, esto en base a que el acero inoxidable tiende a absorber las radiaciones solares y retener la energía haciendo que esa energía penetre en la cámara de biodigestión y sea retenido por las paredes de concreto del biodigestor.

- **Prueba de llama.**

Para comprobar la coloración de la llama se procedió a quemar el biogás almacenado en el gasómetro con la ayuda de una cocineta.

Esta prueba se realiza cada siete días durante los 28 días de producción, la misma se efectuó en horas de la noche donde se pudo visualizar la coloración de llama.

En los primeros 7 días se observó una llama de coloración amarillenta, a los 14 días una coloración anaranjada, en los 21 días una llama de color semi-azulada.

Y finalmente en el día 28 la llama fue de coloración azul, esta llama nos indica que el biogás posee un alto poder calorífico, el cual permitirá calentar rápidamente cualquier alimento o sustancia que se inserte en su flujo. (Ver anexo 18).

- **Medición de pH.**

En el transcurso que duró el proceso de producción, se obtuvo un valor promedio de pH 7. (Ver anexo 19).

Este valor de pH es neutro y está dentro de los valores óptimos para la producción de biogás.

- **Tiempo estimado para el mantenimiento del biodigestor**

El tiempo estimado para dar mantenimiento al biodigestor es de 60 días que serían 2 meses.

Para la determinación de este dato nos basamos a los sólidos totales que se generan diariamente por cada carga que es de 8.075 kg de ST y el volumen que contiene hasta la boca de la tubería por donde se hace las cargas cada día que es de 490 L que también es igual a 490 kg de peso. Estos datos son muy importantes ya que nos ayuda a determinar el tiempo en que se debe evacuar los sólidos y por ende hacer mantenimiento al biodigestor.

3.3 Estimación del presupuesto de la construcción del biodigestor.

Para la construcción del biodigestor Hindú en la finca, el presupuesto establecido para los costos de los materiales, accesorios, logística, mano de obra, análisis de laboratorio, se detallan a continuación:

Tabla 26-3. Costo de los materiales del biodigestor Hindú.

| Descripción | Cantidad | Costo unitario | Total |
|-----------------------------------|----------|----------------|-------------------|
| Cemento (quintales) | 30 | \$ 8,45 | \$ 253,50 |
| Malla electro-soldada | 1 | \$ 50,95 | \$ 50,95 |
| Plancha H-TOOL acero inoxidable | 3 | \$ 165,70 | \$ 497,10 |
| Bloques (10cm) | 150 | \$ 0,29 | \$ 43,50 |
| Tubo PVC (6in) | 2 | \$ 10,67 | \$ 21,34 |
| Tubo PVC (4in) | 5 | \$ 7,00 | \$ 35,00 |
| Válvula esférica de rosca | 1 | \$65,00 | \$65,00 |
| Triplex | 2 | \$ 14,83 | \$ 29,66 |
| Clavos de madera (2in x libras) | 4 | \$0,70 | \$2,80 |
| Alambre galvanizado (°N x libras) | 2 | \$0,85 | \$1,70 |
| Disco de corte de metal | 1 | \$2,60 | \$2,60 |
| Manómetro | 1 | \$26,35 | \$26,35 |
| Tablas de encofrado | 25 | \$ 4,25 | \$ 106,25 |
| Volquetada de lastre (2in) | 1 | \$ 100,00 | \$ 100,00 |
| Volquetada de arena lavada | 1 | \$ 150,00 | \$ 150,00 |
| Pega tubo | 2 | \$ 3,00 | \$ 6,00 |
| Manguera para gas de (1/2in) | 10 | \$ 1,50 | \$ 15,00 |
| Plástico de Polietileno | 5 | \$ 3,00 | \$ 15,00 |
| Llaves de paso | 3 | \$ 10,00 | \$ 30,00 |
| Abrazaderas | 6 | 1,25 | \$7,50 |
| Codos PVC (4 in) | 4 | \$ 3,00 | \$ 12,00 |
| Vailejos | 2 | \$ 10,00 | \$ 20,00 |
| Carretilla | 1 | \$ 90,00 | \$ 90,00 |
| Vigas (9x6 cm) (4m) | 2 | \$ 25,00 | \$ 50,00 |
| COSTO TOTAL | | | \$ 1631,25 |

Realizado por: García, J., León, E. 2015

Tabla 27-3. Costo de mano de obra directa.

| Descripción | Costo/horas |
|--------------------|-------------------|
| 2 Albañiles | \$ 800,00 |
| Soldador | \$ 450,00 |
| COSTO TOTAL | \$ 1250,00 |

Realizado por: García, J., León, E. 2015

Tabla 28-3. Gastos logísticos (Transporte).

| Descripción | Costo |
|---|------------------|
| Transporte Riobamba - Coca - Parroquia García Moreno. | \$ 600,00 |
| Transporte de materiales | \$ 160,00 |
| COSTO TOTAL | \$ 760,00 |

Realizado por: García, J., León, E. 2015

Tabla 29-3. Materiales de campo.

| Descripción | Cantidad | Costo unitario | Total |
|-------------------------------|-----------------|-----------------------|------------------|
| Libreta de apuntes | 1 | \$ 2,00 | \$ 2,00 |
| Lápiz, esferos | 2 | \$ 0,50 | \$ 1,00 |
| Cinta métrica | 1 | \$ 5,00 | \$ 5,00 |
| Termómetro | 1 | \$ 18,00 | \$ 30,00 |
| Cámara digital | 1 | \$ 250,00 | \$ 250,00 |
| Recipientes para el muestreo | 8 | \$ 3,00 | \$ 24,00 |
| Equipo de protección personal | 2 | \$ 20,00 | \$ 40,00 |
| GPS | 1 | \$ 120,00 | \$ 120,00 |
| Pala | 2 | \$ 20,00 | \$ 40,00 |
| Balde de 20 L | 2 | \$ 5,00 | \$ 10,00 |
| COSTO TOTAL | | | \$ 522,00 |

Realizado por: García, J., León, E. 2015

Tabla 30-3. Materiales de oficina.

| Descripción | Cantidad | Costo unitario | Total |
|--|-----------------|-----------------------|------------------|
| Computador y Softwares (Autocad, Arcgis) | 2 | \$ 100,00 | \$ 200,00 |
| Impresora | 1 | \$ 375,00 | \$ 375,00 |
| Papel de impresión (Resmas) | 3 | \$ 10,00 | \$ 30,00 |
| Anillados y empastados | 3 | \$ 10,00 | \$ 30,00 |
| Marcador permanente | 3 | \$ 2,00 | \$ 6,00 |
| Lápiz, esferos | 2 | \$ 0,50 | \$ 1,00 |
| Cuaderno | 1 | \$ 3,00 | \$ 3,00 |
| Calculadora | 1 | \$ 25,00 | \$ 25,00 |
| Comunicación (Recargas celular) | 2 | \$ 40,00 | \$ 80,00 |
| Internet | 2 | \$ 50,00 | \$ 100,00 |
| Flash memory | 2 | \$ 15,00 | \$ 30,00 |
| COSTO TOTAL | | | \$ 880,00 |

Realizado por: García, J., León, E. 2015

Tabla 31-3. Análisis de laboratorio Pre-tratamiento.

| Descripción | Cantidad | Costo unitario | Total |
|------------------------|-----------------|-----------------------|------------------|
| Potencial de hidrógeno | 4 | \$ 4,81 | \$ 19, 24 |
| Sólidos totales | 4 | \$ 4,81 | \$ 19, 24 |
| Materia orgánica | 4 | \$ 2,21 | \$ 8,84 |
| Carbono orgánico total | 4 | \$ 8,45 | \$ 33,80 |
| Nitrógeno total | 4 | \$ 10,01 | \$ 40,04 |
| Humedad | 4 | \$ 2,60 | \$ 10,40 |
| Ceniza | 4 | \$ 4,00 | \$ 16,00 |
| | | Subtotal | \$ 147,56 |
| | | IVA 12% | \$17,70 |
| COSTO TOTAL | | | \$ 165,26 |

Realizado por: García, J., León, E. 2015

Tabla 32-3. Análisis de laboratorio (Biol).

| Descripción | Cantidad | Costo unitario | Total |
|------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|
| Potencial de hidrógeno | 1 | \$ 4,81 | \$ 4,81 |
| Nitrógeno total | 1 | \$ 8,00 | \$ 8,00 |
| Materia orgánica | 1 | \$ 2,21 | \$ 2,21 |
| Carbono orgánico total | 1 | \$ 8,45 | \$ 33,80 |
| Fósforo Total | 1 | \$ 15,00 | \$ 15,00 |
| Amonio | 1 | \$ 4,68 | \$ 4,68 |
| Sodio | 1 | \$ 12,35 | \$ 12,35 |
| | | Subtotal | \$ 47,05 |
| | | IVA 12% | \$ 5,65 |
| COSTO TOTAL | | | \$ 52,70 |

Realizado por: García, J., León, E. 2015

Tabla 33-3. Costo total del proyecto.

| Ítem | Descripción | Costo total |
|--------------------|---|--------------------|
| 1 | Materiales del biodigestor | \$ 1631,25 |
| 2 | Mano de obra | \$ 1250,00 |
| 3 | Gastos logísticos (Transporte) | \$ 760,00 |
| 4 | Materiales de campo | \$ 522,00 |
| 5 | Materiales de oficina | \$ 880,00 |
| 6 | Análisis de laboratorio pre-tratamiento | \$ 165,27 |
| 7 | Análisis de laboratorio (Biol) | \$ 52,70 |
| COSTO TOTAL | | \$ 5261,22 |

Realizado por: García, J., León, E. 2015

CONCLUSIONES

- ✓ Se determinó que la cantidad de materia prima (estiércol bovino y porcino) disponible en la finca es de 42.5 kg de estiércol fresco que se produce diariamente, siendo esta cantidad apropiada para abastecer la carga requerida por el biodigestor.
- ✓ Los valores de producción de biogás obtenidos por medio del prototipo son de 0.001m³ de biogás a una temperatura de 20 °C, 0.003 m³ de biogás a 26°C, 0.0048 m³ de biogás a 30°C y 0.0068 m³ de biogás a 37°C. Donde se puede apreciar que la mayor producción de biogás fue a una temperatura de 37°C con un tiempo de retención hidráulico de 28 días.
- ✓ El estiércol bovino y porcino empleado para la obtención de biogás en el proyecto, luego de enviar al laboratorio para su respectivo análisis físicos y químicos, se conoce que posee un % de Sólidos totales de 19; pH 7; Relación C/N 12:1; % de Ceniza 23.18; % de Humedad 81, % Materia orgánica, Nitrógeno total, % de Carbono orgánico 8.15 y % de Potencial de hidrógeno de 7.42. Los cuales son muy apropiados para la producción de biogás.
- ✓ Se determinó que la cantidad de estiércol obtenido por los animales de esta finca son adecuadas para el diseño de un biodigestor Hindú, con medidas de altura de 1.93 sin incluir campana, con un diámetro interior de la cámara de digestión de 1.38m, con un diámetro exterior de 1.86m, con una capacidad de carga de mezcla de 2.6m³, incluido una campana de acero inoxidable de 1.54 m de alto: incluido cúpula, diámetro del gasómetro de 1.28m y con una capacidad de almacenamiento de biogás de 1.78m³, obteniendo un total de altura del biodigestor Hindú de 2.57m.
- ✓ Los valores de volumen de biogás producido diariamente en el biodigestor, determinados por medio del método de desplazamiento de fluido de líquido son de 0.0285m³ por un tiempo de 11.9 minutos, 0.038 m³ en un tiempo de 15.83 minutos, 0.0582 m³ por un tiempo de 22.2 minutos y 0.0627 m³ por un tiempo de 26 minutos aproximadamente, obteniendo como la mejor producción de 0.0627 de biogás a una temperatura de 37 °C y con un tiempo de retención hidráulico de 28 días luego de la carga.

- ✓ Se concluye también que el volumen del biogás obtenido por el prototipo es menor que el obtenido por el biodigestor Hindú, esto es debido a que el biodigestor alcanzó altas temperaturas por estar conformado de una campana de acero inoxidable, la cual es parte de su estructura superior.

- ✓ Donde de acuerdo a la carga total del biodigestor es de 2.6 m^3 se tiene un total de ST 282.3kg, produciéndonos un total de biogás al mes 54.46 m^3 por lo cual esto equivale a 25.41 kg de GLP, que satisface la demanda necesaria de energía de la finca. Ya que lo requerido por la finca es solo de 20 kg de GLP/mes.

RECOMENDACIONES

- ✓ Para acumular estiércol no se debe hacerlo más de tres días, esto porque atrae vectores causantes de enfermedades y se crea un foco reproductor de moscas.
- ✓ Tomar en cuenta que la mezcla estiércol-agua sea la correcta, porque caso contrario tendríamos un sustrato muy acuoso o muy espeso, impidiendo el crecimiento bacteriano y no tendríamos producción de biogás y también tendríamos dificultad al momento de la carga.
- ✓ La campana de acero inoxidable debe estar bien sellada con una suelda apropiada para el acero, con el fin de que no contenga fugas y no llegue a perder la totalidad de la producción de biogás.
- ✓ Controlar que el canal de sello de líquido de la estructura de concreto del biodigestor siempre contenga agua, esto con la finalidad de que no se logre escapar los gases por esa estructura.
- ✓ El biol proveniente de este biodigestor, generalmente debe ser usado pasado los 40 días esto en vista a que no se cumple la totalidad de la descomposición de la materia orgánica a menos tiempo. El mismo debe ser usado en una relación 1:0.5 litros, donde en una bomba de fumigar de 20L se debe poner 6.5 L de biol aproximadamente.
- ✓ La evacuación de lodos de la cámara de biodigestión se debe realizar cada dos meses o 60 días, para así evitar obstrucción al momento de alimentar el biodigestor.

BIBLIOGRAFÍA

(1) VARELA, R., *Proyecto para la participación ambiental en la provincia de Orellana y Gestión de Recursos Hídricos.*, 1era ed., Orellana-Ecuador., Equipo Jurídico INREDH., 2012., Pp. 24, 29, 32. [Consulta: 15 de noviembre de 2014]. Disponible en: http://www.inredh.org/archivos/boletines/participacion_ambiental_orellana.pdf

(2) DOMÍNGUEZ, D., *Manual de construcción y operación de Biodigestor tipo Hindú y Flujo continuo.*, 1era ed., Ibarra-Ecuador, 2010., Pp. 1. [Consulta: 25 de noviembre de 2014]. Disponible en: <http://es.slideshare.net/stevenmoreno/manual-de-construccion-y-operacion-de-biodigestor-tipo-hind-y-flujo-continuo>

(3) GLYNN, J., HEINKE, G., *Ingeniería ambiental*, Ed. PRETEICE HALL, México 1999 págs.: 800. [Consulta: 14 de diciembre de 2014]. Disponible en: http://biblioasesorbogota.files.wordpress.com/2013/04/ingenieria-ambiental_glynn.pdf

(4) ANGELIDAKI, I., AHRING, B. K. 1994. Anaerobic thermophilic digestion of manure at different ammonia loads: Effect of temperature. *Water Res.* 28(3):727–731. [Consulta: 21 de diciembre de 2014]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0043135494901538>

(5) GORDÓN, J., SAMANIEGO, J., *Diseño y Construcción de un Biodigestor Chino anaerobio a partir del estiércol vacuno en la finca “Los 5 Hermanos” de la parroquia el Dorado.*, (Tesis pregrado) Universidad Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Escuela de Ciencias Químicas., Riobamba – Ecuador., 2014., Pp. 4. [Consulta: 05 de enero de 2015]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3400/1/236T0094%20.pdf>

(6) DOMÍNGUEZ., *Manual de construcción y operación de Biodigestor tipo Hindú y Flujo continuo* [en línea]. 1era ed., Ibarra-Ecuador, 2010, Pp. 4, 14. [Consulta: 09 de enero de 2015]. Disponible en: <http://es.slideshare.net/stevenmoreno/manual-de-construccion-y-operacion-de-biodigestor-tipo-hind-y-flujo-continuo>

(7) BALCÁZAR, C., *Aprovechamiento del Recurso Energético Biomasa en la vivienda rural de la ciudad de Loja.*, (Tesis) Universidad Técnica Particular de Loja., Escuela de Arquitectura., Loja – Ecuador., 2009., Pp. 6, 7. [Consulta: 11 de enero de 2015]. Disponible en: http://es.Users/hp/Downloads/UTPL_Balcazar_Cristian_720X828.pdf

(8) **VARNERO, M.**, *Manual de Biogás para la Remoción de Barreras para la Electrificación Rural con Energías Renovables*. 1era ed., Santiago de Chile., 2011., Pp. 16. [Consulta: 14 de enero de 2015]. Disponible en:

<http://www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf>

(9) **ÁLVAREZ, J., CANETA, L., MOYANO, C.**, *Proyecto de Biomasa y Biogás.*, (Tesis) Universidad Nacional del Nordeste., Facultad de Ingeniería., Chaco - República Argentina., 2011., Pp. 6. [Consulta: 18 de enero de 2015]. Disponible en:

<http://ing.unne.edu.ar/pub/biomasa.pdf>

(10) **BALCÁZAR, C.**, *Aprovechamiento del Recurso Energético Biomasa en la vivienda rural de la ciudad de Loja.*, (Tesis) Universidad Técnica Particular de Loja., Escuela de Arquitectura., Loja – Ecuador., 2009., Pp. 17, 19, 20. [Consulta: 22 de enero de 2015]. Disponible en:

http://es/Users/hp/Downloads/UTPL_Balcazar_Cristian_720X828.pdf

(11) **MONAR, U.**, *Diseño de un Biodigestor para una Finca del Recinto San Luis de las Mercedes del cantón las Naves – provincia de Bolívar.*, (Tesis) Universidad Escuela Superior Politécnica del Litoral., Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción., Guayaquil – Ecuador., 2009., Pp. 16. [Consulta: 27 de enero de 2015]. Disponible en:

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13521/4/D-42656.pdf>

(12) **BALCÁZAR, C.**, *Aprovechamiento del Recurso Energético Biomasa en la vivienda rural de la ciudad de Loja.*, (Tesis) Universidad Técnica Particular de Loja., Escuela de Arquitectura., Loja – Ecuador., 2009., Pp. 16. [Consulta: 28 de enero de 2015]. Disponible en:

https://C:/Users/hp/Downloads/UTPL_Balcazar_Cristian_720X828.pdf

(13) **GAPO**. *Temperatura promedio en la provincia de Orellana*. Orellana: J. Segovia, 2014. [Consulta: 10 de marzo de 2015]. Disponible en:

<http://www.gporellana.gob.ec>

(14) *Velocidad de carga volumétrica*. Madrid: J, Hilbert, 2010. [Consulta: 02 de agosto de 2014]. Disponible en:

<http://www.textoscientificos.com/energia/biogas/factores>

(15) *Tiempo de retención*. Argentina: T, Colque, 2007. [Consulta: 04 de agosto de 2014]. Disponible en:

<http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/fulltext/gestion/biogas.pdf>

(16) *Contenido de sólidos*. Colombia: R, Botero, 1987. [Consulta: 20 de septiembre de 2014]. Disponible en:

<http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/.../Curso%20biodigestores.pdf>

(17) **LARA, E., HIDALGO, M.**, *Diseño de un Biorreactor y Conducción del Biogás Generado por las Excretas de Ganado Vacuno, Estación TUNSHI - ESPOCH.*, (Tesis) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Facultad de Ciencias., Escuela de Ciencias Químicas., Riobamba–Ecuador., 2011., Pp. 31. [Consulta: 24 de octubre de 2014]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1652/1/236T0056.pdf>

(18) **CASTILLOS, A.**, *Producción de energía renovable (biogás) en establecimientos lecheros y utilización de subproductos generados por el biodigestor.*, 1era ed., Rocha - Uruguay., 2006., Pp. 21. Disponible en:

<http://Users/hp/Downloads/Guia%20Biogas,%20PPD%20Uruguay%202007.pdf>

(19) **GUILLÉN, R.**, *Caracterización de los Parámetros de Operación de los Biodigestores a Escala del Instituto Tecnológico de Costa Rica.*, (Tesis) Instituto Tecnológico de Costa Rica., Escuela de Biología., Cartago–Costa Rica., 2010., Pp. 27. [Consulta: 28 de octubre de 2014]. Disponible en:

http://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/693/Informe_Final.pdf?sequence=1

(20) **CAMPOS, A.**, *Optimización de la Digestión Anaerobia de Purines de Cerdo mediante Codigestión con Residuos Orgánicos de la Industria Agroalimentaria.*, (Tesis Doctoral) Universidad de Lérida., Lérida–España., 2001., Pp. 23. [Consulta: 13 de noviembre de 2014]. Disponible en:

<http://web.udl.es/usuaris/r5213847/ecampos-tesis.pdf>

(21) *Etapas de la digestión anaeróbica*. Bolivia: A, Almeida, 2011. [Consulta: 07 de agosto de 2014]. Disponible en:

http://inta.gov.ar/documentos/manual-para-la-produccion-de-biogas/at_multi_download/file/Manual%20para%20la%20producci%C3%B3n%20de%20biog%C3%A1s%20del%20IIR.pdf

(22) *El Biol.* Paraguay: C, Ortega, 2009. [Consulta: 05 de octubre de 2014]. Disponible en: <http://sistemabiobolsa.com/wp-content/uploads/2013/08/Sistema-Biobolsa-Manual-del-BIOL-web.pdf>

(23) *Tipos de Biodigestores*. Chile: M, Bastidas, 2010. [Consulta: 14 de noviembre de 2014]. Disponible en: <http://www.itdg.org.pe/fichastecnicas/pdf/FichaTecnica8-Biodigestores.pdf>

(24) *Disponibilidad para empezar el proceso de digestión anaerobia*. Colombia: T, Colque, 2005. [Consulta: 17 de febrero de 2015]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf>

(25) *Uso del biogás*. Chile: M, Varnero, 2011. [Consulta: 25 de febrero de 2015] Disponible en: http://www.magrama.gob.es/es/ganaderia/temas/requisitos-y-condicionantes-de-la-produccion-ganadera/docbiogasversion21-09-2010_tcm7-5925.pdf

ANEXOS

ANEXO A. BOVINOS DE RAZA BRAHMÁN ROJO.



ANEXO B. PORCINOS DE RAZA PORLANCHÍN.



ANEXO C. CUANTIFICACIÓN DE LA MATERIA PRIMA. (ESTIÉRCOL BOVINO Y PORCINO)



Muestro aleatorio simple de estiércol bovino



Pesado de muestras del estiércol de bovinos



Muestro aleatorio simple de estiércol porcino



Pesado de muestras del estiércol de porcinos

ANEXO D. TOMA DE MUESTRAS DE ESTIÉRCOL BOVINO Y PORCINO, PARA ANÁLISIS DE LABORATORIO PRE-TRATAMIENTO.



Toma de muestras de estiércol bovino



Pesado de muestras del estiércol de bovinos



Toma de muestras de estiércol porcino



Pesado de muestras del estiércol de porcinos



Homogenización de estiércol (Bovino y porcino)



Pesado de muestras para análisis físico-químicos.



Muestras recolectadas

ANEXO E. LUGAR DONDE SE EJECUTARÁ EL PROYECTO.



Finca “Los Cuencanos”



Área destinada para la construcción del biodigestor Hindú.

ANEXO F. ESQUEMA DE LOS MATERIALES EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LOS BIODIGESTORES PROTOTIPOS (TIPO BATCH).



ANEXO G. ELABORACIÓN DE BIODIGESTORES PROTOTIPOS TIPO BATCH.



Inicio de elaboración de prototipos



Pre-culminación de prototipos tipo Batch



Mezclas estiércol + agua (1:0.75) (1:1)



Prototipos terminados y cargados, listos para iniciar su proceso de producción.

ANEXO H. PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN PROTOTIPO CON RELACIÓN (1:0.75)



Inicio de la producción de biogás



Continuación de la producción de biogás.

ANEXO I. QUEMA DEL BIOGÁS PROVENIENTE DEL BIODIGESTOR PROTOTIPO (1:0.75), DURANTE EL (T.R 28 DÍAS).



Llama de coloración naranja (Día 14)



Llama de coloración azul (Día 28)

**ANEXO J. HOJA DE CONTROL DE LA TEMPERATURA Y pH DEL PROTOTIPO #1
RELACIÓN 1:0.75**

| DÍA | FECHA | T. DENTRO DEL PROTOTIPO °C | | | TEMPERATURA AMBIENTE °C | | | pH 1 V/ DÍA A |
|-----|--------------------------------|----------------------------|------------|------------|-------------------------|------------|------------|---------------------------|
| | | M | T | N | M | T | N | |
| 1 | 25/04/2015 | 20 | 25 | 22 | 20 | 23 | 23 | 6 |
| 2 | 26/04/2015 | 22 | 21 | 20 | 23 | 20 | 21 | 6 |
| 3 | 27/04/2015 | 23 | 32 | 29 | 23 | 27 | 29 | 7 |
| 4 | 28/04/2015 | 20 | 22 | 20 | 21 | 21 | 20 | 6 |
| 5 | 29/04/2015 | 26 | 33 | 32 | 28 | 28 | 32 | 7 |
| 6 | 30/04/2015 | 21 | 28 | 23 | 21 | 26 | 23 | 6 |
| 7 | 01/05/2015 | 20 | 20 | 21 | 23 | 25 | 22 | 7 |
| 8 | 02/05/2015 | 20 | 25 | 20 | 20 | 23 | 20 | 6 |
| 9 | 03/05/2015 | 23 | 35 | 26 | 23 | 33 | 26 | 7 |
| 10 | 04/05/2015 | 23 | 36 | 28 | 24 | 34 | 28 | 7 |
| 11 | 05/05/2015 | 21 | 32 | 25 | 22 | 30 | 26 | 7 |
| 12 | 06/05/2015 | 21 | 30 | 23 | 21 | 28 | 25 | 7 |
| 13 | 07/05/2015 | 24 | 33 | 28 | 23 | 31 | 28 | 7 |
| 14 | 08/05/2015 | 26 | 27 | 25 | 25 | 28 | 26 | 6 |
| 15 | 09/05/2015 | 21 | 27 | 25 | 21 | 24 | 25 | 6 |
| 16 | 10/05/2015 | 25 | 30 | 25 | 25 | 28 | 25 | 7 |
| 17 | 11/05/2015 | 28 | 35 | 26 | 29 | 30 | 26 | 7 |
| 18 | 12/05/2015 | 22 | 30 | 21 | 22 | 28 | 20 | 7 |
| 19 | 13/05/2015 | 21 | 23 | 22 | 21 | 21 | 22 | 6 |
| 20 | 14/05/2015 | 26 | 35 | 32 | 26 | 34 | 32 | 7 |
| 21 | 15/05/2015 | 30 | 32 | 28 | 32 | 33 | 29 | 7 |
| 22 | 16/05/2015 | 25 | 35 | 29 | 24 | 32 | 28 | 7 |
| 23 | 17/05/2015 | 27 | 37 | 25 | 26 | 34 | 25 | 7 |
| 24 | 18/05/2015 | 22 | 21 | 20 | 22 | 20 | 20 | 6 |
| 25 | 19/05/2015 | 20 | 21 | 22 | 20 | 20 | 22 | 6 |
| 26 | 20/05/2015 | 21 | 35 | 25 | 21 | 30 | 24 | 7 |
| 27 | 21/05/2015 | 20 | 21 | 22 | 20 | 20 | 23 | 6 |
| 28 | 22/05/2015 | 37 | 38 | 36 | 38 | 36 | 35 | 7 |
| | Total | 655 | 819 | 700 | 664 | 767 | 705 | 185 |
| | Total/TR | 23 | 29 | 25 | 24 | 27 | 25 | 7 |
| | Promedio diario °C | 26 | | | 25 | | | |
| | M:Mañana | | | | | | | |
| | T:Tarde | | | | | | | |
| | N: Noche | | | | | | | |
| | 1 V/DÍA: Una vez al día | | | | | | | |

ANEXO K. HOJA DE CONTROL DE LA TEMPERATURA Y pH DEL PROTOTIPO #2, RELACIÓN 1:1

| DÍA | FECHA | T. DENTRO DEL PROTOTIPO °C | | | TEMPERATURA AMBIENTE °C | | | pH 1 V/ DÍA A |
|-----|--------------------------------|----------------------------|------------|------------|-------------------------|------------|------------|---------------------------|
| | | M | T | N | M | T | N | |
| 1 | 25/04/2015 | 19 | 21 | 20 | 20 | 23 | 23 | 5 |
| 2 | 26/04/2015 | 20 | 20 | 20 | 23 | 20 | 21 | 5 |
| 3 | 27/04/2015 | 22 | 25 | 23 | 23 | 27 | 29 | 5 |
| 4 | 28/04/2015 | 20 | 20 | 18 | 21 | 21 | 20 | 6 |
| 5 | 29/04/2015 | 24 | 28 | 25 | 28 | 28 | 32 | 5 |
| 6 | 30/04/2015 | 20 | 24 | 20 | 21 | 26 | 23 | 6 |
| 7 | 01/05/2015 | 23 | 31 | 27 | 23 | 25 | 22 | 5 |
| 8 | 02/05/2015 | 19 | 22 | 19 | 20 | 23 | 20 | 6 |
| 9 | 03/05/2015 | 21 | 30 | 23 | 23 | 33 | 26 | 5 |
| 10 | 04/05/2015 | 21 | 30 | 25 | 24 | 34 | 28 | 4 |
| 11 | 05/05/2015 | 20 | 25 | 21 | 22 | 30 | 26 | 4 |
| 12 | 06/05/2015 | 18 | 27 | 24 | 21 | 28 | 25 | 4 |
| 13 | 07/05/2015 | 20 | 28 | 25 | 23 | 31 | 28 | 5 |
| 14 | 08/05/2015 | 18 | 20 | 21 | 25 | 28 | 26 | 6 |
| 15 | 09/05/2015 | 21 | 25 | 23 | 21 | 24 | 25 | 5 |
| 16 | 10/05/2015 | 24 | 27 | 23 | 25 | 28 | 25 | 6 |
| 17 | 11/05/2015 | 26 | 33 | 24 | 29 | 30 | 26 | 4 |
| 18 | 12/05/2015 | 21 | 26 | 19 | 22 | 28 | 20 | 5 |
| 19 | 13/05/2015 | 20 | 21 | 20 | 21 | 21 | 22 | 6 |
| 20 | 14/05/2015 | 23 | 30 | 28 | 26 | 34 | 32 | 5 |
| 21 | 15/05/2015 | 23 | 30 | 24 | 32 | 33 | 29 | 6 |
| 22 | 16/05/2015 | 22 | 31 | 25 | 24 | 32 | 28 | 4 |
| 23 | 17/05/2015 | 23 | 30 | 23 | 26 | 34 | 25 | 5 |
| 24 | 18/05/2015 | 19 | 20 | 19 | 22 | 20 | 20 | 6 |
| 25 | 19/05/2015 | 19 | 20 | 21 | 20 | 20 | 22 | 5 |
| 26 | 20/05/2015 | 20 | 33 | 22 | 21 | 30 | 24 | 5 |
| 27 | 21/05/2015 | 19 | 19 | 21 | 20 | 20 | 23 | 6 |
| 28 | 22/05/2015 | 20 | 26 | 23 | 38 | 36 | 35 | 5 |
| | Total | 585 | 722 | 626 | 664 | 767 | 705 | 144 |
| | Total/TR | 21 | 26 | 22 | 24 | 27 | 25 | 5 |
| | Promedio diario °C | 23 | | | 25 | | | |
| | M:Mañana | | | | | | | |
| | T:Tarde | | | | | | | |
| | N: Noche | | | | | | | |
| | 1 V/DÍA: Una vez al día | | | | | | | |

ANEXO L. ESPECIES DE FLORA PRESENTES EN EL ÁREA DE INFLUENCIA.

| Nombre común | Nombre científico | Fotografía |
|--------------|---------------------|---|
| Guayaba | PsidiumGuajava |  A photograph showing a guava tree with several green, round fruits hanging from the branches. The leaves are green and dense. |
| Chirimoya | AnnonaCherimolaMill |  A photograph showing a cherimoya tree with several large, green, bumpy fruits hanging from the branches. The leaves are green and broad. |
| Limón | Citrus limonunRisso |  A photograph showing a lemon tree with several green and yellow lemons hanging from the branches. The leaves are green and dense. |
| Carambolas | Averrhoa carambola |  A photograph showing a carambola tree with several yellow, star-shaped fruits hanging from the branches. The leaves are green and dense. |

| | | |
|----------------------|-----------------------------------|---|
| <p>Coco</p> | <p><i>Cocos nucifera</i> L.</p> |  |
| <p>Higuerón</p> | <p><i>Ficus luschnathiana</i></p> |  |
| <p>Guaba Machete</p> | <p><i>Inga spectabilis</i></p> |  |

| | | |
|-----------------------|--------------------------------------|--|
| <p>Aguacate</p> | <p><i>Persea americana</i> Mill.</p> |  |
| <p>Arazá</p> | <p><i>Eugenia stipitata</i></p> |  |
| <p>Caña de Azúcar</p> | <p><i>Saccharum officinarum</i></p> |  |
| <p>Zapote</p> | <p><i>Matisia cordata</i> Bonpl</p> |  |

| | | |
|---------------|-----------------------------------|--|
| <p>Yuca</p> | <p><i>Manihotesculenta</i></p> |  |
| <p>Chilco</p> | <p><i>Baccharis latifolia</i></p> |  |
| <p>Guineo</p> | <p><i>Musa acuminata</i></p> |  |

ANEXO M. ESPECIES DE FAUNA PRESENTES EN EL ÁREA.

| Nombre común | Nombre científico | Fotografía |
|---------------------|-----------------------------|---|
| Cerdo | Sus scrofa sp. Domestica |  A photograph showing two young pink piglets standing side-by-side on a dark, possibly dirt or grassy surface. They are looking towards the camera. |
| Bovino | Bovinae |  A photograph of two cows. One is brown and the other is black, standing behind a metal fence. The brown cow is in the foreground, looking slightly to the left. |
| Ratón | Mus musculus |  A photograph of a small brown mouse with long whiskers, standing on a plain white background. |
| Hormiga | Acromyrmex lundii |  A photograph of a black ant, likely a leafcutter ant, on a green leaf. The ant is facing left. |

| | | |
|---------------------------|-----------------------------|--|
| <p>Gallina</p> | <p><i>Gallusgallus.</i></p> |  |
| <p>Salamanquesa Común</p> | <p>Tarentolamauritanica</p> |  |
| <p>Mosca</p> | <p>Musca domestica</p> |  |

ANEXO N. MATRIZ DE LEOPOLD MODIFICADO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.

| CATEGORIA | | COMPONENTE AMBIENTAL | | MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|----------|--------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------------------|----|----|---|
| | | | | CONSTRUCCIÓN | | | | | | | | | | OPERACIÓN | | | | | | | | | |
| ACCIONES | PARAMETROS | Rel | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | Total de Impactos | | | |
| | | | Acciones | Parametros | Rel | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | | O | P | Q |
| FISICO | Aire | Calidad del aire | a | x | | | | x | x | | | | x | | x | | x | x | x | 9 | | | |
| | | Ruidos y vibraciones | b | x | | | | | | | | | | | x | | | x | | 3 | | | |
| | Suelo | Fisiografía/Geomorfología | c | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | |
| | | Calidad del suelo | d | | | | | | x | x | | | x | | | | x | | | x | 5 | | |
| | | Capacidad de uso | e | | | | | x | x | x | x | | x | | | | | | | | 5 | | |
| Agua | Calidad de agua superficial | f | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | |
| | Calidad de agua subterránea | g | | | | | | x | | | | x | | | | | | | | 2 | | | |
| BIOLOGICO | Flora | Disminución de recursos Hídrico | h | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | |
| | | Diversidad y abundancia de especies | i | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | |
| | Alteración del Hábitat | j | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | |
| | Especies protegida y en peligro | k | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | |
| | Fauna | Diversidad y abundancia de especies | l | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | |
| | | Especies terrestres, y avifauna | m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | |
| SOCIOECONOMICO | Económico | Especies protegida y en peligro | n | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | |
| | | Generación de empleo | o | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | 17 | |
| | | Cambio en el valor de las tierra | p | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | |
| | Social | Incrementos de impuestos | q | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | |
| | | Incremento de Índice demográfico | r | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | |
| | | Educación | s | | x | | x | x | | | | x | | x | | x | | x | x | | | 8 | |
| | | Salud | t | x | x | | x | x | x | | | x | x | x | | x | x | x | x | x | | 13 | |
| Modo de vida | v | x | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | 2 | | |
| Estético / Paisajístico | w | x | | | x | x | x | | | x | x | x | | | x | | x | x | | | 10 | | |
| Total de Impactos | | | 6 | 3 | 1 | 4 | 6 | 7 | 3 | 2 | 4 | 7 | 4 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 6 | 74 | | | |

ANEXO Ñ. MATRIZ DE LEOPOLD MODIFICADO PARA LA VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.

| CATEGORIA COMPONENTE AMBIENTAL | | MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS | | | | | | | | | | | | | | | | | Impactos | | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|----------------------|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|-----------|----|----|--------------|--------------|-------------------|------------------------|------------------------|----|----|---|
| | | CONSTRUCCIÓN | | | | | | | | | | | | | | OPERACIÓN | | | Impactos (+) | Impactos (-) | Total de Impactos | Agregación de Impactos | | | | |
| PARAMETROS | ACCIONES | Rel | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | Impactos (+) | Impactos (-) | Total de Impactos | Agregación de Impactos | | | |
| | | FISICO | Aire | Calidad del aire | a | -1 | | | | -1 | -1 | | | | -1 | -2 | | -1 | 1 | -1 | -1 | 2 | -8 | 10 | -6 | |
| Ruidos y vibraciones | b | | | -1 | | | | | | | | | | | -1 | | | -1 | | | 0 | -3 | 3 | -3 | | |
| Suelo | Fisiografía/Geomorfología | | c | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| | Calidad del suelo | | d | | | | | | -2 | -2 | | | -2 | | | | -2 | | | 1 | 1 | -8 | 9 | -7 | | |
| | Capacidad de uso | | e | | | | | | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | | | | | | | | 0 | -5 | 5 | -5 | | |
| Agua | Calidad de agua superficial | | f | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| | Calidad de agua subterránea | | g | | | | | | | -1 | | | -2 | | | | | | | | 0 | -3 | 3 | -3 | | |
| BIOLOGICO | Flora | | Disminución de recursos Hídrico | h | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | | Diversidad y abundancia de especies | i | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | | Alteración del Hábitat | j | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | Especies protegida y en peligro | k | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| | Fauna | Diversidad y abundancia de especies | l | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| | | Especies terrestres, y avifauna | m | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| | | Especies protegida y en peligro | n | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| | | SOCIOECONOMICO | Económico | Generación de empleo | o | 1 | 4 | 1 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 4 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 38 | 0 |
| Cambio en el valor de las tierra | p | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Incrementos de impuestos | q | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Social | Incremento de Índice demográfico | | r | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Educación | | s | | 1 | | 2 | 2 | | | | 1 | 2 | | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 11 | 0 | 11 | 11 | | |
| | Salud | | t | -1 | -1 | | -1 | -1 | -2 | | | -1 | -2 | -1 | | 1 | 2 | -1 | -1 | 2 | 5 | -12 | 17 | -7 | | |
| | Modo de vida | | v | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 2 | 0 | 2 | 2 | |
| | Estético / Paisajístico | | w | -1 | | | -1 | -1 | -2 | | | -2 | -2 | -1 | | | 1 | | 2 | 1 | 4 | -10 | 14 | -6 | | |
| Impactos (+) | | | 2 | 5 | 1 | 6 | 6 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 6 | 2 | 3 | 5 | 4 | 5 | 8 | 63 | | | | | | |
| Impactos (-) | | | -4 | -1 | 0 | -2 | -4 | -9 | -3 | -1 | -3 | -10 | -2 | -3 | 0 | -3 | -2 | 0 | 3 | | 49 | | | | | |
| Total de Impactos | | | 6 | 6 | 1 | 8 | 10 | 11 | 5 | 3 | 6 | 11 | 8 | 5 | 3 | 8 | 6 | 7 | 8 | | | 112 | | | | |
| Agregación de Impactos | | | -2 | 4 | 1 | 4 | 2 | -7 | -1 | 1 | 0 | -9 | 4 | -1 | 3 | 2 | 2 | 3 | 8 | | | | 14 | | | |

ANEXO O. ETAPAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL BIODIGESTOR HINDÚ.



Selección del área donde se construirá el biodigestor.



Preparación del área destinada para la construcción.



Adquisición de materiales de construcción a utilizarse.



Excavación del hoyo para la construcción del tanque.



Excavación de la zanja de salida de lodos.



Colocación de la tubería para evacuación de lodos.



Excavación de la zanja de entrada.



Excavación de la zanja de salida de biol.



Construcción de la cámara de digestión del biodigestor.



Fundición del Tanque o cámara de biodigestión.



Construcción de la caja de entrada de estiércol.



Construcción de la caja de salida de biol.



Construcción de la caja de salida de lodos.



Construcción e instalación de la campana de acero inoxidable.



Colocación de tubería que conducirá el biogás.

ANEXO P. CARGA DE LA MEZCLA HOMOGÉNEA AL BIODIGESTOR.



ANEXO Q. CONTROL DEL FUNCIONAMIENTO DEL BIODIGESTOR.



Medición de pH.



Medición de biogás por el método de desplazamiento de líquido.



Quema de biogás.



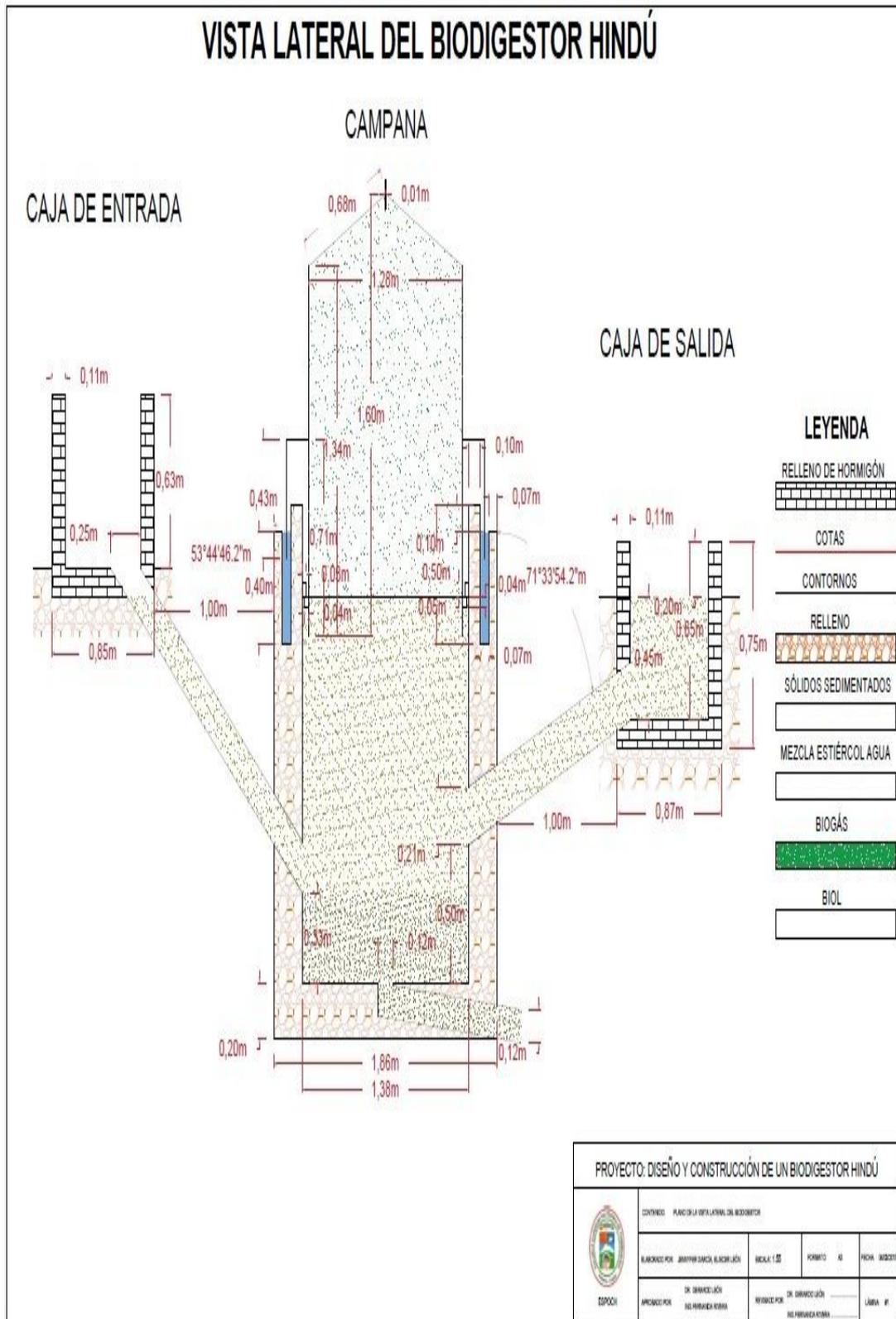
Extracción de biol para análisis de post-tratamiento.

ANEXO R. HOJA DE CONTROL DE LA TEMPERATURA Y pH DEL BIODIGESTOR HINDÚ, RELACIÓN 1:0.75

| DÍA | FECHA | T. DENTRO DEL BIODIGESTOR °C | | | TEMPERATURA AMBIENTE °C | | | pH 1 V/DÍA |
|-----|--------------------------------|------------------------------|------------|------------|-------------------------|------------|------------|---------------|
| | | M | T | N | M | T | N | |
| 1 | 18/06/2015 | 24 | 25 | 23 | 21 | 24 | 22 | 6,5 |
| 2 | 19/06/2015 | 22 | 23 | 21 | 21 | 22 | 20 | 6,5 |
| 3 | 20/06/2015 | 23 | 28 | 29 | 20 | 27 | 25 | 6,5 |
| 4 | 21/06/2015 | 25 | 25 | 23 | 22 | 24 | 20 | 6,5 |
| 5 | 22/06/2015 | 26 | 28 | 22 | 23 | 28 | 20 | 6,5 |
| 6 | 23/06/2015 | 23 | 30 | 25 | 21 | 30 | 23 | 7 |
| 7 | 24/06/2015 | 26 | 27 | 24 | 25 | 26 | 23 | 7 |
| 8 | 25/06/2015 | 23 | 30 | 26 | 22 | 29 | 23 | 7 |
| 9 | 26/06/2015 | 24 | 30 | 22 | 22 | 29 | 20 | 7 |
| 10 | 27/06/2015 | 23 | 31 | 21 | 21 | 30 | 20 | 7 |
| 11 | 28/06/2015 | 21 | 31 | 25 | 20 | 30 | 26 | 7,5 |
| 12 | 29/06/2015 | 21 | 29 | 23 | 21 | 29 | 23 | 7 |
| 13 | 30/06/2015 | 23 | 31 | 24 | 22 | 30 | 24 | 7 |
| 14 | 01/07/2015 | 26 | 28 | 25 | 25 | 27 | 23 | 7 |
| 15 | 02/07/2015 | 26 | 27 | 24 | 24 | 26 | 23 | 7 |
| 16 | 03/07/2015 | 25 | 28 | 25 | 23 | 29 | 24 | 7,5 |
| 17 | 04/07/2015 | 26 | 31 | 24 | 26 | 30 | 22 | 7,5 |
| 18 | 05/07/2015 | 24 | 30 | 21 | 23 | 29 | 20 | 7 |
| 19 | 06/07/2015 | 21 | 32 | 26 | 20 | 31 | 23 | 7 |
| 20 | 07/07/2015 | 23 | 31 | 22 | 25 | 30 | 20 | 7 |
| 21 | 08/07/2015 | 34 | 37 | 32 | 30 | 35 | 29 | 7,5 |
| 22 | 09/07/2015 | 24 | 34 | 22 | 22 | 33 | 21 | 7 |
| 23 | 10/07/2015 | 23 | 32 | 23 | 21 | 31 | 22 | 7 |
| 24 | 11/07/2015 | 20 | 35 | 21 | 20 | 34 | 20 | 7 |
| 25 | 12/07/2015 | 25 | 30 | 23 | 23 | 29 | 22 | 7,5 |
| 26 | 13/07/2015 | 21 | 32 | 23 | 21 | 31 | 22 | 7,5 |
| 27 | 14/07/2015 | 23 | 29 | 25 | 22 | 28 | 24 | 7,5 |
| 28 | 15/07/2015 | 40 | 39 | 38 | 36 | 39 | 35 | 7,5 |
| | Total | 685 | 843 | 682 | 642 | 820 | 639 | 197,5 |
| | Total/TR | 25 | 30 | 24 | 23 | 29 | 23 | 7 |
| | Promedio diario °C | 26 | | | 25 | | | |
| | M:Mañana | | | | | | | |
| | T:Tarde | | | | | | | |
| | N: Noche | | | | | | | |
| | 1 V/DÍA: Una vez al día | | | | | | | |

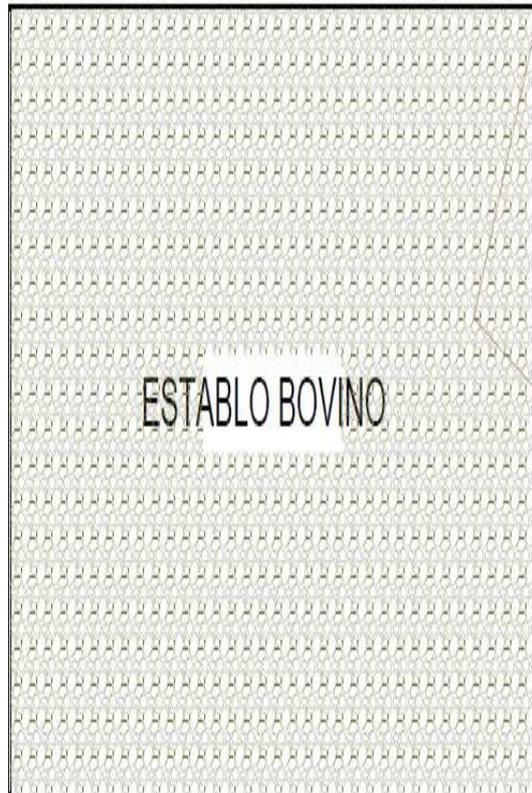
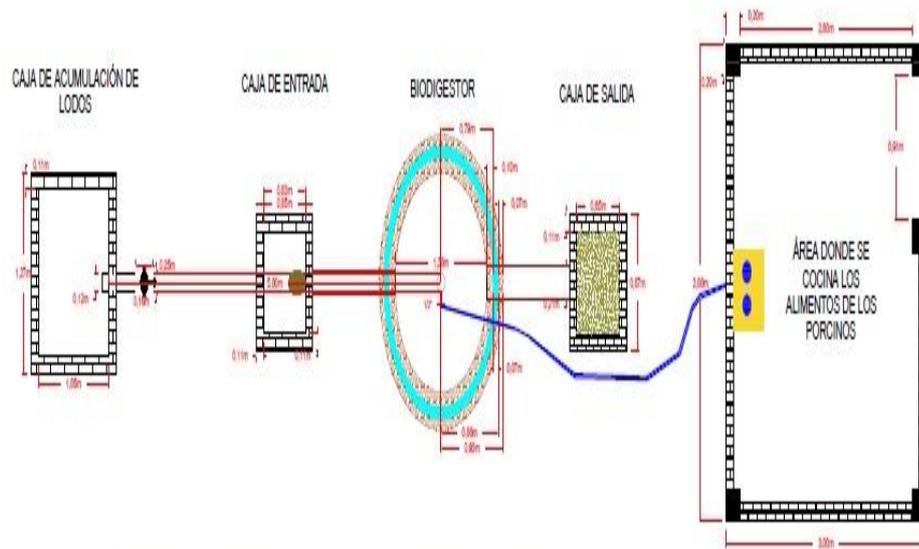
ANEXO S. PLANOS.

❖ **PLANO VISTA LATERAL DEL BIODIGESTOR HINDÚ.**



❖ PLANO VISTA SUPERIOR.

VISTA SUPERIOR DEL BIODIGESTOR, ESTABLO Y PORQUERIZAS



LEYENDA



PROYECTO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BIODIGESTOR HINDÚ

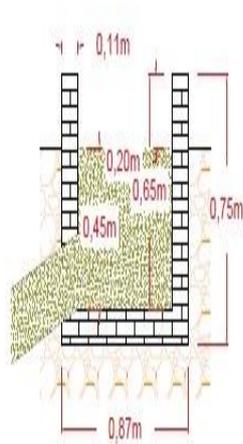


| | | | |
|---|---------------------------------|-------------|-------------------|
| CONTENIDO: PLANO DE LAS OBRAS DE PARED DEL BIODIGESTOR Y DEL MUELLO | | | |
| ELABORADO POR: JUAN CARLOS SUAREZ LÓPEZ | ESCALA: 1:25 | FORMATO: A3 | FECHA: 06/02/2015 |
| PROYECTADO POR: DR. SUAREZ LÓPEZ | REVISADO POR: DR. SUAREZ LÓPEZ | LÁMINA: #1 | |
| ASISTENTE POR: ROSA MARÍA SUAREZ | REVISADO POR: ROSA MARÍA SUAREZ | | |

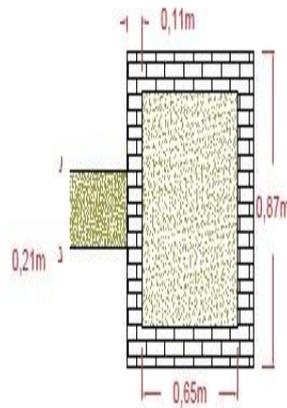
❖ PLANO VISTA CAJA DE SALIDA.

CAJA DE SALIDA DEL BIODGESTOR

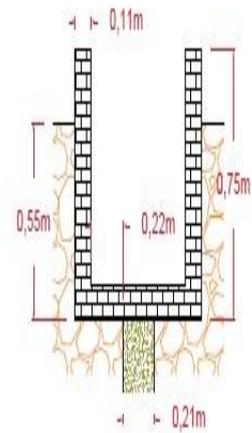
VISTA TRANSVERSAL



VISTA SUPERIOR

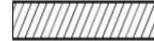


VISTA LATERAL

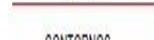


LEYENDA

RELLENO DE HORMIGÓN



COTAS



CONTORNOS



RELLENO



PROYECTO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BIODGESTOR HINDÚ



CONTENIDO: PLANO DE LAS TUBERIAS DE LA CAJA DE SALIDA DEL BIODGESTOR

ELABORADO POR: JENNYFER GARCÍA
ELISBER LACÓN

ESCALA: 1:50

FORMATO: A4

FECHA:
MAYO/2015

APROBADO POR: DR. GERARDO LERÓN
DISPENSARIA DE AYUDA

MANEJO POR: DR. GERARDO LERÓN
DISPENSARIA DE AYUDA

LÁMINA: #1

ANEXO T. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO, MUESTRAS PRE-TRATAMIENTO.

| | | | |
|---|--|--------------------|--|
|  Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas | VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: Laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefonos: (593)06- 2881105 | | Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N° OAE LE 2C 07-003 |
| | INFORME DE ENSAYO N°: 101 028 | | |
| | SPS: 15 - 0 148 | Análisis de Suelos | |

Coca, 08 de abril de 2015

Srta. Jennyfer García / Sr. Eliccer León.

Dirección: Parroquia García Moreno.

1.- Datos generales:

Recogidas por Srta. Jennyfer García / Sr. Eliccer León.
 Fecha hora de toma de muestra 2 015 03 23 10:30.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio 2 015 03 23 12:17.
 Fecha del análisis 2 015 03 23 a 2 015 04 08.
 Condiciones Ambientales de Análisis: T. Máx: 27,5°C T. Mín: 21,0°C
 Código de LabSu Identificación de la muestra.
 s 11 684 Muestra de estiércol # 1, finca "Los Cuencanos" de la Parroquia García Moreno.

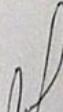
2.- Resultados / Parámetros y métodos / referencias:

| Ítem | Parámetros | Unidad | s 11 684 | PEE-LABSU | Método / Norma / Referencia |
|------|------------------------|-------------|---------------------|--------------|-----------------------------|
| 1 | Potencial hidrógeno | ~ | 7,73 | PEE-LABSU-12 | EPA 9040C |
| 2 | Sólidos totales | % | 19,61 | PEE-LABSU-49 | SM 2540 B |
| 7 | Materia orgánica | % | 14,37 | PEE-LABSU-67 | GRAVIMETRICO |
| 8 | Carbono orgánico Total | % | 8,33 | PEE-LABSU-66 | EPA 9060 |
| 9 | Nitrógeno total | % | 0,72 | PEE-LABSU-71 | KJELDAHL, EPA 351.2 |
| 10 | Humedad | % | 80,31 | PEE-LABSU-38 | Gravimetría |
| 11 | Ceniza | % | 22,99 | PEE-LABSU-38 | Gravimetría |
| 12 | Coliformes totales | Col/100 ml. | 9,6x10 ⁹ | PEE-LABSU-44 | SM 9222 B |
| 13 | Coliformes fecales | Col/100 ml. | 8,4x10 ⁹ | PEE-LABSU-43 | SM 9222 D |

3.- Responsables del Informe:


 Autorización: Lcdo. Joan Araldce Calderius.
 DIRECTOR TECNICO




 Téc. Andres Solis Plaza.
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE

| | | | |
|---|---|--------------------|--|
|  Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas | VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593)06-2881105 | | Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N° OAE LE 2C 07-003 |
| | INFORME DE ENSAYO N°: 101 030 | | |
| | SPS: 15 - 0 148 | Análisis de Suelos | |

Coca, 08 de abril de 2015

Srta. Jennyfer García / Sr. Eliecer León.

Dirección: Parroquia García Moreno.

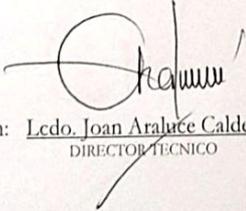
1.- Datos generales:

Recogidas por Srta. Jennyfer García / Sr. Eliecer León.
 Fecha hora de toma de muestra 2 015 03 23 10:30.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio 2 015 03 23 12:17.
 Fecha del análisis 2 015 03 23 a 2 015 04 08.
 Condiciones Ambientales de Análisis... T. Máx: 27,5°C T. Mín: 21,0°C
 Código de LabSu Identificación de la muestra.
 s 11 686 Muestra de estiércol # 3, finca "Los Cuencanos" de la Parroquia García Moreno.

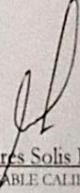
2.- Resultados / Parámetros y métodos / referencias:

| Ítem | Parámetros | Unidad | s 11 686 | PEE-LABSU | Método / Norma / Referencia |
|------|------------------------|------------|---------------------|--------------|-----------------------------|
| 1 | Potencial hidrógeno | ~ | 7,51 | PEE-LABSU-12 | EPA 9040C |
| 2 | Sólidos totales | % | 19,93 | PEE-LABSU-49 | SM 2540 B |
| 7 | Matena orgánica | % | 13,67 | PEE-LABSU-67 | GRAVIMETRICO |
| 8 | Carbono orgánico Total | % | 7,93 | PEE-LABSU-66 | EPA 9060 |
| 9 | Nitrógeno total | % | 0,68 | PEE-LABSU-71 | KJELDAHL, EPA 351.2 |
| 10 | Humedad | % | 80,01 | PEE-LABSU-38 | Gravimetría |
| 11 | Ceniza | % | 22,50 | PEE-LABSU-38 | Gravimetría |
| 12 | Coliformes totales | Col/100 mL | 6,0x10 ⁹ | PEE-LABSU-44 | SM 9222 B |
| 13 | Coliformes fecales | Col/100 mL | 5,8x10 ⁹ | PEE-LABSU-43 | SM 9222 D |

3.- Responsables del Informe:


 Autorización: Lcdo. Joan Araluce Calderius.
 DIRECTOR TECNICO




 Téc. Andres Solis Plaza.
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.

MC2201-04

Página 1 de 1

| | | | |
|---|---|--------------------|--|
|  Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas | VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratoro@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefonos: (593)06- 2881105 | | Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N° OAE LE 2C 07-003 |
| | INFORME DE ENSAYO N°: 101 031 | | |
| | SPS: 15 - 0 148 | Análisis de Suelos | |

Coca, 08 de abril de 2015

Srta. Jennyfer García / Sr. Elicer León.

Dirección: Parroquia García Moreno.

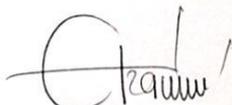
I.- Datos generales:

Recogidas por Srta. Jennyfer García / Sr. Elicer León.
 Fecha hora de toma de muestra 2 015 03 23 10:30.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio 2 015 03 23 12:17.
 Fecha del análisis 2 015 03 23 a 2 015 04 08.
 Condiciones Ambientales de Análisis... T. Máx: 27,5°C T. Mín: 21,0°C
 Código de LabSu Identificación de la muestra.
 s 11 687 Muestra de estiércol # 4, finca "Los Cuencanos" de la Parroquia García Moreno.

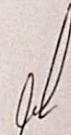
2.- Resultados / Parámetros y métodos / referencias:

| Ítem | Parámetros | Unidad | s 11 687 | PEE-LABSU | Método / Norma / Referencia |
|------|------------------------|------------|---------------------|--------------|-----------------------------|
| 1 | Potencial hidrógeno | ~ | 6,69 | PEE-LABSU-12 | EPA 9040C |
| 2 | Sólidos totales | % | 19,12 | PEE-LABSU-49 | SM 2540 B |
| 7 | Materia orgánica | % | 15,71 | PEE-LABSU-67 | GRAVIMETRICO |
| 8 | Carbono orgánico Total | % | 9,11 | PEE-LABSU-66 | EPA 9060 |
| 9 | Nitrógeno total | % | 0,79 | PEE-LABSU-71 | KJELDAHL, EPA 351.2 |
| 10 | Humedad | % | 80,88 | PEE-LABSU-38 | Gravimetría |
| 11 | Ceniza | % | 23,46 | PEE-LABSU-38 | Gravimetría |
| 12 | Coliformes totales | Col/100 mL | 9,0x10 ⁹ | PEE-LABSU-44 | SM 9222 B |
| 13 | Coliformes fecales | Col/100 mL | 8,3x10 ⁹ | PEE-LABSU-43 | SM 9222 D |

3.- Responsables del Informe:


 Autorización: Lcdo. Joan Araluce Calderius.
 DIRECTOR TECNICO




Téc. Andres Solis Plaza.
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.

MC2201-04

ANEXO U. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO, MUESTRA DE BIOL POST-TRATAMIENTO.

| | | |
|---|--|--|
|  | VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax (593)06-2881105 | Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N° OAE LE 2C 07-003 |
| | INFORME DE ENSAYO N°: 103 491 | |
| SPS: 15 - 0 330 | Análisis de Suelos | |

Coca, 22 de julio de 2015

Srta. Jennyfer García / Sr. Eliccer León.

Dirección: Parroquia García Moreno

1.- Datos generales:

Recogidas por Srta. Jennyfer García / Sr. Eliccer León
 Fecha hora de toma de muestra 2 015 07 16 11:40
 Fecha hora ingreso al Laboratorio 2 015 07 16 12:11
 Fecha del análisis 2 015 07 16 a 2 015 07 22
 Condiciones Ambientales de Análisis: T. Máx: 26,5°C T. Mín: 21,0°C
 Código de LabSu Identificación de la muestra.
 s 11 955 Muestra de biol, finca "Los Cuencanos" de la Parroquia García Moreno.

2.- Resultados / Parámetros y métodos / referencias:

| Ítem | Parámetros | Unidad | s 11 955 | PEE-LABSU | Método / Norma / Referencia |
|------|---------------------|--------|----------|-----------------|-----------------------------|
| 1 | Potencial hidrogeno | ~ | 8,29 | PEE-LABSU-12 | EPA 9040C |
| 2 | Materia orgánica | % | 11,51 | PEE-LABSU-67 | GRAVIMETRICO |
| 3 | Nitrogeno total | % | 0,58 | PEE-LABSU-71 | KJELDAHL, EPA 351.2 |
| 4 | Fósforo | mg/Kg | 68,06 | PEE-LABSU-73 | Booker Tropical Soil Manual |
| 5 | Amonio | mg/Kg | 67,74 | PEE-LABSU-68 | EPA 350.1 |
| 6 | Sodio | mg/Kg | 4 186,33 | PEE-LABSU-06/76 | Booker Tropical Soil Manual |

3.- Responsables del Informe:

Autorización: 
 Ing. Gilberto López Pérez
 DIRECTOR TÉCNICO




 Ing. Homero Vela W.
 RESPONSABLE CALIDAD

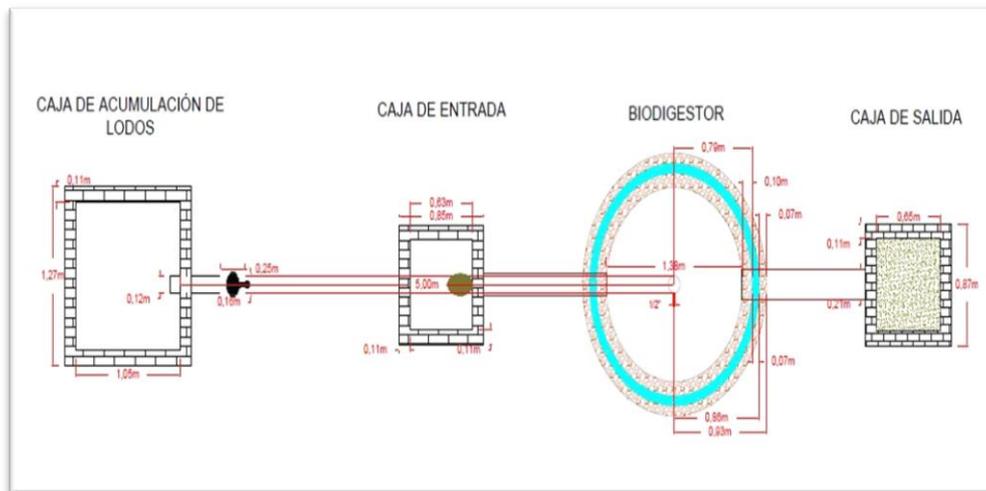
Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE

MC2201-01

Página 1 de 1

ANEXO V. MANUAL DE OPERACIÓN DEL BIODIGESTOR HINDÚ.

▪ Partes del biodigestor de la finca “Los Cuencanos”.



Realizado por: García, J., León, E. 2015

Para obtener una buena producción de biogás y biol se recomienda seguir los siguientes pasos de operación y mantenimiento del biodigestor:

Preparación del biodigestor post - carga.

Realizar una limpieza extrema de todas las partes del biodigestor, eliminando todos los objetos que no estén considerados como parte de la materia prima para la producción de biogás. Esto se realiza para evitar problemas en cuanto al crecimiento de las bacterias productoras de Biogás.

○ Mezcla y relación de estiércol agua.

El sustrato que será alimentado diariamente al biodigestor debe estar compuesto por estiércol fresco de bovino y porcino, el estiércol debe estar mezclado con relación 1:1(1kg de estiércol bovino y 1kg de estiércol porcino), donde la mezcla homogénea de estiércol debe diluirse con agua no potable en relación 1:0.75 (1kg de mezcla homogénea de estiércol con 0.75 litros de agua).

○ Componentes del estiércol.

Los componentes del estiércol, deben presentar las siguientes características; poseer un valor aproximado de sólidos totales de 19%, contener un pH entre 6,5 a 7,5 y una relación Carbono/Nitrógeno de 11:57%, así conseguiremos una eficiencia en la producción biogás.

- **Carga diaria del biodigestor.**

La carga diaria en el biodigestor debe estar mezclada homogéneamente en una relación de estiércol (bovino-porcino) 1kg de estiércol con 0.75 litros de agua. La misma debe ser diluida en la caja de entrada.



Realizado por: García, J., León, E. 2015

- **Mantenimiento del Biodigestor.**

El biodigestor Hindú construido en la finca “Los Cuencanos” está diseñado para realizarse cargas hasta de 2 meses, donde la limpieza y mantenimiento se realizaría dentro de este tiempo e incluso en menor tiempo de lo establecido, esto es por la facilidad que el biodigestor presta para tal actividad de limpieza y mantenimiento, ya que posee un sistema de evacuación y aprovechamiento de lodos, los mismos que al momento de la limpieza son recolectados en un tanque de acumulación de lodos.

- **Conducción del biogás.**

En esta fase se realiza la evacuación del biogás producido dentro del biodigestor por medio de una manguera azul, propiamente para conducir gas metano. La conducción se realiza directamente del gasómetro a la cocina o al lugar donde se dará el aprovechamiento.

- **Utilización del biol.**

El biol generado a partir de la descomposición de la carga diaria realizada en el biodigestor, se aprovechará después de los 40 días, esto debido a que pueda existir materias orgánicas sin descomponerse cuando se usan en tiempos más cortos, si existe exceso de producción de biol, esta debe ser almacenada en canecas, el uso debe hacerse en una relación de 1:50, un litro de agua mezclado con 0.5 litros de biol.